

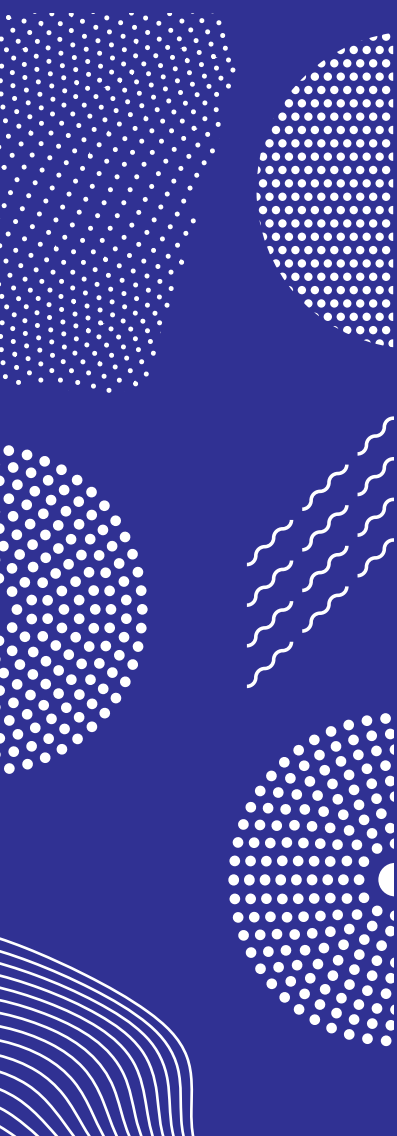


ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA
RAPPORTER
REPORTS
2019:4

ESISELVITYS ILMANLAADUN MITTAUSASEMIEN EDUSTAVUUDEN ARVIOINNISTA

JATTA SALMI
HELENA SAARI
JENNI LATIKKA
BIRGITTA KOMPPULA
MIKA VESTENIUS
ANTTI WEMBERG
EMMI LAUKKANEN



Raportteja 2019:4

**ESISELVITYS ILMANLAADUN MITTAUSASEMIEN
EDUSTAVUUDEN ARVIOINNISTA**

**Jatta Salmi
Helena Saari
Jenni Latikka
Birgitta Komppula
Mika Vestenius
Antti Wemberg
Emmi Laukkanen**

ILMATIETEEN LAITOS

Helsinki 9.4.2019

Julkaisija Ilmatieteen laitos, Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki

Tekijät
Jatta Salmi, Helena Saari,
Jenni Latikka, Birgitta Komppula,
Mika Vestenius, Antti Wemberg,
Emmi Laukkanen

Toimeksiantaja
Ympäristöministeriö

Nimeke

Esiselvitys ilmanlaadun mittausasemien edustavuuden arvioinnista.

Tiivistelmä

Tässä työssä on selvitetty ilmanlaadun mittausasemien edustavuuden arvioinnin nykytilaa. Tällä hetkellä mittausasemien edustavuuden arvioinnille ei anneta ohjeita EU-lainsäädännössä eikä Suomen kansallisessa ilmanlaatulainsäädännössä. Kun ilmanlaadun mittauksia raportoidaan EU:lle, tulee kiinteiltä mittausasemilta raportoida myös edustavan alueen alueellinen laajuus ja edustavuuden arviointi. Näiden tietojen raportointi on pakollista, mutta määritellyn referenssimenetelmän puuttuessa on toistaiseksi ollut sallittua jättää tieto raportoimatta. Eri EU-mailla on olemassa laaja kirjo erilaisia menetelmiä, joilla ne arvioivat mittausasemiensa edustavuutta.

FAIRMODE järjesti vuonna 2016 mittausasemien edustavuuden arvioinnista käytännön harjoituksen, johon Suomikin osallistui. Harjoituksen tarkoituksena oli vertailla käytössä olevien erilaisten lähestymistapojen vahvuuksia ja heikkouksia. Harjoituksessa ei saatu aikaan yhtenäistä linjausta mittausaseman edustavuuden arvioimiseksi johtuen eri maiden menetelmien suurista eroavaisuuksista. Harjoituksen loppuraportissa suositeltiin jatkotoimenpiteiksi mittausaseman edustavuuden määrittelyn ja kriteerien tarkentamista ja vasta tämän jälkeen yhtenäisen menetelmän kehittämistä keskipitkällä aikavälillä. Edustavuuden arviointia tullaan käsittelemään edelleen AQUILA:n ja FAIRMODE:n yhteistyön puitteissa.

Tässä työssä esitetyllä menetelmällä pyritään kannustamaan mittausverkkoja arvioimaan mittausasemien edustavuusalueita. Menetelmässä on kuvattu täsmällisemmin Suomen FAIRMODE:n harjoituksessa käyttämää asiantuntija-arviota, joka perustuu olemassa olevaan monipuoliseen tietoa-aineistoon. Edustavuuden arviointimenetelmä jakaantuu kahteen vaiheeseen: ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan pitoisuuksia ja toisessa vaiheessa pitoisuuksia aiheuttavia samankaltaisia syitä. Edustavuutta voivat arvioida ilmanlaadun arviointeihin hyvin perehtyneet henkilöt, joilla on ymmärtämystä ilman epäpuhtauksien päästöistä ja niihin vaikuttavista seikoista, eri päästölähteiden aiheuttamista pitoisuuksista sekä paikallisista olosuhteista. Mieluiten edustavuuden arviointi tehdään useamman asiantuntijan ryhmätyönä, mikä vähentää yksittäisen asiantuntijan näkemyksen liiallista korostumista.

Luokitus (UDK)
502.3:613.15

Asiasanat
ilmanlaatu, ilmanlaadun seuranta
ilmanlaadun mittaaminen,
mittausasema, edustavuus

ISSN ja avainnimitys

0782-6079 Raportteja-Rapporter-Reports

ISBN

978-952-336-074-7 (pdf)

Kieli

suomi

Sivumäärä

36

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	4
1 SUOMEN ILMANLAATULAINSÄÄDÄNTÖ.....	5
2 MITTAUSASEMIEN LUOKITTELU	7
3 MITTAUSASEMIEN SIJOITUSPERUSTEET	9
4 MITTAUSASEMAN EDUSTAVUUDEN ARVIOINNIN NYKYTILA	11
5 FAIRMODE:N INTERCOMPARISON EXERCISE -HARJOITUS.....	12
5.1 Harjoituksessa käytettyjä menetelmiä edustavuuden arvioinnissa	13
5.2 Harjoituksen tulokset ja johtopäätökset.....	16
6 MITTAUSASEMIEN EDUSTAVUUDEN ARVIOINTI SUOMESSA	21
6.1 Mittausaseman edustavuuden määritelmä ja menetelmäkuvaus	22
6.2 Vaihe I: Mittausaseman edustavuuden arviointi kun käytössä on leviämismallien pitoisuustuloksia	24
6.3 Vaihe I: Mittausaseman edustavuuden arviointi kun käytössä ei ole leviämismallien pitoisuustuloksia	25
6.4 Vaihe II: Pitoisuuksiin vaikuttavien tekijöiden tarkastelu mittausaseman ympäristössä	26
VIITELUETTELO	28
LIITE 1: KÄYTÄNNÖN ESIMERKIT MITTAUSASEMAN EDUSTAVUUDEN ARVIOINNISTA	30
1. Mittausaseman edustavuuden arviointi leviämismallitulosten avulla (liikenneasema)	31
2. Mittausaseman edustavuuden arviointi ilman leviämismallituloksia (tausta-asema)	34

JOHDANTO

Tässä työssä selvitettiin mittausasemien edustavuuden arvioinnin nykytilaa. Työn perustana käytettiin EU:n mallintamisverkosto FAIRMODE:n (The Forum for Air quality Modelling) toteuttamaa harjoitusta *”Intercomparison Exercise on Spatial Representativeness”*, johon Ilmatieteen laitos osallistui yhdessä Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden sekä Kuopion ja Turun kaupunkien ympäristönsuojelutoimistojen kanssa vuonna 2016. Harjoituksessa testattiin kunkin osallistujamaan käyttämän menetelmän toimivuutta ilmanlaadun mittausaseman edustavuuden arvioinnissa. Tässä työssä esitellään harjoituksen lopputulokset ja kuvataan täsmällisemmin Suomen harjoituksessa käyttämä edustavuuden arviointimenetelmä.

Tällä hetkellä Suomen ilmanlaatulainsäädännössä viitataan mittausasemien edustavuuteen ilmanlaatuasetuksessa ([79/2017](#)) ja metalliasetuksessa ([113/2017](#)). EU:ssa asiasta säädetään ns. neljännessä tytärdirektiivissä ([2004/107/EY](#)), CAFE-direktiivissä ([2008/50/EY](#)), IPR-päätöksessä (Implementing Provisions on Reporting, [2011/850/EU](#)) ja direktiivien 2004/107/EY ja 2008/50/EY liitteiden muuttamisesta annetussa direktiivissä [2015/1480/EU](#). Näissä määritetään mittausasemien minimimäärä seuranta-alueittain hajapäästöjen seurantaan eri ilmanlaadun seuranta-alueilla ja maaseututausta-alueilla. Mittausasemien tulisi tuottaa pitoisuustietoja alueilta, joilla väestön altistuminen ilman epäpuhtauksille on suurinta tai jotka edustavat väestön yleistä altistumista.

Yleisesti mittausasemalla mitattavat ilman epäpuhtaudet määräytyvät merkittävimmän päästölähteen mukaan. Ilmanlaatuasetuksessa sekä ilmanlaatatietojen vaihtoa ja raportointia koskevassa IPR-päätöksessä ja sen tulkintaohjeessa ([European Commission, 2018](#)) mittausasemat on luokiteltu sijainnin ja merkittävimmän päästölähteen perusteella, jota varten on tuotettu yhtenäiset asemien luokittelu- ja sijoittamiskriteerit. Mittausasemat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: liikenne-, teollisuus- ja tausta-asetat. Edustamansa alueen mukaan asemat voidaan jakaa kaupunki-, esikaupunki- ja maaseutuasemiin. Ilmanlaatuasetuksessa on annettu mittausasemien sijoittamista koskevia yleisiä kriteereitä ja Ilmanlaadun mittausohjeessa ([Ilmatieteen laitos, 2017](#)) suositus päästöjen leviämismallinnustulosten käytöstä edustavuuden arvioinnissa, mutta tarkempia ohjeita mittausaseman kvantitatiivisen edustavuuden arviointiin ei toistaiseksi ole.

1 SUOMEN ILMANLAATULAINSÄÄDÄNTÖ

Ympäristönsuojelulain [527/2014](#) mukaan Suomessa kunnat ovat velvollisia huolehtimaan paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta. Seuranta voidaan toteuttaa myös kuntien välisenä yhteistyönä. EU-lainsäädäntöön perustuva ilmanlaadusta annettu valtioneuvoston asetus 79/2017 (jäljempänä ilmanlaatuasetus tai 79/2017) ja ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä annettu valtioneuvoston asetus 113/2017 (jäljempänä metalliasetus tai 113/2017) määrittelevät Suomen seuranta-alueet eri ilman epäpuhtauksille ja antavat määräyksiä ilmanlaadun seurannan järjestämisestä seuranta-alueilla. Seuranta-alueilla tarkoitetaan tällä hetkellä yhden tai useamman elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskuksen) toimialuetta tai väestökeskittymää, johon voi kuulua yksi tai useampi kunta ja jonka asukasluku on vähintään 250 000 asukasta. Suomessa väestökeskittymällä tarkoitetaan pääkaupunkiseutua (HSY-alue).

Ilmanlaatuasetuksen mukaan ELY-keskuksen tulee huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin, ja että muun muassa ilmanlaadun mittaussasemien määrä on riittävä. ELY-keskusten tehtävänä on ohjata seurantaa yleisellä tasolla, aktivoida ja kannustaa kuntia yhteistyöhön sekä tehdä ehdotuksia seurannan järjestämiseksi lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. Kunnat kuitenkin vastaavat ilmanlaadun seurannan toteutuksesta. Ilmanlaadun mittaustarve ja seurannan riittävyys ilmanlaadun seuranta-alueilla tulee arvioida vähintään viiden vuoden välein.

Ilmanlaatuasetuksen 11 § ja metalliasetuksen 7 ja 8 § määrittelevät, milloin ilmanlaadun mittaukset ovat tarpeen seuranta-alueella. Pääsääntöisesti mittaustarvetta arvioidaan vertaamalla seuranta-alueen pitoisuuksia ilmanlaatuasetuksessa määriteltyihin ylempiin ja alempiin arviointikynnyksiin, mutta mm. maaseututausta-alueilla pitoisuuksia on seurattava asetuksen määrittelemässä laajuudessa pitoisuustasosta riippumatta. Jos seuranta-alueen pitoisuudet ylittävät ilmanlaatuasetuksissa määritellyn ylemmän arviointikynnyksen, ovat jatkuvat mittaukset ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä. Seuranta-alueen pitoisuuksien alittaessa ylemmän arviointikynnyksen on jatkuvien mittausten tarve vähäisempi ja arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää. Pitoisuuksien alittaessa alemman arviointikynnyksen ovat suuntaa-antavat mittaukset, pitoisuuksien mallintaminen tai päästökartoitukset riittävä menetelmä ilmanlaadun arvioimiseksi (kuva 1).

Ilmanlaadun jatkuvilla mittauksilla saadaan tietoja lyhyt- ja pitkäaikaispitoisuuksista, pitoisuuksien ajallisesta vaihtelusta, ilmanlaadun kehittymisestä pitkällä ajanjaksolla, eri päästölähteiden vaikutuksesta ilmanlaatuun sekä tietoja reaaliaikaista tiedotusta ja leviämismallien tulosten todentamista varten. Jatkuvien mittausten sallittua epävarmuutta, mittausten ajallista kattavuutta ja mittausaineiston vähimmäismäärää koskevat laatutavoitteet ovat tiukempia kuin suuntaa-antavilla mittauksilla. Suuntaa-antavilla mittauksilla puolestaan voidaan kartoittaa ilmanlaatua alueella, jonka pitoisuustaso ei ennalta ole tiedossa. Niitä voidaan käyttää myös jatkuvien mittausten tukena alueellisen kattavuuden parantamiseksi. Suuntaa-antavat mittaukset voivat olla lyhytaikaisia mittauskampanjoita tai pitkäkestoisia mittauksia, joiden ajallinen kattavuus tai aineiston vähimmäismäärä tai jokin muu laatutavoite ei täytä jatkuville mittauksille asetettuja vaatimuksia tai joissa ei käytetä ilmanlaatuasetuksen mukaisia referenssimenetelmiä (esimerkkinä passiivikeräinmenetelmä).



Kuva 1. Ilmanlaadun seurantatarve seuranta-alueella määräytyy mitattujen pitoisuuksien suhteesta raja- tai tavoitearvoihin ja arviointikynnyksiin. Seurantatarve kasvaa pitoisuuksien kasvaessa.

Ilmanlaadun mittausaseman edustavuuden arviointia hyödynnetään:

- mittausverkkojen suunnittelussa,
- ilmanlaadun ja altistumisen arvioinnissa (esim. ilmanlaatutavoitteiden ylitysalueiden ja altistuvan väestömäärän arviointi),
- mittaustietojen metadatojen raportoinnissa
- ilmanlaatumallien validoinnissa.

Ilmanlaatuasetuksen mukaan mittausalueen on oltava riittävän edustava. Mittausalueet on valittava mahdollisuuksien mukaan siten, että ne edustavat ympäristöltään ja olosuhteiltaan samankaltaisia alueita, mutta jotka eivät sijaitse mittausalueen välittömässä läheisyydessä.

Näytteenottoaikan valintamenettely on dokumentoitava kattavasti ja kirjattava tiedot mittausverkon suunnittelun ja mittausasemien sijaintipaikkojen valinnan tueksi. Asiakirja-aineistoon on sisällytettävä eri ilmansuunnista otettuja valokuvia mittausasemaa ympäröivästä alueesta ja yksityiskohtaiset kartat. Dokumentointi on päivitettävä tarvittaessa ja tarkistettava vähintään viiden vuoden välein sen varmistamiseksi, että valintaperusteet täyttyvät edelleen ja että mittausverkon suunnittelu ja mittausasemien sijainti ovat edelleen optimaalisia. Euroopan unionin komission pyytäessä asiakirja-aineiston tarkistettavaksi, on aineisto toimitettava komissiolle kolmen kuukauden kuluessa pyynnön esittämisestä.

Mittausaseman edustavuuden arvioinnilla on yhteys ilmanlaadun tavoitteisiin. Raja-arvon ylittyessä tulee laatia ilmansuojelusuunnitelma, johon tulee sisällyttää mm. seuraavia tietoja: aluetyyppi, arvio ylitysalueen pinta-alasta (km²), arvio ylitysalueella asuvan väestön määrästä, käytettävissä olevat meteorologiset tiedot, tarpeelliset tiedot alueen topografiasta ja suojelua vaativista herkistä kohteista, tietoja päästöistä ja päästölähteistä kartalla, arvio ylityksen syistä sekä tietoa ilmansuojelutoimenpiteistä. Mittausaseman alueellinen edustavuus on usein yhteydessä myös mittausaseman luokitteluun. Esimerkiksi otsonipitoisuuksien mittausasemien luokittelussa ja sijoittamisessa edustavuus on yksi sijoituskriteeri (ks. kpl 3). Seuraavissa kappaleissa on esitetty tarkemmin yleisiä perusteita mittausasemien luokittelulle ja sijoittamiselle.

2 MITTAUSASEMIEN LUOKITTELU

Ilmanlaatuasetuksessa sekä ilmanlaatatietojen vaihtoa ja raportointia koskevassa IPR-päätöksessä (Implementing Provisions on Reporting, 2011/850/EU) käytetään ilmanlaadun mittausasemien luokittelua, joka on tehty mittausasemien sijainnin ja merkittävimmän päästölähteen perusteella. Yhtenäisten asemien luokittelu- ja sijoittamiskriteerien tarkoituksena on parantaa ilmanlaadun mittautulosten ja arviointien vertailtavuutta eri paikkakuntien, seuranta-alueiden ja EU:n jäsenvaltioiden kesken sekä suhteessa ilmanlaadun tavoitteisiin.

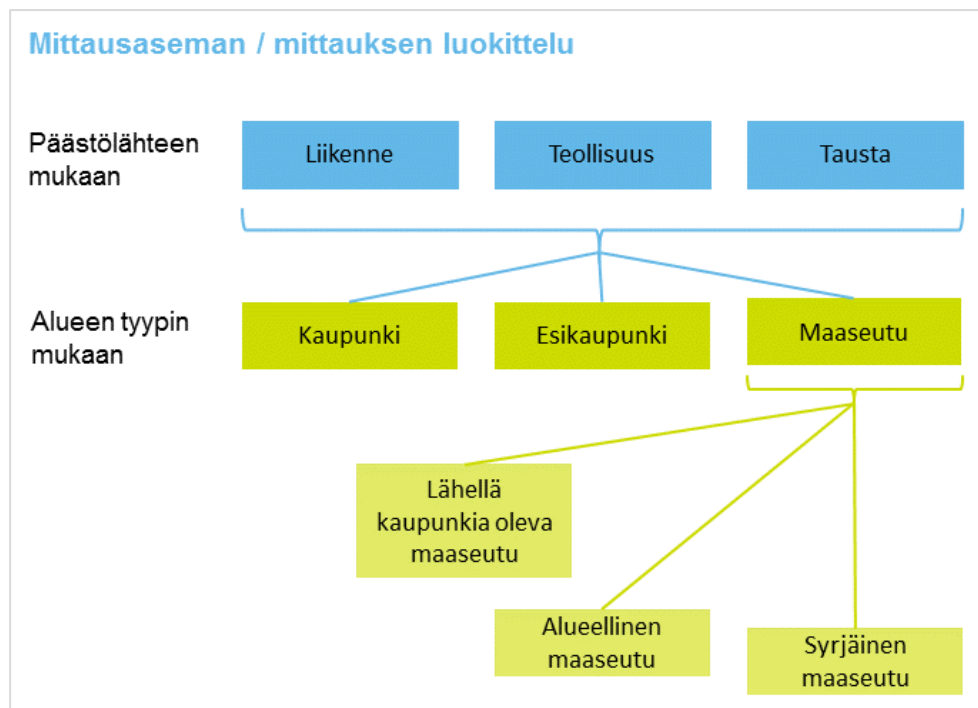
Päästöjen luonteen ja päästölähteiden etäisyyden suhteen mittausasemat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan, jotka ovat liikenne-, teollisuus- ja tausta-asemat (kuva 2). Edustamansa alueen mukaan asemat voidaan jakaa edelleen kaupunki-, esikaupunki- ja maaseutuasemiin (*European Commission, 2018*) Perinteisesti mittausasema on luokiteltu yhden päästötyypin ja yhden aluetyypin mukaan. IPR-päätöksen mukaisesti luokittelu tehdään nykyään **mittauskohtaisesti** kaikille mitattaville epäpuhtauksille päästölähteen mukaan. Samalla mittausasemalla voidaan mitata epäpuhtauksia useasta eri syystä (esim. liikenneasemalla mitataan rikkidioksidia alueen pitoisuuksiin vaikuttavan teollisuuden päästöjen vuoksi).

Aseman tyyppi suhteessa hallitseviin päästölähteisiin

- **Liikenne:** Asema, joka sijaitsee lähellä yksittäistä pääkatua tai tietä.
- **Teollisuus:** Asema, joka sijaitsee lähellä yksittäistä teollisuuslaitosta tai teollisuusaluetta. Teollisuuden päästölähteitä ovat esimerkiksi kemianteollisuus, metalli-, rauta- ja terästeollisuus, jalostamot, kaivokset, voimalaitokset, lämpökeskukset, jätteenpolttolaitokset, jätteenkäsittelykeskukset, lentokentät ja satamat.
- **Tausta:** Asema, jota ei voi luokitella liikenne- tai teollisuusasemaksi ja jolla mitatut epäpuhtaudet edustavat väestön (tai kasvillisuuden ja ekosysteemien) yleistä altistumista. Pitoisuustasoihin eivät vaikuta yksittäiset päästölähteet. Aseman tulisi edustaa laajempaa, vähintään useiden neliökilometrien kokoista aluetta.

Alueen tyyppi

- **Kaupunki:** Tiheään rakennettu kaupunkimainen alue, jossa katuja reunustavat kauttaaltaan tai ainakin vallitsevasti vähintään kaksikerroksiset rakennukset. Rakennusten lisäksi kaupunkialueeseen kuuluvat puistot, rautatieasemat, sisääntuloväylät ja moottoriteiden liittymät.
- **Esikaupunki:** Suureksi osaksi rakennettu kaupunkimainen alue, johon kuuluu omakotitalovaltaisia asutusalueita, muuta erillisrakentamista sekä rakentamattomia alueita (pieniä järviä, metsiä, maataloutta), ja jonka rakennustiheys on pienempi kuin kaupungissa.
- **Maaseutu:** Kaikki alueet, jotka eivät täytä kaupunki- ja/tai esikaupunkialueiden kriteerejä. Maaseutualueet voidaan jakaa edelleen:
 - Lähellä kaupunkia oleva maaseutu: alle 10 km etäisyydellä kaupunki- tai esikaupunkialueen rajasta
 - Alueellinen maaseutu: 10–50 km merkittävimmistä lähteistä
 - Syrjäinen maaseutu: yli 50 km etäisyydellä merkittävimmistä lähteistä.



Kuva 2. Ilmanlaadun mittausten luokittelu. Perinteisesti mittausasema on luokiteltu yhden päästötyypin ja yhden aluetyypin mukaan. Luokittelu tehdään nykyään mittauskohdallisesti kaikille mitattaville epäpuhtauksille ja koko mittausaseman perustyyppi määräytyy päätarkoituksen mukaan (esim. liikenteen päästöjen vaikutusten arviointi).

3 MITTAUSASEMIEN SIOITUSPERUSTEET

Ilmanlaatulainsäädännön mukaiset asemien sioitusperusteet ovat perussäännöksiä, joilla pyritään varmistamaan yhdenmukaistettu ilmanlaatuarviointi koko EU:ssa ja tarjoamaan vertailukelpoisia arviointitietoja. Mittausalueen valintaa koskevat perusteet (ns. makrotason sioitusperusteet) antavat vähimmäisvaatimukset paikoille, joissa mittauksia ilmanlaadun arvioimiseksi on suoritettava. Ne tarjoavat perustan asemien alueelliselle edustavuudelle, jotta mittautuloksia voidaan käyttää myös muiden ympäristöltään ja olosuhteiltaan samankaltaisten alueiden ilmanlaadun arvioinnissa. Niissä määritellään, miten mittausalue on valittava, jotta saadaan tietoja ilmansaasteiden pitoisuuksista ihmisten terveyshaittojen ehkäisemiseksi sekä kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi. Mittausaseman valintaa koskevat perusteet (ns. mikrotason sioitusperusteet) antavat tarkempia ohjeita, joilla varmistetaan mittaustekniset vähimmäisvaatimukset sekä näytteenoton vähimmäisvaatimukset kaikilla mittausasemilla sekä tarkemmin liikenneasemilla.

Mittausalueen valintaa koskevat perusteet eli mittausasemien makrotason sioitusperusteet¹

- **Liikenneasema:** Liikenteen vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 100 metrin pituisella katuosuudella.
- **Teollisuusasema:** Teollisuuslaitosten vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 250 × 250 metrin laajuudelta. Ainakin yksi mittausasema on sioitettava lähteestä katsoen lähimmälle vallitsevan tuulensuunnan alapuolella sijaitsevalle asuinalueelle. Jos taustapitoisuutta ei tiedetä, on sioitettava yksi ylimääräinen mittausasema lähteestä katsoen tuulen yläpuolelle.
- **Kaupunkitausta-asema:** Kaupungin yleistä ilmanlaatua arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua pääsääntöisesti usean neliökilometrin laajuudelta ja siten, että alueen pitoisuuksiin vaikuttavat kaikki ympäristön merkittävät päästölähteet yhdessä eikä yksittäinen lähde hallitse liikaa.
- **Maaseutuasema ja maaseututausta-asema:** Maaseudun taustapitoisuuksia arvioitaessa mittausaseman on sijoitettava vähintään viiden kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä, merkittävistä taajamista ja teollisuuslaitoksista, jotka voivat vaikuttaa taustapitoisuuksiin.
- **Asema kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi:** Kasvillisuuden ja ekosysteemien altistumisen seuraamiseen tarkoitettu mittausasema on sijoitettava vähintään 20 kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä tai vähintään 5 kilometriä muista rakennetuista alueista, teollisuuslaitoksista, moottoriteistä tai vilkkaasti liikennöidyistä valtateistä, joiden liikennemäärä on yli 50 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, ja edustaa ilmanlaatua vähintään tuhannen neliökilometrin laajuudelta (maaseututausta-asema). Erityisen herkkien alueiden suojelutarve tai maantieteelliset olosuhteet huomioon ottaen mittausalueen edustavuus voi olla pienempi kuin tuhat neliökilometriä..

¹ Metalliasetuksen osalta mittausasemien sijaintialuetta koskevat yleiset kriteerit vastaavat pääosin ilmanlaatuasetuksen säännöksiä. Metallien osalta pääasialliset päästölähteet ovat kuitenkin tietyt teollisuuslaitokset ja PAH-yhdisteisiin kuuluvan bentso(a)pyreenin osalta puun pienpoltto. Seurannan järjestämisessä tämä on huomioitava.

Otsonipitoisuuksien seuraamiseen tarkoitettut mittausasemat voidaan jaotella mittaustavoitteiden mukaan kaupunki-, esikaupunki-, maaseutu- ja maaseututausta-asemiin. Kaupunkialueilla otsonimittaukset edustavat väestön yleistä altistumista otsonille ja esikaupunki- ja tausta-alueilla tyypillisesti suurinta altistumista ja korkeimpia otsonipitoisuuksia. Otsonin mittausasemien sijoittamisessa arvioidaan eri ympäristöjen edustavuutta ja väestön altistumista otsonipitoisuuksille. Otsonipitoisuuksien mittausasemille on annettu muita mittausasemia tarkempia suosituksia mittausasemien sijoittamiselle eri ympäristöihin:

- **Kaupunki** (edustavuus muutamia km²): Ei paikallisten päästölähteiden (esim. liikenne ja huoltoasemat) lähelle vaan paikoille, joissa ilmassa ovat hyvin sekoittuneita: esim. asuinalueille, puistoihin, aukioille, joilla vain vähän tai ei ollenkaan liikennettä tai avoimille opetus-, liikunta- tai virkistyskäyttöön tarkoitetuille alueille.
- **Esikaupunki** (edustavuus muutamia kymmeniä km²): Riittävän kauas enimmäispäästöjen alueesta ja vallitsevan tuulen alapuolelle otsonin muodostumiselle otollisten olojen vallitessa: esim. suurten kaupunkien ja taajamien reuna-alueille, joissa väestö ja ekosysteemit altistuvat korkeille otsonipitoisuuksille.
- **Maaseutu** (edustavuus muutamia satoja km²): Pieniin asutuskeskuksiin tai alueille, joilla on luonnon ekosysteemejä, metsiä tai viljelykasveja. Avoimille paikoille, mutta ei korkeiden vuorten tai mäkien huipulle. Sijainnin on edustettava otsonipitoisuuksia, joihin ei vaikuta paikalliset päästölähteet, kuten teollisuuslaitokset tai tiet.
- **Maaseututausta** (edustavuus 1 000–10 000 km²). Alueelle, jolla esiintyy luonnon ekosysteemejä ja metsiä, jonka asukastiheys on pieni ja joka sijaitsee kaukana kaupunki- ja teollisuusalueista sekä paikallisten päästöjen vaikutusalueesta. Vältettävä korkeita vuoria ja mäkiä sekä paikkoja, joilla esiintyy paikallisia maanpintainversioita ja rannikkoalueita, joilla esiintyy paikallisia tuulia, joiden vuorokausivaihtelut ovat voimakkaita.

Mittausasemien sijoittamista koskevat paikalliset perusteet eli mittausasemien mikrotason sijoitusperusteet²

Kaikilla mittausasemilla näytteenotto on suoritettava vähintään 1,5 metrin (hengitystaso) ja enintään 4 metrin korkeudella maanpinnasta. Näytteenotto voidaan sijoittaa tarvittaessa korkeammalle, jos mittausasema edustaa laajaa aluetta. Poikkeukset on dokumentoitava kattavasti.

Mittauslaitteen näytteenottimen (sondi) läheisyydessä ei saa olla ilmapirtaa rajoittavia esteitä (yleensä vapaa kulma oltava vähintään 270 astetta tai 180 astetta rakennusten lähellä sijaitsevista näytteenottopaikoista). Näytteenottimen on yleensä sijaittava vähintään muutaman metrin etäisyydellä rakennuksista, parvekkeista, puista ja muista esteistä. Jos näytteenotto suoritetaan rakennuksen julkisivulta, etäisyys rakennukseen on oltava vähintään 0,5 metriä.

² Metalliasetuksen osalta mittausasemien sijaintipaikkaa koskevat kriteerit vastaavat pääosin ilmanlaatuasetuksen säännöksiä. Metallien osalta pääasialliset päästölähteet ovat kuitenkin tietyt teollisuuslaitokset ja PAH-yhdisteisiin kuuluvan bentso(a)pyreenin osalta puun pienpoltto. Seurannan järjestämisessä tämä on huomioitava.

Näytteenotinta ei saa sijoittaa päästölähteiden välittömään läheisyyteen kun tavoitteena on arvioida ilmanlaatua eikä mitata suoria päästöjä. Näytteenotossa tulee myös huomioida, ettei mittausaseman poistoilmaa pääse näytteenottimeen.

Liikenneasemilla näytteenoton on sijaittava vähintään 25 metrin etäisyydellä suurista tienristeyksistä ja enintään 10 metrin etäisyydellä ajokaistan reunasta. Suurena tienristeyksenä pidetään risteystä, joka katkaisee liikennevirran ja aiheuttaa poikkeavia päästöjä (pysähtyminen ja kiihdytys) muuhun tiehen verrattuna.

Otsonia mittaavat asemat tulee sijoittaa riittävän etäälle poltto- ja lämmityslaitoksista ja muista saman tyyppisistä päästölähteistä ja vähintään 10 metrin päähän lähimmästä tiestä. Välimatkaa tulee pidentää suhteessa liikenteen määrän kasvuun.

Muita huomioon otettavia tekijöitä mittausaseman sijoituksessa:

- lupa aseman sijoittamiseen,
- sähkön ja tietoliikenneyhteyksien saanti,
- paikan näkyvyys ja aseman sopeutuminen ympäristöön,
- mahdolliset häiriölähteet,
- toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät,
- kulkuyhteydet,
- väestön ja mittaajien turvallisuus,
- mittausten keskittäminen (monikomponenttiasemien perustaminen),
- suunnittelun muut vaatimukset.

4 MITTAUSASEMAN EDUSTAVUUDEN ARVIOINNIN NYKYTILA

Mittausasemien edustavuus liittyy läheisesti asemien sijainnin luokitukseen "aseman tyyppi suhteessa hallitseviin päästölähteisiin" ja "alueen tyyppi" (ks. luku 2). Mittausasemien sanallisissa luokituksissa on ongelmana se, miten niitä tulkitaan eri puolilla Eurooppaa. Esimerkiksi esikaupungiksi luokitellun alueen ominaisuudet voivat vaihdella suuresti eri puolilla Eurooppaa riippuen mm. rakennettujen alueiden tiheydestä ja maan yleisestä väestötiheydestä. Yhdenmukaisen vertailtavuuden tueksi myös sanallisille luokitteluille tarvittaisiin hyvin määritellyt määrälliset parametrit ja selkeät luokkarajat arvojen välillä.

Kun ilmanlaadun mittauksia raportoidaan EU:lle, tulee IPR-päätöksen (2011/850/EU) ja sen tulkintaohjeen mukaan EU-jäsenmaiden raportoida kiinteiltä mittausasemilta:

- a) edustavan alueen alueellinen laajuus (geometrinen kuvaus GML-polygoneina),
- b) edustavuuden arviointi (edustavuusalueen tulkinta ja rajoitukset tiedon käytölle),
- c) edustavuuden dokumentointi (linkki dokumenttiin).

Alueellisen edustavuuden raportointi on siis IPR-päätöksen mukaan pakollista, mutta määritellyn referenssimenetelmän puuttuessa on toistaiseksi sallittua jättää tieto raportoimatta. Mittausasemien alueellisen edustavuuden määritelmä puuttuu toistaiseksi kokonaan ilmanlaatulainsäädännöstä ja asian valmistelu on myös EU:n tasolla kesken. Tämä todetaan 2018 päivitetystä IPR-päätöksen tulkintaohjeesta (*European Commission, 2018*) sivuilla 36–37. Edustavuuden arviointia tullaan käsittelemään edelleen AQUILA:n (EU:n kansallisten vertailulaboratorioiden muodostama yhteistyöelin) ja FAIRMODE:n yhteistyön puitteissa. Kun tämä analyysi on saatu

valmiiksi, lopullinen suositus sisällytetään IPR-päätöksen tulkintaohjeeseen. Itävallan ympäristövirasto Umweltbundesamt on jo vuonna 2007 tehnyt Euroopan komission toimeksiantona ehdotuksen mittausasemien edustavuuden arvioinnin menetelmäksi Euroopassa: ”Representativeness and classification of air quality monitoring stations” ([Spangl, ym. 2007](#)) ja myös uusimmassa IPR-päätöksen tulkintaohjeessa (*European Commission, 2018*) viitataan edelleen tähän julkaisuun. Lisäksi tulkintaohjeessa on viittaus julkaisuun ([Joly and Peuch, 2011](#)), jossa esitetty asemien luokittelumenetelmä pohjautuu mittausasemalla aiemmin mitattuihin pitoisuusaikasarjoihin.

Itävallan ympäristövirasto ([Spangl, ym. 2007](#)) on ehdottanut raportissaan, että mittausaseman edustavuus määriteltäisiin seuraavasti: mittausasema edustaa aluetta, jolla pitoisuudet ovat tietyllä vaihteluvälillä ja alueella on samankaltaiset syyt tähän pitoisuuteen. Mittausaseman luokittelu ja sen edustavuusalue eivät vaihtelee mitatuissa pitoisuuksissa havaitun luontaisen vaihtelun mukaisesti esim. päivittäin tai viikoittain vaan asemaluokittelu ja edustavuus ovat ominaisuuksia, jotka säilyvät vakioina useiden vuosien ajan. Mittausasemalle tehty edustavuusarvio on voimassa siihen saakka kunnes mittausaseman ympäristön olosuhteet tai pitoisuuksiin vaikuttavat päästöt muuttuvat merkittävästi. Käytännössä tarkastellaan tilannetta vähintään kolmen vuoden ajanjaksolta, sillä kolmen vuoden jaksoon saadaan mukaan riittävän kattava otos erilaisia alueella esiintyviä sääolosuhteita ja tarkasteluihin tulevat siten mukaan myös hankalimmat ilmanlaatu-tilanteet.

Yleisperiaatteena edustavuuden arvioinnissa on, että eri ympäristöistä etsitään tiettyjä samankaltaisuuksia. Jos sijainniltaan kahdessa eri paikassa esiintyy samankaltaisia päästöjä samankaltaisessa ympäristössä, voidaan olettaa, että näissä kahdessa paikassa myös mitattaisiin samantasoisia pitoisuuksia. Mittausasemalla yhdessä tarkastelupisteessä havaitut pitoisuudet voivat näin ollen edustaa pitoisuustasoa samankaltaisissa ympäristöissä myös laajemmalla alueella. Mittausaseman edustavan alueen pinta-alan arviointi mahdollistaa yhdessä pisteessä havaittujen mittaustietojen laajentamisen koko aseman edustamalle alueelle. Mittausasemaa edustavan alueen sisällä asuva koko väestö altistuu tällöin samantasoisille pitoisuuksille.

5 FAIRMODE:N INTERCOMPARISON EXERCISE -HARJOITUS

Vaikka varsinaista lainsäädäntöä edustavuuden arvioinnista ei EU:n tasolla ole vielä olemassa, on eri EU-mailla käytössään jo nyt laaja kirjo erilaisia menetelmiä, joilla ne arvioivat omien mittausasemiensa edustavuutta. EU:n mallintamisverkosto FAIRMODE (The Forum for Air quality Modelling) toteutti vuonna 2016 mittausasemin edustavuuden arvioinnin harjoituksen *Intercomparison Exercise (IE) on Spatial Representativeness* ([Kracht, ym., 2016](#)). Harjoituksen tarkoituksena oli selvittää käytössä olevien erilaisten lähestymistapojen vahvuuksia ja heikkouksia, verrata eri menetelmillä saatuja arvioita mittausaseman edustavuuksista ja parantaa siten asemien edustavuuden arviointia. Oletuksena oli, että harjoituksen lopputulokset tukevat jatkossa pyrkimystä muodostaa yhtenäinen menetelmien viitekehys helpottamaan EU-jäsenmaiden alueellisen edustavuuden raportointia. Menetelmien harmonisointi, yhdenmukaisuus ja läpinäkyvyys lisäisivät motivaatiota raportoida alueellista edustavuutta ([Martin ym., 2015](#)).

Ennen varsinaista vertailuharjoitusta lähetettiin EU-jäsenmaille alueellisen edustavuuden arvioitiin liittyvä kysely, johon vastasi 22 ryhmää yhteensä 14 maasta.

Kyselyn mukaan mittausaseman alueellista edustavuutta arvioidaan useimmiten ilmanlaadun raportoinnin, mittausasemien sijoittamisen, mittausverkon suunnittelun tai mittausaseman luokittelun yhteydessä. Lisäksi edustavuutta arvioidaan mm. malleja evaluoitaessa sekä väestön altistumista tarkasteltaessa. Useimmat arviointimenetelmät perustuvat mallinnukseen, mutta myös mittautuloksiin, asemaluokitukseen ja yleisesti vuositasen pitoisuuksiin (keskiarvo tai prosenttipiste tunti- tai vuorokausiarvoista) liittyviä menetelmiä oli käytössä. Yleisimmät käytetyt lähtötiedot olivat mittauksiin tai mallinnuksiin perustuvat ilmanlaatuaineistot, meteorologiset aineistot ja päästöinventaarit. Lopputulos eli alueellinen edustavuus esitetään useimmiten karttoina, joihin on merkitty alueellisen edustavuuden rajat ja/tai alueellinen ulottuvuus tunnuslukuina (esimerkiksi pinta-ala tai halkaisija) (*Martin ym., 2015*).

Varsinaisessa IE-harjoituksessa kunkin osallistujan (osallistujamaan, yksittäisen organisaation tai organisaatioiden muodostaman asiantuntijaryhmän) tuli määrittää edustavan alueen pinta-ala ja väestömäärä yhdelle liikenneasemalle ja kahdelle kaupunkitausta-asemalle Belgian Antwerpenin alueella. Asemilla mitattavat epäpuhtaudet olivat PM₁₀, NO₂ ja O₃. Osallistujia harjoituksessa oli yhteensä 11. Ilmatieteen laitos (IL) toteutti Suomen harjoituksen yhdessä Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden (HSY) sekä Kuopion ja Turun kaupunkien ympäristönsuojelutoimistojen kanssa.

Harjoituksen toteuttamista varten osallistujille toimitettiin hyvin monipuolinen aineisto, joka sisälsi yhden vuoden tuntipitoisuustulokset jokaiselta arvioitavalta mittausasemalta, yhteensä yhdeksän passiivi- ja mobiiliaseman mittautulokset, päästöjen leviämismallinnuksen tulokset koko Antwerpenin alueelta, 341 virtuaalisen mittausaseman tuntipitoisuustulokset, joiden aikasarjat on luotu mallintamalla haluttuihin pisteisiin, päästöinventaarion tulokset sekä muita edustavuuden arviointia tukevia aineistoja, kuten alueen väestötiheydet, rakennusten korkeudet, maankäyttötiedot ja katujen liikennemäärät.

5.1 Harjoituksessa käytettyjä menetelmiä edustavuuden arvioinnissa

Harjoitukseen osallistuneiden organisaatioiden käyttämät menetelmät mittausaseman edustavuuden arviointiin vaihtelivat laajasti empiirisestä asiantuntija-arvioista monimutkaisempiin laskentamenetelmiin, joissa oli hyödynnetty virtuaalisten mittausasemien pitoisuuksia tai virtausmallinnusta (CFD-mallinnus). Useat käytetyistä menetelmistä olivat dokumentoituja ja aktiivisesti käytössä mittausasemien edustavuuden arvioinnissa. Menetelmien kehittäjistä noin 70 % on käyttänyt edustavuuden arviointia apuna yksittäisen mittausaseman sijoittamisessa sekä koko mittausverkon suunnittelussa. Merkittävä osa menetelmän kehittäjistä hyödynsi tuloksia myös ilmanlaadun tulosten raportoinnissa. Tuloksia on myös sovellettu mittausasemien luokitteluun, leviämismallien lähtötietojen analysointiin sekä leviämismallien tulosten arviointiin. Muita käyttötarkoituksia ovat olleet mm. altistumis- ja terveysvaikutusarviot, ilmastotutkimus, päästövaikutusten arviointi ja kaupunkisuunnittelu. Seuraavassa on esitelty lyhyesti muutamia eri maissa jo käytössä olevia mittausasemien edustavuuden arvioinnin menetelmiä.

Belgia

Belgiassa on kehitetty edustavuuden arviointiin useita menetelmiä, mm. VMM, ISSEeP & AwAC sekä VITO:n (Flemish Institute for Technological Research NV) menetelmä. VITO:n menetelmää ja ISSEeP & AwAC -menetelmää on sovellettu NO₂-, PM₁₀- ja O₃-mittausten edustavuuden arviointiin mm. liikenne- ja tausta-asemilla. VMM-menetelmää

on sovellettu ainakin NO₂- ja PM₁₀-mittausten edustavuuden arviointiin. VITO on kehittänyt ilmanlaadun työkaluja moniin tarkoituksiin kaupunkisuunnitteluun ja kuntien ilmanlaadun suunnitteluun sekä ympäristölupapäätösten tueksi. Mallit perustuvat mm. numeeriseen virtausdynamiikan (CFD) mallinnukseen.

Flanders Environment Agencyn kehittämä VMM-menetelmä on luokittelumenetelmä, jossa on huomioitu päästöt eri lähteistä, maankäyttö ja väestötiheys. Väestötiheyttä käytetään mm. kotitalouksien lämmityspäästöjen arviointiin. Tarkasteltavan mittausaseman ympärillä oleva alue jaetaan osa-alueisiin ja alueet luokitellaan edellä esitetyin kriteerein. VMM hyödyntää myös esim. VITO:n kehittämiä ATMOSYS- ja AURORA-malleja edustavuuden arviointityökaluina. Alueiden automaattiseen luokitteluun ja vertailuun VMM on ohjelmoinut tarvittavat toiminnot ArcGis-paikkatieto-ohjelmaan. Menetelmässä voidaan lähtötietoina käyttää ilmanlaadun mittaus- tai mallinnuspitoisuuksia.

ISSEeP & AwAC -menetelmä perustuu päästödatan mallintamiseen. Eri asematyypeillä edustavuus on rajoitettu 500 m tai 1 km etäisyydelle. Menetelmä huomioi lähtötietona myös maanpinnan muodot. Malliin syötettävä tieverkosto jaetaan päästöjen mukaan kolmeen kategoriaan vähäinen, keskimääräinen ja korkea. Katukuilut huomioidaan mallissa korottamalla näiden osuuksien päästökategoriaa. Menetelmän on kehittänyt Public Service Scientific Institute (ISSeP).

Espanja

Espanjassa on kehitetty edustavuuden arviointiin CIEMAT-menetelmää. Menetelmä perustuu pitoisuuksien mallintamiseen käyttäen lähtötietoina liikennepäästöjä ja meteorologisia tietoja tarkasteltavalla alueella. Tässä menetelmässä tarkastellaan vuosikeskiarvoja karttapisteiköllä. Vuosikeskiarvopitoisuudet lasketaan numeerisella virtausdynamiikan mallilla (CFD-malli). Karttapisteiköltä voidaan erottaa pitoisuuksiltaan samankaltaiset alueet. Menetelmää sovellettaessa katsottiin aseman edustavan aluetta, jolla pitoisuudet vaihtelivat $\pm 20\%$ tarkasteltavan mittausaseman pitoisuuksista. Menetelmää sovellettiin PM₁₀- ja NO₂-mittausten arviointiin. Menetelmässä tarkastelukorkeudeksi valittiin 3 metriä maanpinnasta, joka oli tarkasteltavan mittausaseman näytteenottokorkeus. Mallissa otetaan jonkin verran huomioon myös alueen rakennuskantaa, mutta yksinkertaistaen sitä laskemalla korttelikohtaisia keskiarvokorkeuksia. Koska mallin tuloksen yhteydessä saadaan edustavan alueen väestömäärä, on malliin syötettävä lähtötietona tarkasteltavan alueen asukasmäärä valitulla resoluutiolla (hilapisteissä). Menetelmän kehittämisestä Espanjassa vastaa Research Center for Energy, Environment and Technology.

Italia

Italiassa edustavuuden arviointiin käytettävän ENEA-menetelmän kehittämisestä vastaa Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development. Menetelmä perustuu hilapisteisiin mallinnettujen pitoisuusaikasarjojen vertaamiseen valitun mittausaseman pitoisuusaikasarjaan. Menetelmässä tarkastellaan samankaltaisten pitoisuuksien esiintymistä (Concentration Similarity Frequency, CSF). Menetelmän mukaan mittausasema edustaa alueita, joilla pitoisuudet ovat vuositasolla yli 90 % ajasta samankaltaisia (ero enintään 20 %) mittausaseman pitoisuuksien kanssa. Koska menetelmä tuottaa välivaiheena pitoisuudet valituissa hilapisteissä, on pisteiden välisten alueiden pitoisuudet vielä interpoloitava kattamaan koko tarkastelualue. Tyydyttävimmät tulokset mallin kehittäjä on saanut muodostamalla interpolaation käänteisen etäisyyden menetelmällä (engl. inverse distance interpolation). ENEA-menetelmä vertaa tuloksia mitattuihin tuntikeskiarvoihin maanpinnan korkeudella. Menetelmää on sovellettu NO₂-, PM₁₀- ja O₃-mittausten edustavuuden arviointiin mm. liikenne- ja tausta-asevilla.

Irlanti

Irlannin ympäristövirasto (EPAIE) vertasi IE-harjoituksessa virtuaalisten mittausasemien pitoisuuksia tarkasteltavaan ilmanlaadun mittausasemaan. Menetelmän mukaan tarkasteltavan mittausaseman katsotaan edustavan alueita, joissa vuoden kaikkien tuntipitoisuuskeskiarvojen (yhteensä 8 784) mediaani eroaa korkeintaan 20 % mittausaseman pitoisuuksista. Lisäksi malli vertailee alueiden tilastollisia samankaltaisuuksia, kuten tieverkon tiheyttä ja asukasmäärää mittausaseman edustavan alueen määrittämiseksi. Hilapisteiden väliset alueet interpoloidaan Gaussin mallin mukaan. Menetelmää on sovellettu NO₂-, PM₁₀- ja O₃-mittausten edustavuuden arviointiin mm. liikenne- ja tausta-aseilla.

Itävalta

Itävallassa kehitetyssä FEA-AT-menetelmässä alueen mallinnettuja vuosikeskiarvopitoisuuksia ja mittausasemalla mitattujen vuosikeskiarvopitoisuuksien samankaltaisuutta verrataan valituin kriteerein. Menetelmässä voidaan hyödyntää myös alueen muita mittauksia samankaltaisuuden vertailemiseen. Pitoisuuden osalta kriteerit ovat NO₂ ± 5 µg/m³, PM₁₀ ± 3 µg/m³ ja O₃ ± 4,1 µg/m³. Nämä kriteerit on laskettu Euroopassa esiintyvien pitoisuuksien perusteella ja lähtötietona on ollut vuosien 2002–2004 AirBase-tietokanta. Edustavuuden arvioinnissa pyritään rajaamaan saadusta pitoisuuskentästä alueita, joilla on sille alueelle ominaiset samankaltaiset tunnusmerkit. Kriteerejä samankaltaisuuden arviointiin ovat mm. päästölähteet, maankäyttö ja tietyypit alueella. Päästölähteet on jaoteltu kolmeen kategoriaan: liikenteestä, rakennusten lämmityksestä ja teollisuudesta aiheutuvat päästöt. Menetelmän kehittäjät ovat myös ehdottaneet tieverkon jakamista eri tyypeihin, kuten "urban", "extra-urban" ja moottoritiet. Kotitalouksien lämmityksestä aiheutuvat päästöt huomioidaan yhden kilometrin säteellä tarkasteltavasta mittausasemasta. Alueiden samankaltaisuutta arvioidaan eri asteikolla, joissa vertaillaan rakennuskantaa, katukuilujen esiintymistä, maan pinnan korkeuseroja sekä maantieteellistä sijaintia maata rajoittaviin vuoristoalueisiin. Menetelmän on kehittänyt Federal Environment Agency Austria (UBA).

Ranska

Ranskasta IE-harjoitukseen osallistui INERIS (National Institute for Industrial Environment and Risks). Edustavuusalueet määritettiin NO₂- ja PM₁₀-vuosikeskiarvojen avulla. Otsonille ei määritetty edustavuusaluetta, koska menetelmä ei ole vielä sovellettavissa sille. Edustavuusalueet määriteltiin kahdessa vaiheessa. Ensin arvioitiin edustavuusalue käyttäen pitoisuuksia ja pitoisuuksien epävarmuuksia. NO₂- ja PM₁₀-pitoisuudet interpoloitiin mallinnusdatasta kriking-pohjaista lähestymistapaa käyttäen. Tässä menetelmässä päästötietoja ja etäisyyttä tiestä käytetään sekundäärimuuttujina laskettaessa pitoisuusgradientteja. Lopuksi edustavuusaluetta rajattiin pohjautuen suurimpaan sallittuun poikeamaan pitoisuudessa (30 % NO₂:lle ja PM₁₀:lle) ja suurimpaan sallittuun tilastolliseen riskiin (15 % riski, että tarkastelupiste on virheellisesti mukana edustavuusalueessa).

Ruotsi

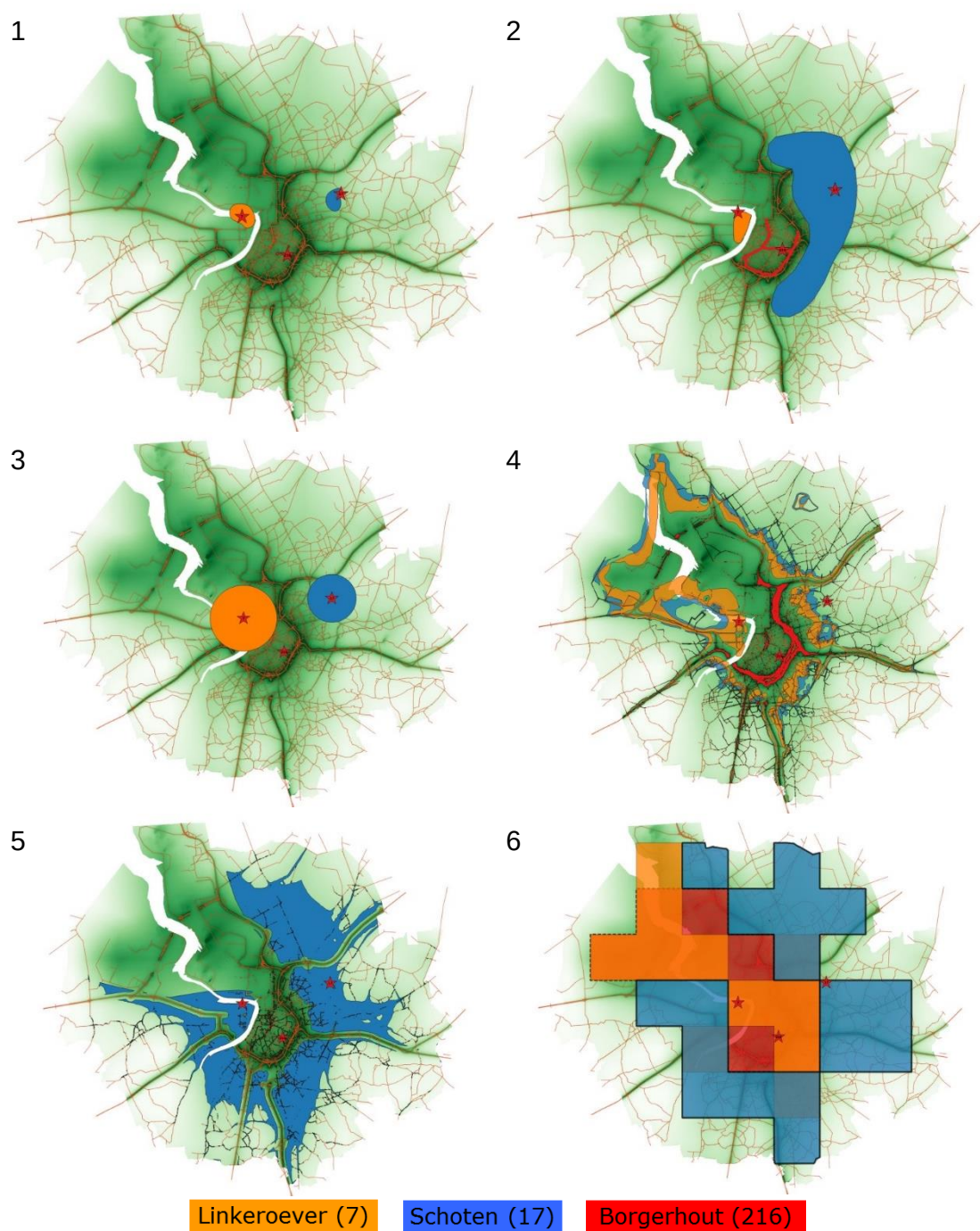
Ruotsalainen SLB-menetelmä perustuu mallinnettujen pitoisuuskeskiarvojen keskihajontaan. Kaupunkitausta-aseman edustavuusalue määriteltiin ympyrämäiseksi alueeksi mittausaseman ympärille, jolla mallinnettujen pitoisuuskeskiarvojen keskihajonta oli tietyn kynnsarvon sisällä. Liikenneaseman edustavuusalue määriteltiin alueeksi jolla oli rakennuksia molemmin puolin katuja ja jolla liikennepäästö erosi vähemmän kuin 10 % mittausaseman kohdalla olevasta liikennepäästöstä.

Suomi

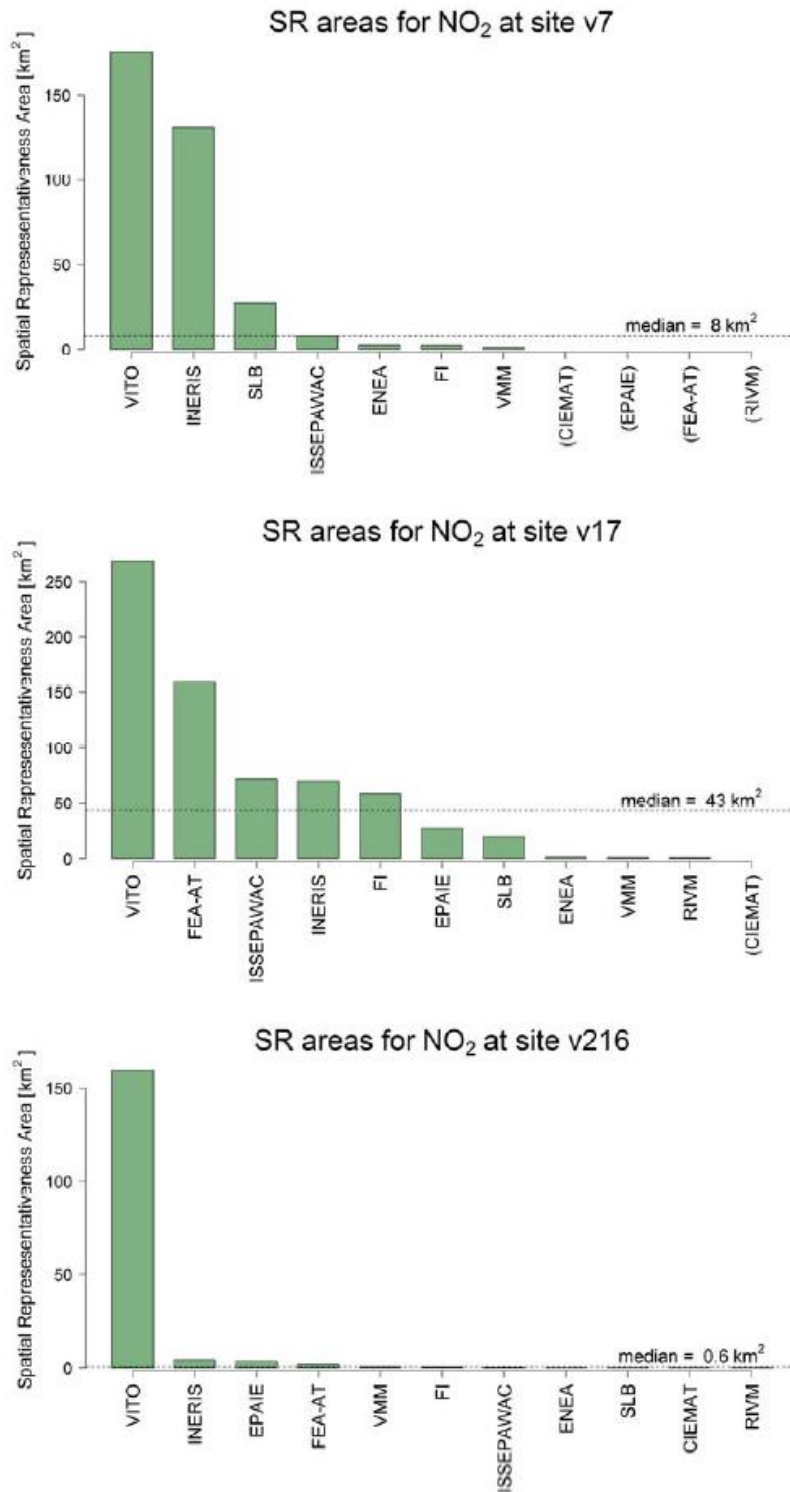
Suomi osallistui harjoitukseen Ilmatieteen laitoksen, Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden sekä Kuopion ja Turun kaupunkien ympäristönsuojelutoimistojen muodostamalla työryhmällä. Työryhmän jäsenet saivat tutustua aineistoon itsenäisesti etukäteen, mutta varsinainen mittausasemien edustavuuden arviointi tehtiin ryhmätyöskentelynä yhden työpäivän aikana. Tässä vaiheessa käytössä ei ollut mitään dokumentoitua menetelmää vaan menetelmänä käytettiin annettuihin lähtötietoihin perustuvaa usean asiantuntijan yhdessä tekemää asiantuntija-arviota. Mittausasemien edustavuuden arvioinnissa käytettiin tärkeimpinä aineistoina leviämismallilaskelmien pitoisuustuloksia, mittausasemien tuntipitoisuustuloksia, meteorologisia tietoja ja liikennemäärätietoja sekä paikallistuntemuksen korvaajana yleisesti saatavilla olevaa tietoa kaupunkirakenteesta (Google Maps).

5.2 Harjoituksen tulokset ja johtopäätökset

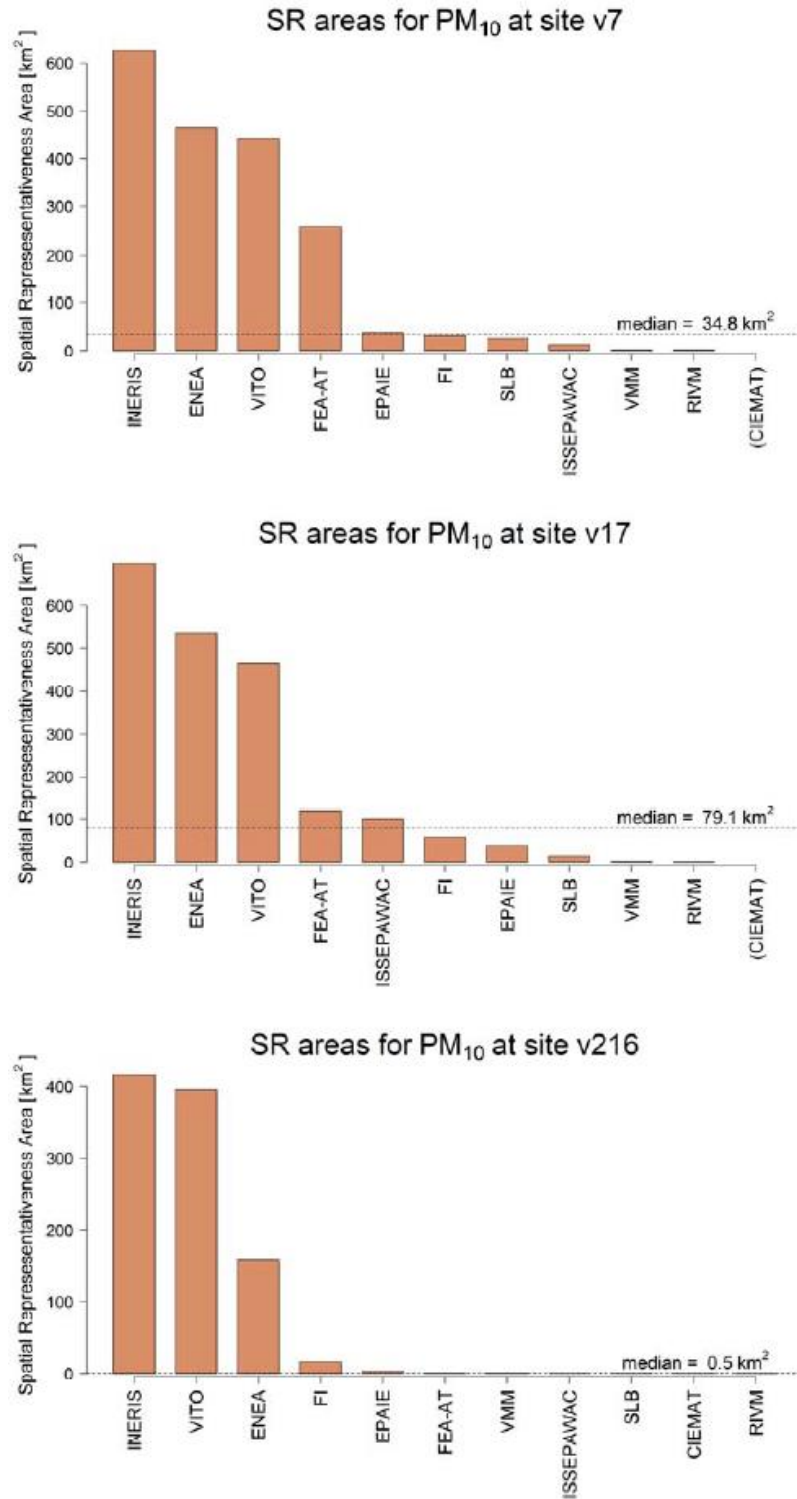
Osallistujakohtaiset lopputulokset mittausaseman edustavuudesta erosivat merkittävästi. Kuvissa 3–6 on esitetty FAIRMODE:n vertailuharjoituksen tulokset. Osallistujien arviot eri mittausasemien edustavuudesta vaihtelevat erittäin paljon. Harjoituksessa arvioitiin Linkeroverin ja Schotenin kaupunkitausta-asemien sekä Borgerhoutin liikenneasemien alueellista edustavuutta. Kuvassa 3 on esitetty kartalla arviot typpidioksidin mittausasemien edustavuusalueista ja kuvissa 4–6 typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja otsonin edustavuusalueiden pinta-alat. Suomen arviot mittausasemien edustavuuden pinta-aloista typpidioksidille, hengitettäville hiukkasille ja otsonille olivat useimmissa tapauksissa lähellä mediaania, kun verrattiin muiden osallistujien arvioihin. Pinta-alojen vertaaminen tosin ei yksinään kerro tuloksen samankaltaisuudesta, sillä varsin erimuotoisten alueiden pinta-ala voi olla sama, joten tarkempaan vertailuun ja väestömäärän laskemiseen tarvitaan alueen geometrinen kuvaus kartalla.



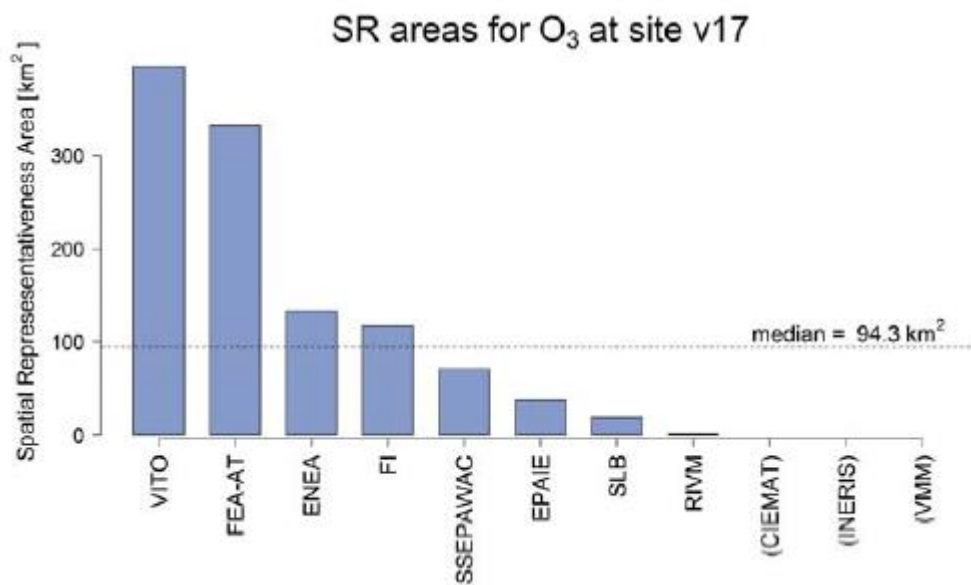
Kuva 3 Kuuden eri osallistujan arviot Linkeroeverin (oranssi) ja Schotenin (sininen) kaupunkitausta-asemien sekä Borgerhoutin (punainen) liikenneaseman tyypidioksidimitausten edustavuudesta. Asemien sijainti on merkitty punaisella tähdellä. Osallistujan 2 tulokset ovat Suomen (IL, HSY, Kuopio ja Turku) arvio, muut arviot olivat: 1 ENEA, 3 SLB, 4 INERIS, 5 FEA-AT ja 6 VITO. Kuvan lähde: [Kracht, ym. 2017a](#).



Kuva 4. Arvio typpidioksidimittausten edustavuuden pinta-alasta Antwerpenin Linkeroeverin (v7) ja Schotenin (v17) kaupunkitausta-aseilla sekä Borgerhoutin (v216) liikenne-aseilla. FI on Suomen (IL, HSY, Kuopio ja Turku) arvio edustavuudesta. Kuvassa suluissa olevien osallistujien tuloksia ei ole toimitettu. Kuvan lähde: [Kracht, ym. 2017b](#).



Kuva 5. Arvio hengitettävien hiukkasten mittausaseman edustavuuden pinta-alasta Antwerpen-Linkeroever (v7) ja Schoten (v17) kaupunkitausta-aseilla sekä Borgerhout-Straatkant (v216) liikenneasemalla FI on Suomen (IL, HSY, Kuopio ja Turku) arvio edustavuudesta. Kuvassa suluissa olevien tuloksia ei ole toimitettu. Kuvan lähde: *Kracht, ym. 2017b*.



Kuva 6. Arvio otsonimittausten mittausaseman edustavuuden pinta-alasta Schotenin (v17) kaupunkitausta-asemalla. FI on Suomen (IL, HSY, Kuopio ja Turku) arvio edustavuudesta. Kuvassa suluissa olevien osallistujien tuloksia ei ole toimitettu. Kuvan lähde: *Kracht, ym. 2017b*.

Suurimmaksi haasteeksi harjoituksessa osoittautui, ettei termillä ”mittausaseman edustavuus” ole yhdenmukaista määritelmää tai kriteerejä Euroopassa. Harjoituksen osallistujien kesken Ateenassa kesällä 2017 järjestetyssä työpajassa käytiin läpi kunkin käyttämä menetelmä ja sen taustaoletukset, sekä keskusteltiin edustavuuden määritelmästä. Työpajassa keskusteltiin esimerkiksi siitä, tulisiko edustavuus määrittää pinta-alan vai väestön lukumäärän mukaan, tulisiko alueen olla yhtenäinen vai voiko se olla epäjatkua, kuinka paljon pitoisuus saa vaihdella edustavan alueen sisäpuolella ja määritetäänkö tämä pitoisuusvaihtelu prosentuaalisena vai absoluuttisena muutoksena, määritetäänkö edustavuus vuosi- vai vuorokausipitoisuuden mukaan tai voiko useampi eri mittausasema edustaa pitoisuutta samalla alueella?

Koska osallistujien käsitys mittausaseman edustavuudesta ja sen määrittämisessä käytettävistä kriteereistä poikkesivat merkittävästi, aiheutti se jo lähtökohtaisesti erilaiset tavoitteet harjoituksen lopputuloksille ja siten myös itse lopputuloksiin. Lisäksi osallistujien käyttämät menetelmät vaihtelivat laajasti, empiirisestä asiantuntija-arviosta monimutkaiseen virtausmallinnukseen, jolloin myös menetelmien toteuttaminen vaati erilaisia lähtötietoja. Suomen käyttämä asiantuntija-arviointimenetelmä muistutti lähestymistavaltaan eniten Itävallan ympäristöviraston FEA-AT-menetelmää.

Yleisimmin osallistujien arvio mittausaseman edustavuudesta perustui ilmanlaatumallinnukseen, mittaustulosten interpolointiin ja/tai muuhun annettuun taustaineistoon (päästöt, etäisyys tiestä, maankäyttö). Leviämismallinnuksen tulosten avulla saadaan hyvin esille ilmanlaadun alueellinen pitoisuusvaihtelu kaupunkien sisällä sekä eri päästölähteiden vaikutus ilmanlaatuun. Kaikkialla ei kuitenkaan ole leviämismallinnuksia saatavilla ja osa saattaa olla epätarkkoja käytetyistä lähtötiedoista johtuen, joten pelkkään leviämismallinnukseen tukeutuva edustavuuden arviointimenetelmä ei ole näin ollen yksinään riittävä.

Osallistujat olivat yksimielisiä siitä, että mittausaseman edustavuus on epäpuhtauskohtainen, jolloin mitattavasta komponentista riippuen yksittäisellä asemalla mitatut pitoisuudet voivat edustaa erilaisten ja erikokoisten alueiden ilmanlaatua. Sen sijaan edustavuuden arvioinnissa käytettävästä aikaintervallista (tuntipitoisuus–vuosipitoisuus) oltiin eri mieltä. Tämä johtui osittain siitä, että eri osallistujien käyttämät menetelmät pohjautuivat eri aikaresoluutiolla tuotettuun lähtöaineistoon. Edustavan alueen pitoisuusvaihtelusta taas esitettiin, että se olisi absoluuttisen ja prosentuaalisen arvon yhdistelmä.

Johtuen eri menetelmien lopputulosten eroavaisuuksista ja perustavanlaatuisista kysymyksistä mittausaseman edustavuuden määritelmään liittyen, ei yhtenäistä linjausta mittausaseman edustavuuden arvioimiseksi saatu aikaan. Harjoituksen loppuraportissa suositeltiin jatkotoimenpiteiksi mittausaseman edustavuuden määritelmän ja kriteerien tarkentamista ja vasta tämän jälkeen yhtenäisen menetelmän kehittämistä keskipitkällä aikavälillä.

6 MITTAUSASEMIEN EDUSTAVUUDEN ARVIOINTI SUOMESSA

Mittausasemien edustavuuden arviointiin ei ole Suomessa olemassa vakiintunutta menetelmää. Arviointeja olisi kuitenkin hyvä tehdä. Seuraavassa on esitetty menetelmä mittausasemien edustavuuden arviointiin Suomessa. Tarkoituksena on kannustaa mittausverkkoja arvioimaan mittausasemien edustavuusalueita. Menetelmässä on kuvattu täsmällisemmin Suomen IE-harjoituksessa käyttämää asiantuntija-arvioon pohjautuvaa menetelmää, ja täydennetty sitä kattamaan myös sellaisia tilanteita, joissa on käytössä vähemmän lähtöaineistoja. Menetelmä koskee hengitettävien hiukkasten (PM₁₀), typenoksidien (NO_x) ja otsonin (O₃) pitoisuuksien mittauksia, mutta sitä voidaan käyttää soveltuvin osin myös muiden ilman epäpuhtauksien mittauksen edustavuutta arvioitaessa. Edustavuuden arviointi on aina epäpuhtauskohtainen, koska samalla mittausasemalla voi olla eri tavalla luokiteltuja mittauksia, esim. liikenneasemaksi luokiteltu hiukkasmittaus ja teollisuusasemaksi luokiteltu rikkidioksidimittaus.

Mittausasemien edustavuuden arviointi on asiantuntija-arvio, joka perustuu olemassa olevaan tietoaaineistoon. Edustavuutta voivat arvioida ilmanlaadun arviointeihin hyvin perehtyneet henkilöt, joilla on ymmärtämystä ilman epäpuhtauksien päästöistä ja niihin vaikuttavista seikoista, eri päästölähteiden aiheuttamista pitoisuuksista sekä paikallisista olosuhteista. Mieluiten edustavuuden arviointi tehdään useamman asiantuntijan ryhmätyönä, mikä vähentää yksittäisen asiantuntijan näkemyksen liiallista korostumista. Mittausaseman edustavuuden arviointiin tulee käyttää mahdollisimman kattavan kokonaiskuvan saamiseksi kaikkea saatavilla olevaa tietoaaineistoa. Kappaleessa 6.4 on mainittu erikseen sellaiset aineistot, joita tulee tarkastella kaikkien asemien kohdalla ja erikseen sellaiset aineistot, jotka koskevat erityisesti liikenne-, teollisuus- tai taustasemia. Edustavuuden arviointiin voi käyttää myös jotain muuta saatavilla olevaa luotettavaa aineistoa, jota ei ole tässä työssä mainittu.

6.1 Mittausaseman edustavuuden määritelmä ja menetelmäkuvaus

Mittausaseman edustavuuden yksinkertaisena määritelmänä on tässä menetelmässä käytetty seuraavaa: Mittausaseman edustamalla alueella pitoisuudet ovat tietyllä vaihteluvälillä ja nämä pitoisuudet alueella aiheutuvat samankaltaisista syistä.

Samankaltaisilla syillä tarkoitetaan seuraavaa:

- mittausaseman koko edustavuusalueella on samat hallitsevat päästölähteet ja
- mittausasemalla ja koko edustavuusalueella on samanlaiset päästöjen leviämisolosuhteet.

Määrittelyn toinen kohta "samankaltaiset syyt" on välttämätön, koska samat tai samankaltaiset pitoisuudet voivat aiheutua eri paikoissa erilaisista päästölähteiden yhdistelmistä, erilaisten leviämisolosuhteiden vaikutuksesta ja ilman epäpuhtauksien muutunnan sekä kaukokulkeuman vaikutuksesta.

Päästöjä arvioidaan määrittämällä tieliikenteen sekä teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen osuus pitoisuuksien aiheuttajana. Leviämisolosuhteita arvioidaan paikallisella, alueellisella ja laajalla mittakaavalla. Paikallinen mittakaava tarkoittaa alle 100 m etäisyydellä esiintyviä olosuhteita, kuten tarkastelualueella esiintyviä katukuiluja, osittain rakennettuja alueita tai avoimia maastoja. Alueellisella tasolla tarkastellaan alle 10 km etäisyydellä esiintyviä olosuhteita, kuten erilaisia pienipiirteisiä maastonmuotoja. Suuressa mittakaavassa tarkastellaan yli 10 km etäisyydellä esiintyviä laajoja topografisia ja ilmastollisia alueita.

Jos muut ehdot eivät rajaa edustavuusalueen kokoa ja muotoa, edustavuusalue rajoittuu päästöjen suurimmalle kulkeutumisetäisyydelle, eli enimmillään 100 km säteelle mittausasemasta. Päästöjen kulkeutuminen 100 km matkalla tapahtuu karkeasti puolen vuorokauden aikana, jonka aikana myös monet kemialliset reaktiot (NO - NO_2 - O_3 muutunta, hiukkasten muodostuminen) saavuttavat tasapainotilan.

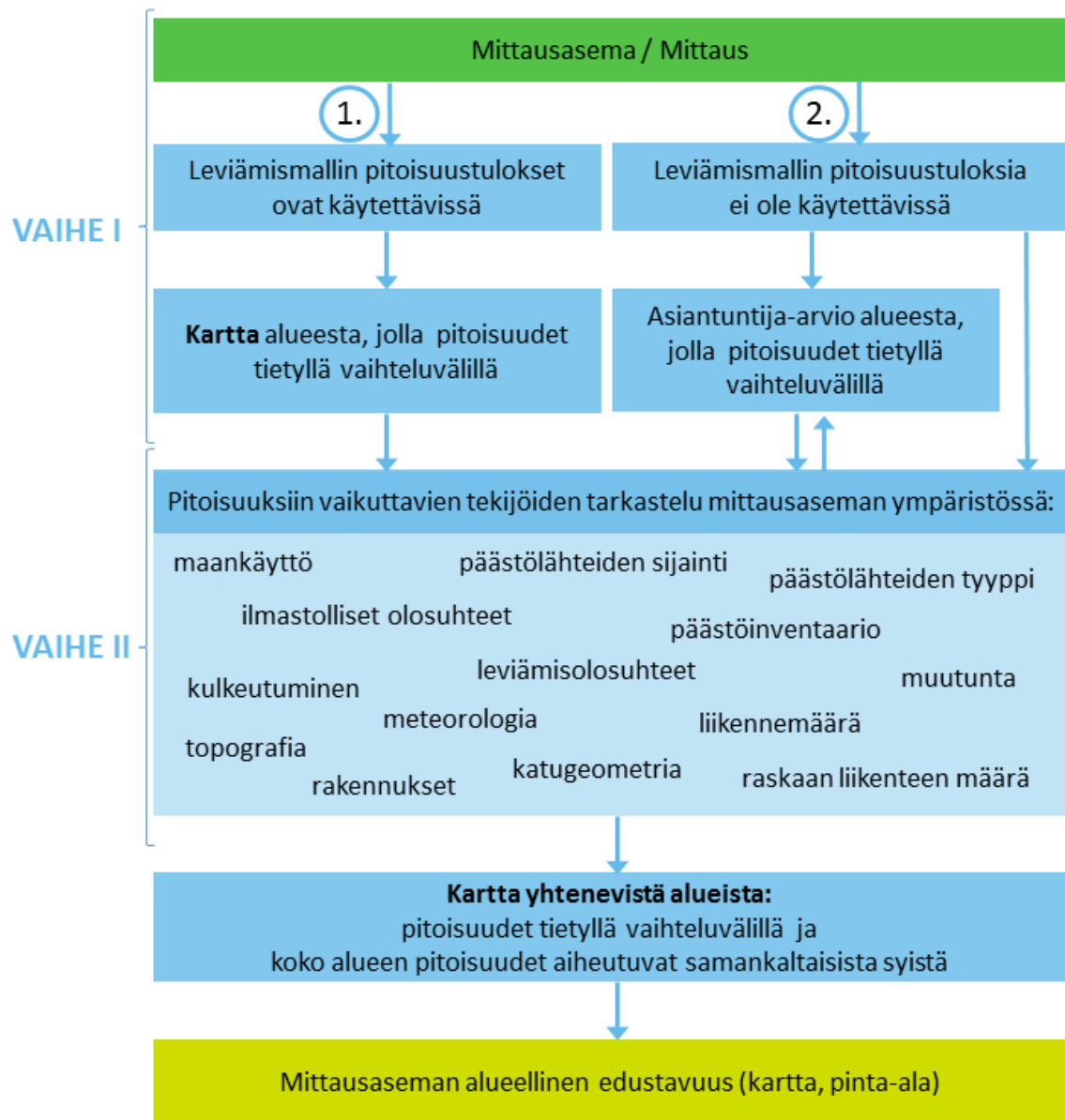
Edustavuuden arviointimenetelmä jakaantuu kahteen vaiheeseen: ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan pitoisuuksia ja toisessa vaiheessa pitoisuuksia aiheuttavia samankaltaisia syitä. Mittausaseman edustavuuden arviointimenetelmän eteneminen on esitetty yksinkertaistettuna kaaviona kuvassa 7.

Vaihe I jakaantuu pitoisuuksien arvioinnin osalta kahteen erilaiseen tapaukseen.

1. Käytössä on päästöjen leviämismallilla tuotettuja pitoisuustuloksia sopivalla alueellisella resoluutiolla (kpl 6.2).
2. Käytössä ei ole päästöjen leviämismallilla tuotettuja pitoisuustuloksia (kpl 6.3).

Vaiheessa II samankaltaiset syyt arvioidaan samalla tavalla molemmissa tapauksissa käyttäen mahdollisimman tarkkaa kartta-aineistoa, josta selviää mm. rakennetussa ympäristössä katugeometria ja rakennuskanta ja alueellista leviämistä arvioitaessa alueen topografia ja ilmastolliset olosuhteet. Näitä tekijöitä käsitellään kappaleessa 6.4.

Liitteessä 1 on testattu kuvassa 7 esitettyä menetelmää Kajaanin keskustan mittausaseman NO_2 - ja PM_{10} -mittauksien sekä Virolahden taustamittaus-aseman otsonimittauksen edustavuuden arviointiin.



Kuva 7. Kaaviokuva mittausaseman edustavuuden arviointimenetelmän etenemisestä.

6.2 Vaihe I: Mittausaseman edustavuuden arviointi kun käytössä on leviämismallien pitoisuustuloksia

FAIRMODE:n ja AQUILA:n mukaan malleilla tuotetut pitoisuuskartat ovat hyvin käyttökelpoisia työkaluja mittausaseman edustavuuden arvioinnissa (*Martin, ym., 2015; Geiger, ym., 2014*). Leviämismalleilla voidaan tuottaa hyvin yksityiskohtaisia pitoisuuskarttoja hyvällä alueellisella resoluutiolla. Leviämismallilaskelmat voidaan tehdä yleensä melko nopeasti kunhan tarpeelliset lähtötiedot ovat saatavissa. Mallitulokset antavat havainnollisen ja tarkan kuvan pitoisuustasoista mittausaseman edustavuuden arvioimiseksi.

Päästöjen leviämismallinnus on matemaattinen simulaatio ilman epäpuhtauksien leviämisestä, laimenemisestä ja muutunnasta ilmakehässä. Mallilaskelmilla kuvataan ilmiöiden tavanomaista kehittymistä pitkällä aikavälillä yksinkertaistaen jossain määrin todellisuutta. Leviämismallit ovat tietokoneohjelmistoja, joilla jäljitellään päästöjen leviämistä ilmakehässä käyttämällä hyväksi tarkasteltavan alueen todellisia päästötietoja, meteorologisia tietoja ja leviämisympäristön tietoja (mm. topografia). Leviämismallilaskelmien tuloksena saadaan malliin syötettyjen päästöjen aiheuttamat tuntipitoisuudet tarkastellun laskentahilan jokaisessa pisteessä. Mallilaskelmat tehdään yleensä usean tarkasteluvuoden ajanjaksolle, jolloin laskentahilaan saadaan tilastollisesti edustava määrä pitoisuuden tuntiarvoja, joista lasketaan edelleen keskiarvoja ja ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin verrannollisia tunnuslukuja. Leviämismallinnusten tulosten tarkkuus riippuu malliin syötettävien lähtötietojen oikeellisuudesta ja tarkkuudesta.

Malleilla tuotetaan laskennallisesti alueellinen kuva ilman epäpuhtauksien pitoisuuksista ja niiden vaihtelusta eli kuvaus päästöjen aiheuttamasta kuormituksesta tarkastelualueen eri osissa. Kolmen vuoden meteorologista aikasarjaa käyttämällä mallilaskelmaan saadaan mukaan riittävän kattava otos erilaisia alueella esiintyviä sääolosuhteita ja poimittua siten tarkasteluun mukaan myös hankalimmat ilmanlaatuilanteet. Leviämismallinnusten tulokset esitetään yleensä kartalla aluejakaumakuvina. Laskentahilan tarkkuudesta riippuu, miten pienipiirteistä vaihtelua mallilaskelmien pitoisuustuloksissa voidaan havaita. Leviämismalleilla voidaan lisäksi selvittää eri päästölähteiden (energiantuotannon ja teollisuuden pistemäisten päästölähteiden, kiinteistöjen erillislämmityksen sekä auto-, laiva-, juna- tai lentoliikenteen) erilliset vaikutusosuudet muodostuvista pitoisuuksista. Leviämismallit ovat myös ainoa menetelmä ennakoida ilmanlaadun kehitystä päästöjen muuttuessa.

Leviämismalleja on jo tähänkin mennessä käytetty taajamien ilmanlaadun mittausten suunnittelussa, kuten mittauspisteiden sijainnin valinnassa sekä seuranta-alueen mittaustarpeen tarkistuksissa. Leviämismallien avulla voidaan tehdä helposti arvioita myös mittausaseman edustavan alueen koosta ja muodosta. Jotta leviämismallituloksia voidaan käyttää edustavuusalueen arviointiin mahdollisimman luotettavasti, pitää leviämismallilaskelmassa olla huomioituna kattavasti kyseinen päästö, jonka vaikutuksesta mittausasemalla mitatut pitoisuudet aiheutuvat. Liikenneaseman pitoisuuksia arvioitaessa tulee liikenteen päästöt olla mallinnettu mahdollisimman tarkasti ja kun taas tarkastellaan teollisuusaseman edustavuutta, leviämismallilaskelmassa tulee olla huomioituna kattavasti teollisuusalueen kaikkien eri toimijoiden yhteispäästöt. Tausta-asemien tapauksessa leviämismallin tulee kattaa suurin osa alueen kaikista päästölähteistä (energiantuotanto ja teollisuus, kiinteistöjen erillislämmitys, eri liikennemuodot sekä taustapitoisuus). Leviämismallilaskelmien laatiminen vaatii asiantuntemusta, jotta tulokset ovat luotettavia ja niiden perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä.

Jos käytössä on päästöjen leviämismallituloksia (vähintään kolmelta vuodelta), mallin tuloksena saatujen pitoisuuksien vaihtelu rajaa kartalta alueen, jolla mittausaseman edustavuuden arvioinnissa käytettävä pitoisuuden vaihteluväliehto täyttyy (kuvan 7 tapaus 1). Tämän jälkeen (menetelmän vaiheessa II) arvioidaan, millä osalla tästä alueesta hallitsevat päästölähteet ovat samat kuin mittausasemalla ja millä osalla aluetta on samanlaiset päästöjen leviämisolosuhteet kuin mittausasemalla. Näiden yhtenevien alueiden muodostama pinta-ala on kyseisen mittausaseman edustavuusalue. Lisäksi aluetta rajaa päästöjen suurin kulkeutumisetäisyys, mistä syystä edustavan alueen raja on korkeintaan 100 km etäisyydellä mittausasemalta. Tämä ehto tulee kuitenkin kyseeseen lähinnä arvioitaessa tausta-asemien edustavuutta, jotka edustavat hyvin laajoja maantieteellisiä alueita. Seuraavassa käsitellään tilannetta, jossa mallituloksia ei ole käytettävissä.

6.3 Vaihe I: Mittausaseman edustavuuden arviointi kun käytössä ei ole leviämismallien pitoisuustuloksia

Jos käytössä ei ole päästöjen leviämismallituloksia, voidaan olemassa olevan mittausaseman tapauksessa tarkastella edeltävien vuosien mitattuja vuosikeskiarvopitoisuuksia vähintään kolmen vuoden ajalta. Näin löydetään mittausasemalla mitattu keskimääräinen pitoisuustaso riippumatta eri vuosien välisestä luontaisesta pitoisuusvaihtelusta. Muilla alueen mittausasemilla mitattuihin pitoisuuksiin vertaaminen auttaa hahmottamaan sen alueen laajuutta, joka täyttää edustavan alueen arvioinnissa käytettävän pitoisuuden vaihteluväliehdon.

Pitoisuusgradientin arvioinnissa voidaan käyttää myös suuntaa-antavia mittauksia. Esimerkiksi passiivikeräimillä tai sensoreilla voidaan kartoittaa ilmanlaatua alueella, jonka pitoisuustaso ei ole ennalta tiedossa. Niitä voidaan käyttää myös jatkuvien mittauksen tukena alueellisen kattavuuden parantamiseksi. Suuntaa-antavat mittaukset voivat olla lyhytaikaisia mittauskampanjoita tai pitkäkestoisia mittauksia, joiden laatutavoitteet eivät täytä jatkuville mittauksille asetettuja vaatimuksia tai joissa ei käytetä ilmanlaatuasetuksen mukaisia referenssimenetelmiä. Pitoisuustasoja voidaan arvioida myös alueellisella tasolla olevan korvaavan tai toissijaisen tiedon avulla. Tällainen korvaava paikkatieto voi olla esim. eri tasoista liikennetietoa, maankäyttötietoa tai väestötiheystietoa. Korvaavan tiedon käyttö pitoisuuden arviointiin edellyttää tilastollista tai kokeellisesti havaittua yhteyttä korvaavan tiedon ja pitoisuuden välillä.

Jos alueelta ei ole olemassa mitattua tai mallinnettua pitoisuustietoa, eikä sitä voida korvaavan tiedon avulla tuottaa, pohjautuu edustavuusalueen arviointi pelkästään päästöjen ja päästölähteiden sekä leviämisolosuhteiden arviointiin. Tällöin mittausaseman edustavuus saadaan määritettyä vain karkealla tasolla. Edustavuuden arviointi ilman leviämislaskelman tuomaa tietoa alueellisesta pitoisuusvaihtelusta on lähinnä edustavuutta arvioivan asiantuntijan näkemys tilanteesta. Eri asiantuntijan tekemänä edustavuusarvio voisi olla erilainen. Edustavuuden arvioinnissa siirrytään suoraan pitoisuuksiin vaikuttavien tekijöiden tarkasteluun mittausaseman ympäristössä (kuvan 7 tapauksen 2 oikean reunan nuoli). Päästöjen ja päästölähteiden arviointiin sekä leviämisolosuhteiden arviointiin käytetään tällöin yksinkertaisia maantieteellisiä tietoja, joita mittausaseman ympäriltä on saatavissa (kappale 6.4). Eri mittausverkoilla on todennäköisesti käytettävissään hyvin eri tasoisia tietoja hyvin erilaisella tarkkuudella, joten edustavuutta arvioidaan parhaiden mahdollisten saatavilla olevien tietojen perusteella.

6.4 Vaihe II: Pitoisuuksiin vaikuttavien tekijöiden tarkastelu mittausaseman ympäristössä

Kun edustavuutta arvioitaessa on päädytty ensimmäiseen arvioon alueesta, jolla pitoisuudet vaihtelevat erikseen määriteltävän vaihteluvälin sisällä, aloitetaan menetelmän toisessa vaiheessa tämän alueen rajaaminen ympäristön tekijöiden avulla. Jos pitoisuuden vaihteluväliehdon rajaamalla alueella päästöt ja ympäristötekijät ovat kauttaaltaan samat, pitoisuuden vaihteluväliehdon rajaaman alueen pinta-ala on kyseisen mittausaseman edustavuusalue. Tavallisesti rajaavia tekijöitä on kuitenkin paljon, jolloin niitä täytyy käydä läpi yksi kerrallaan rajaten edustavaa aluetta kartalla pienipiirteisemmäksi ja tarkemmaksi niiden avulla. Seuraavassa on esitetty kaikkia mittausasemia koskevia aineistoja ja erikseen eri tyyppisiä mittausasemia koskevia aineistoja, joita voidaan käyttää ympäristötekijöiden rajaamiseen. Aineistojen kohdalla on esitetty kysymysten muodossa asioita, joita tulee kunkin aineiston kohdalla pohtia ja etsiä mittausaseman ympäristöstä niitä alueita, joissa kyseiset tekijät pysyvät samoina. Aineistot ovat pitkälti samoja, joita tarvitaan lähtötiedoiksi päästöjen leviämismallilaskelmaan.

Kaikkia mittausasemia koskevat aineistot edustavuuden arviointiin

- Päästöinventaario: Mitä päästölähteitä alueella on (liikenne, energian- ja lämmöntuotanto mukaan lukien puun pienpoltto, teollisuus, maatalous, kaukokulkeuma) ja mitkä niistä ovat tärkeimmät ulkoilman pitoisuuksien kannalta? Mikä päästö aiheuttaa juuri ne pitoisuudet, joita mittausasemalla mitataan (liikenne-, teollisuus- tai tausta-asema)? Miten päästölähteet sijaitsevat mittausasemaan nähden? Sijaitseeko mittausasema vallitsevan tuulensuunnan alapuolella kotitalouksien puun pienpoltton (saunan kiukaat, takat yms.) päästölähteisiin nähden? Kuinka kaukana lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat?
- Maankäyttö: Mikä on mittausaseman ympäristön maankäyttöluokitus ja miten kyseinen maankäyttö vaikuttaa pitoisuuksiin?
- Meteorologia: Mikä on vallitseva tuulensuunta alueella? Sijaitsevatko merkittävimmät päästölähteet mittausasemaan nähden tuulen ala- vai yläpuolella?
- Ilmastolliset olosuhteet: Millä ilmastovyöhykkeellä (hemiboreaalin, eteläboreaalin, keskiboreaalin, pohjoisboreaalin ja hemiarktinen) mittausasema sijaitsee?
- Maastonmuodot: Onko lähialueella päästöjen leviämistä estäviä tai ohjaavia merkittäviä maastonmuotoja?

Liikenneasemia koskevat aineistot edustavuuden arviointiin

- Liikennemäärä: Mikä on keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL), keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (KAVL) tai muu mitattu, mallinnettu tai arvioitu liikennemäärä mittausaseman vierestä kulkevalla kadulla? Mikä on liikennemäärä lähimmillä muilla kaduilla? Onko tiheä liikenneverkko vai yksittäinen tie? Kuinka monta ajokaistaa? Mikä on raskaan liikenteen määrä? Mikä on liikennevirran todellinen nopeus mittausaseman kohdalla?
- Katugeometria: Onko mittausaseman ympäristö avoin väylä ilman ympäröiviä rakennuksia? Onko mittausaseman ympäristö korkeiden rakennusten tiiviisti ympäröimä katukuilu tai puoliavoin katukuilu, jossa korkeita rakennuksia on vain toisella puolella tietä? Mikä on rakennusten keskimääräinen korkeus suhteessa

kadun leveyteen mittausaseman vierestä kulkevalla kadulla (kapea katukuilu: korkeus/leveys -suhde $> 0,7$, leveä katukuilu: korkeus/leveys -suhde $< 0,7$)?

Liikenteen vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 100 metrin pituisella katuosuudella (79/2017).

Teollisuusasemia koskevat aineistot edustavuuden arviointiin

- Teollisuuslaitosten sijainti: Sijaitseeko mittausasema vallitsevan tuulensuunnan alapuolella päästölähteisiin nähden?
- Teollisuuspäästöjen tyyppi: onko kyseessä hajapäästö vai piippupäästö ja mikä on päästökorkeus?

Teollisuuslaitosten vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 250×250 metrin laajuudelta. Ainakin yksi mittausasema on sijoitettava lähteestä katsoen lähimmälle vallitsevan tuulensuunnan alapuolella sijaitsevalle asuinalueelle. Jos taustapitoisuutta ei tiedetä, on sijoitettava yksi ylimääräinen mittausasema lähteestä katsoen tuulen yläpuolelle (79/2017).

Tausta-asemia koskevat aineistot edustavuuden arviointiin

Kaupunkitausta-asema:

- Sijainti: Sijaitseeko mittausasema siten, etteivät pitoisuustasoihin vaikuta yksittäiset päästölähteet (liikenneväylät, teollisuuslaitokset jne.)?

Maaseututausta-asema:

- Sijainti: Sijaitseeko mittausasema vähintään viiden kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä? Sijaitseeko mittausasema siten, etteivät pitoisuustasoihin vaikuta yksittäiset päästölähteet (paikalliset päästölähteet, liikenneväylät, teollisuuslaitokset jne.)?

Kaupungin yleistä ilmanlaatua arvioitaessa mittausaseman on edustettava ympäröivän alueen ilmanlaatua pääsääntöisesti usean neliökilometrin laajuudelta. Maaseudun taustapitoisuuksia arvioitaessa mittausaseman on sijaittava vähintään viiden kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä, merkittävistä taajamista ja teollisuuslaitoksista, jotka voivat vaikuttaa taustapitoisuuksiin (79/2017).

Edellä esitetyistä aineistoista rajataan kartalla alue, jossa hallitsevat päästölähteet ovat samat kuin mittausasemalla ja alue, jossa on samanlaiset päästöjen leviämisolosuhteet kuin mittausasemalla. Näiden yhtenevien alueiden muodostama pinta-ala on kyseisen mittausaseman edustavuusalue. Lisäksi aluetta rajaa päästöjen suurin kulkeutumisetäisyys, mistä syystä edustavan alueen raja on korkeintaan 100 km etäisyydellä mittausasemalta. Tämä ehto tulee kuitenkin kyseeseen lähinnä arvioitaessa tausta-asemien edustavuutta, jotka edustavat laajoja maantieteellisiä alueita.

Edustavuuden arviointi on pitkälti edustavuutta arvioivan asiantuntijan näkemys tilanteesta. Eri asiantuntijan tekemänä edustavuusarvio voisi olla erilainen. Edustavuusarvio tulisi mieluiten tehdä useamman henkilön yhteistyönä, jolloin arviosta saadaan kattavampi ja perustellumpi. Edustavuutta arvioivalla henkilöllä tulisi olla ymmärtämystä ilman epäpuhtauksien päästöistä, niihin vaikuttavista seikoista ja erilaisten päästölähteiden aiheuttamista pitoisuuksista. Myös paikallisten olosuhteiden tuntemus on tärkeää.

VIITELUETTELO

European Commission, 2018. Member States' and European Commission's Common Understanding of the Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air (Decision 2011/850/EU). Version of 15 March 2018. European Commission, DG ENV. http://www.eionet.europa.eu/agportal/doc/IPR%20guidance_2.0.1_final.pdf.

Geiger, J., Malherbe, L., Mathe, F., Ross-Jones, M., Sjöberg, K., Spangl, W., Stacey, B., González Ortiz, A., de Leeuw, F., Borowiak, A., Galmarini, S., Gerboles, M. & de Saeger, E., 2014. JRC- AQUILA Position Paper. Assessment on siting criteria, classification and representativeness of air quality monitoring stations. <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/SCREAM%20final.pdf>

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmanlaadun mittausohje. Raportteja 2017:6. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228440>

Peuch, V-H., 2011. Objective classification of air quality monitoring sites over Europe. Atmospheric Environment 47 (2012) p. 111–123. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231011012088>

Kracht, O., Hooyberghs, H., Lefebvre, W., Janssen, S., Maiheu, B., Martín, F., Santiago, J. L., García, L. & Gerboles, M., 2016. FAIRMODE Intercomparison Exercise – Dataset to Assess the Area of Representativeness of Air Quality Monitoring Stations. JRC Technical reports. EUR 28135 EN. Publication Office of the European Union, 2016. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC102775>

Kracht, O., Santiago, J. L., Martin, F., Piersanti, A., Cremona, G., Righini, G., Vitali, L., Delaney, K., Basu, B., Ghosh, B., Spangl, W., Brendle, C., Latikka, J., Kousa, A., Pärjälä, E., Meretoja, M., Malherbe, L., Letinois, L., Beauchamp, M., Lenartz, F., Hutsemekers, V., Nguyen, I., Hoogerbrugge, R., Eneroth, K., Silvergren, S., Hooyberghs, H., Viaene, P., Maiheu, B., Janssen, S., Roet, D. & Gerboles, M. 2017a. First Outcomes of the FAIRMODE & AQUILA Intercomparison Exercise on Spatial Representativeness. 18th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes 9–12 October 2017, Bologna, Italy. <https://www.harmono.org/Conferences/Proceedings/Bologna/publishedSections/H18-112-Kracht.pdf>

Kracht, O., Santiago, J. L., Martin, F., Piersanti, A., Cremona, G., Righini, G., Vitali, L., Delaney, K., Basu, B., Ghosh, B., Spangl, W., Brendle, C., Latikka, J., Kousa, A., Pärjälä, E., Meretoja, M., Malherbe, L., Letinois, L., Beauchamp, M., Lenartz, F., Hutsemekers, V., Nguyen, I., Hoogerbrugge, R., Eneroth, K., Silvergren, S., Hooyberghs, H., Viaene, P., Maiheu, B., Janssen, S., Roet, D. & Gerboles, M. 2017b. Spatial representativeness of air quality monitoring sites. Outcomes of the FAIRMODE/AQUILA intercomparison exercise. JRC Technical reports. EUR 28987 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-77218-4, doi:10.2760/60611, JRC108791. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC108791>

Martin, F., Santiago, J. L., Kracht, O., Garcia, L & Gerboles, M., 2015. FAIRMODE Spatial representativeness feasibility study. JRC Technical reports. EUR 27385 EN. Publications Office of the European Union, 2015.

<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC96827>

Salmi, J., Ranta, P., Rasila, T. ja Lappi, S., 2009. Kajaanin alueen päästöjen leviämismalliselvitys. Energiantuotannon, teollisuuden ja autoliikenteen typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 28 s. + 27 liites.

http://expo.fmi.fi/ages/public/Kajaanin_seudun_leviamismallilaskelmat_2009.pdf

Spangl, W., Schneider, J., Moosmann, L., & Nagl, C., 2007. Final Report. Representativeness and classification of air quality monitoring stations. Umweltbundesamt, Report REP-0121, Vienna, 2007.

www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0121.pdf

79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 26.1.2017.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170079>

113/2017. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 16.2.2017.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170113>

527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Annettu 27.6.2014.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=527%2F2014>

2004/107/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Strasbourgissa 15.12.2004.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32004L0107>

2008/50/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmanlaadusta ja sen parantamisesta. Annettu Strasbourgissa 21.5.2008.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fin/ALL/?uri=CELEX:32008L0050>

2011/850/EU. Komission täytäntöönpanopäätös tietojenvaihtojärjestelmästä ja ilmanlaatua koskevien tietojen raportoinnista annettuja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivejä 2004/107/EY ja 2008/50/EY koskevien sääntöjen vahvistamisesta. Annettu Brysselissä 12.12.2011.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32011D0850>

2015/1480/EU. Komission direktiivi ilmanlaadun arvioinnissa käytettäviä vertailumenetelmiä, tietojen validointia ja näytteenottoa paikkojen sijaintia koskevien sääntöjen vahvistamisesta koskevien Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivien 2004/107/EY ja 2008/50/EY useiden liitteiden muuttamisesta. Annettu Brysselissä 28.8.2015.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fin/ALL/?uri=CELEX:32015L1480>

LIITE 1: KÄYTÄNNÖN ESIMERKIT MITTAUSASEMAN EDUSTAVUUDEN ARVIOINNISTA

Mittausaseman alueellinen edustavuus määritetään mittauskohtaisesti eli erikseen kaikille mittausasemalla mitattaville ilman epäpuhtauksille. Yleisimmin analysoidut ilman epäpuhtaudet ovat NO₂, PM₁₀ ja O₃. Ilman epäpuhtauksien alueellinen edustavuus on usein arvioitu ilmanlaatutavoitteiden, kuten vuosikeskiarvon tai vuorokausikeskiarvojen persentiiliin vaihteluvälin avulla. Vaihteluvälin kasvattaminen tai kaventaminen muuttaa pitoisuuksien edustavuusaluetta suuremmaksi tai pienemmäksi. Liian suuri pitoisuuksien vaihteluväli voi esimerkiksi antaa liikenneasemalle ja kaupunkitausta-asemalle päällekkäin menevät edustavuusalueet, mikä ei ole tarkoituksenmukaista. Vaihteluvälien määrittäminen Suomen olosuhteisiin sopiviksi edellyttää kuitenkin laajempaa tutkimusta.

FAIRMODE:n (The Forum for Air quality Modelling) mittausasemien edustavuuden arvioinnin harjoituksessa (Intercomparison Exercise on Spatial Representativeness, vuonna 2016) Suomen käyttämä asiantuntija-arviointimenetelmä muistutti lähestymistavaltaan eniten Itävallan ympäristöviraston käyttämää FEA-AT-menetelmää. Itävallan menetelmässä (*Spangl, ym. 2007*) pitoisuuksien vaihteluväliä mittausasemalla mitattuihin pitoisuuksiin arvioidaan typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja otsonin osalta seuraavasti:

- NO₂: vuosikeskiarvo $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= vuosiraja-arvo)
- PM₁₀: vuosikeskiarvo $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= vuosiraja-arvo)
- PM₁₀: vuorokausikeskiarvojen 90,4 persentiili $\pm 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= vuorokausiraja-arvo)
- O₃: vuorokauden korkeimpien kahdeksan tunnin keskiarvojen 93,2 persentiili $\pm 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= vuorokausitavoitearvo).

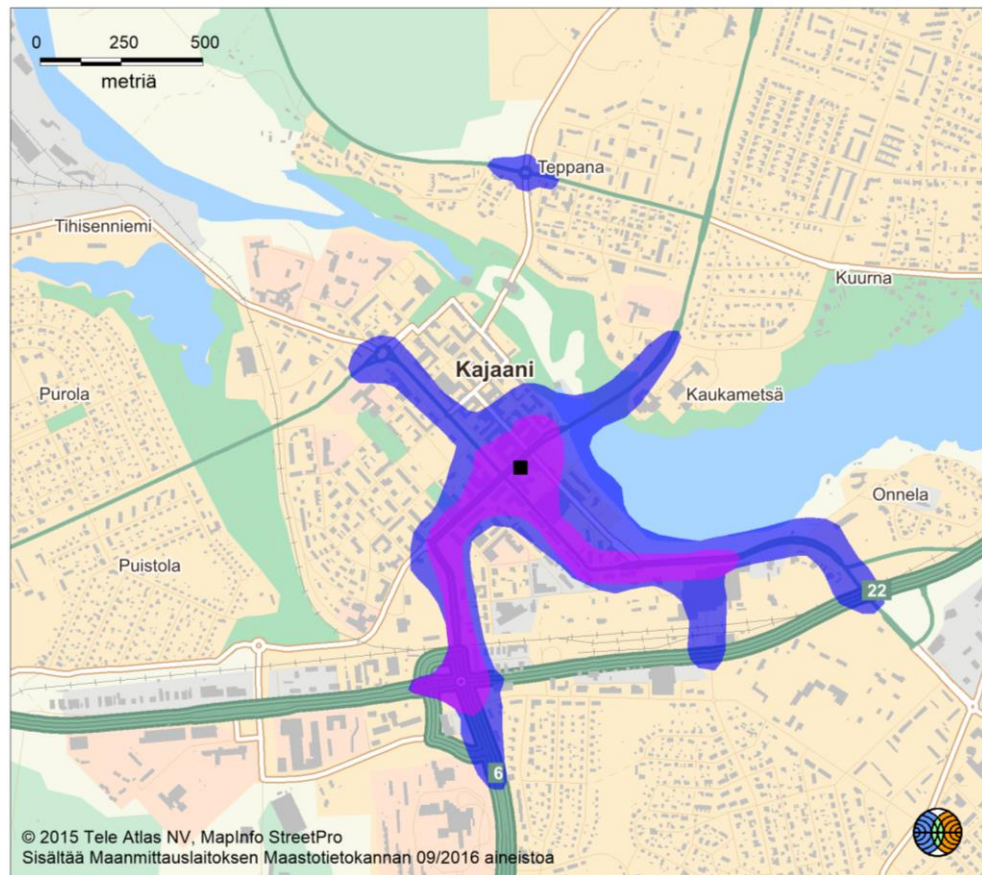
Edellä esitetyt pitoisuuksien vaihteluvälit perustuvat Euroopassa vuosina 2002–2004 havaittuihin mitattuihin pitoisuuksiin ja vaihteluväliksi on valittu $\pm 5 \%$ koko Euroopan alueella esiintyvien pitoisuuksien vaihtelusta. IE-harjoituksessa Itävallan ympäristövirasto oli kuitenkin arvioinut otsonia kriteerillä "vuosikeskiarvo $\pm 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ", koska harjoituksen aineistossa ei ollut saatavilla otsonin kahdeksan tunnin liukuvia keskiarvoja ja tarkentanut PM₁₀-pitoisuuksien vuosikeskiarvon vaihteluväliksi $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, koska PM₁₀-pitoisuudet Euroopassa ovat laskeneet (*Kracht, ym. 2017b*).

Seuraavissa esimerkeissä on käytetty kyseisiä Itävallan ympäristöviraston IE-harjoituksessa käyttämiä vaihteluvälejä: NO₂ vuosikeskiarvo $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀ vuosikeskiarvo $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja O₃ vuosikeskiarvo $\pm 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vaihteluvälejä testattiin Kajaanin keskustan aseman NO₂- ja PM₁₀-mittauksiin sekä Virolahden tausta-aseman otsonimittaukseen.

1. Mittausaseman edustavuuden arviointi leviämismallitulosten avulla (liikenneasema)

Seuraavassa on esitetty käytännön esimerkki edustavuuden arvioinnista leviämismallitulosten perusteella PM₁₀- ja NO₂-mittauksille. Mittausasema on Kajaanin keskustassa Lönnotinkadulla vuosina 2008–2018 sijainnut asema, joka oli luokittelultaan liikenneasema (sijainti kartalla merkitty mustalla neliöllä kuvassa 8). Lönnotinkatu on Kajaanin keskustan vilkkaimmin liikennöity katu, jonka liikennemäärä on vuoden 2012 liikennelaskennan mukaan 18 440 ajoneuvoa vuorokaudessa. Mittausaseman ympäristö on katukuilumainen ja katua tiiviisti reunustavat rakennukset ovat kolmekerroksisia. Mittauskorkeus oli 4 metriä. Mittausasema sijaitsi teatteritalon kupeessa noin 10 metrin etäisyydellä väylän reunasta. Asema sijaitsi keskellä korttelia siten, että etäisyys molemmissa suunnissa oleviin lähimpiin risteyskohtiin (Kauppakatu ja Pohjolankatu) oli noin 50 metriä. Molemmissa läheisissä risteyskohtiin on liikennevalot, joten autot pysähtelivät tyhjäkäynnille varsin lähelle mittausasemaa. Aseman edustavuutta oli arvioitu sanallisesti seuraavasti: ”Mitatut pitoisuudet edustavat tasoa, jolle ihmiset altistuvat Kajaanin keskustan vilkasliikenteisten katujen varsilla liikkuessaan.”

Kuvassa 8 on esitetty Kajaaniin tehdyn päästöjen leviämismallilaskelman ([Salmi ym., 2009](#)) pitoisuustulosten perusteella kartalle piirretty alueet, joilla pitoisuudet ovat määritellyllä vaihteluvälillä (menetelmän vaihe I). Sinisellä värillä on kuvattu aluetta, jossa hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on vaihteluvälillä $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausaseman kohdalle mallinnetusta pitoisuudesta ja violetilla värillä puolestaan aluetta, jossa typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus on vaihteluvälillä $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausaseman kohdalle mallinnetusta pitoisuudesta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuusalue ei ole yhtenevä, vaan samaa pitoisuustasoa esiintyy myös pienellä erillisellä alueella mittausasemasta pohjoiseen (Paltaniementien ja Ahontien risteys). Mallilaskelmassa on huomioitu autoliikenteen päästöt, energiantuotannon ja teollisuuden päästöt (5 laitosta) sekä alueellinen taustapitoisuus. Mittausaseman edustavuuden arviointia varten autoliikenteen päästöjen mallilaskelmat olisivat riittäneet myös yksinään, koska kyseessä on liikenneasema. Leviämismallilaskelman pitoisuustulosten (aluejakaumakartat; [Salmi ym., 2009](#)) perusteella pystyttiin arvioimaan, että energiantuotannon ja teollisuuden päästöillä oli vain vähäinen vaikutus Kajaanin keskusta-alueen kokonaispitoisuuksiin ja suurin osa mallinnetusta pitoisuudesta oli peräisin autoliikenteen päästöistä.

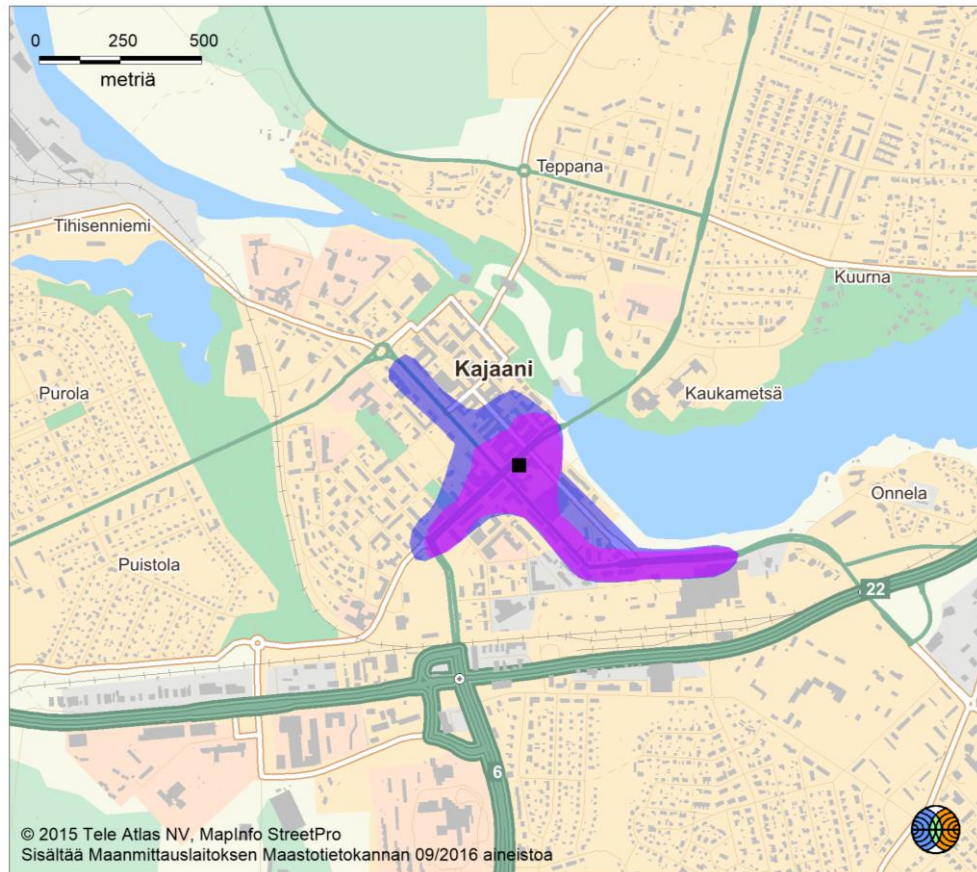


Kuva 8. Kajaanin keskustassa sijaitsevaa mittausasemaa (musta neliö) ympäröivät alueet, joissa pitoisuudet ovat tietyllä vaihteluvälillä. Sinisellä värillä on kuvattu aluetta, jossa PM₁₀ vuosikeskiarvopitoisuus on vaihteluvälillä $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausasemalle mallinnetusta pitoisuudesta ja violetilla värillä aluetta, jossa NO₂ vuosikeskiarvopitoisuus on vaihteluvälillä $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausasemalle mallinnetusta pitoisuudesta. Mallinnetun pitoisuusaineiston lähde: *Salmi ym., 2009*.

Pitoisuuksien vaihteluväliehdon rajaamia alueita tarkasteltiin menetelmän seuraavassa vaiheessa (vaihe II) lähemmin kartalla, jossa olivat samanaikaisesti näkyvissä Kajaanin tieverkon liikennemäärät ja liikenteen aiheuttamat päästömäärät sekä alueen rakennuskanta. Lisäksi alueen kaupunkirakenteen erityispiirteitä, katugeometriaa, liikennevalojen sijaintia ja kaistojen määriä tarkasteltiin Google Maps Street View -palvelun avulla. Paikallistuntemuksen korvaajana käytettiin siis visuaalista havainnointia Street View -palvelun katunäkymien avulla. Katunäkymistä etsittiin samankaltaisuutta niiden eri katujen osalta, joissa pitoisuuden vaihteluväliehto täyttyi. Visuaalisen tarkastelun perusteella alueesta poistettiin mm. rautatien allttava tietunneli sekä ne katujen varret, joissa väylä kulki selvästi avoimemmassa maastossa kuin kaupungin keskusta-alueella. Liikennemäärien ja autoliikenteen päästömäärien perusteella osa näistä katujen varsista olisi kuulunut mukaan alueeseen (liikennemäärä lähes sama kuin mittausaseman kohdalla) mutta leviämisympäristön ollessa täydellisesti erilainen (ei lainkaan ympäröiviä rakennuksia) alueet poistettiin mittausaseman edustavuusalueesta. Muutama katu, jossa liikennemäärä oli selvästi pienempi kuin mittausaseman kohdalla, päädyttiin ottamaan mukaan alueeseen, koska visuaalisessa

tarkastelussa talot reunustivat katua niin tiiviisti, että päästöjen laimeneminen on kaduilla todennäköisesti heikompaa kuin pelkän liikennemäärän perusteella voisi olettaa.

Alueen rajauksien lopputuloksena saatiin kuvassa 9 esitetyt mittausten edustavuusalueet. Hengitettävien hiukkasten mittauksen edustavuusalue on esitetty sinisellä värillä ja sen pinta-ala on 0,25 km². Typpidioksidimittauksen edustavuusalue on esitetty violetilla värillä ja sen pinta-ala 0,15 km².



Kuva 9. Kajaanin keskustassa sijaitsevan mittausaseman (musta neliö) PM₁₀-mittauksen edustavuusalue on esitetty sinisellä värillä (pinta-ala 0,25 km²) ja NO₂-mittauksen edustavuusalue violetilla värillä (pinta-ala 0,15 km²).

Edellä esitettyä esimerkkiä Kajaanin mittausaseman edustavuusalueesta voidaan pitää suuntaa-antavana, koska sen pohjana käytetyt leviämismallilaskelman tiedot ovat jo noin kymmenen vuoden takaa. Täysin nykyhetken tilannetta vastaavan alueen määrittämisessä tulisi tarkastella vielä lähemmin kymmenessä vuodessa tapahtuneita muutoksia päästöissä ja kaupunkirakenteessa. Edustavuusalue voisi siis tarkentua näiden muutosten perusteella entisestään. Tarkimman tilannekuvan saisi päivittämällä leviämismallilaskelman ajan tasalle, jolloin leviämismallilaskelman lähtötiedoissa otettaisiin suoraan huomioon nykyhetken päästörakenne.

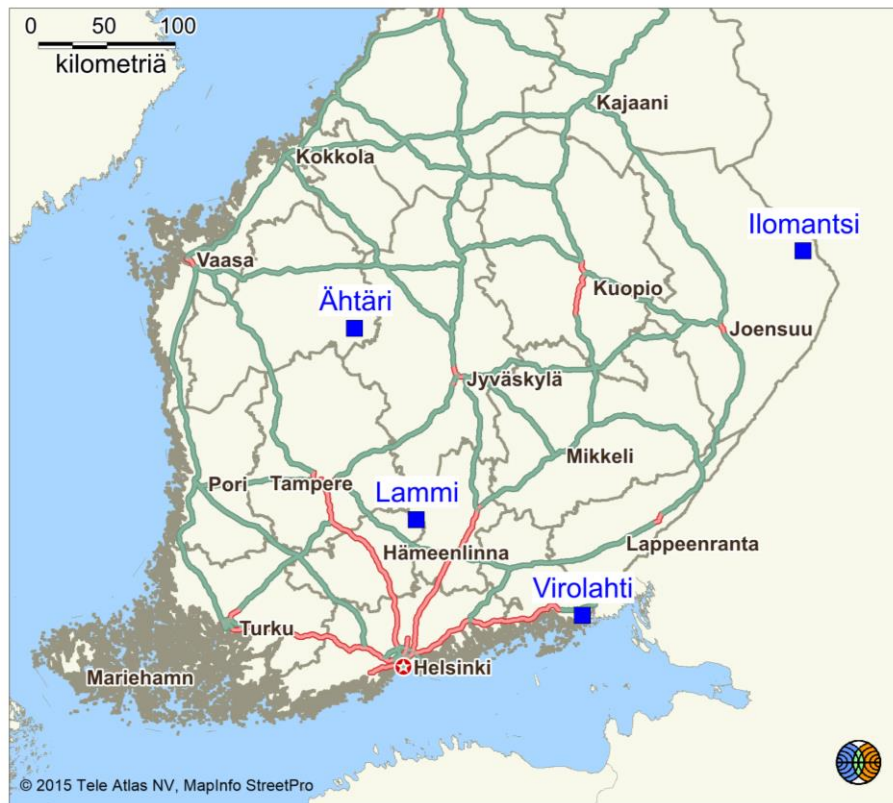
2. Mittausaseman edustavuuden arviointi ilman leviämismallituloksia (tausta-asema)

Seuraavassa on esitetty käytännön esimerkki edustavuuden arvioinnista otsonimittauksille Virolahden tausta-asemalla kun päästöjen leviämismallituloksia ei ole käytettävissä. Ilmatieteen laitoksen Virolahden tausta-asema sijaitsee Kaakkois-Suomessa, noin 6 km päässä Venäjän rajasta ja noin 3 km päässä Suomenlahden rannikosta. Asema sijaitsee pellon reunassa noin sadan metrin päässä metsän rajasta. Noin 300 metrin päässä asemasta etelälounaaseen sijaitsee maatilan päärakennus pihapiireineen. Lähimmät muut asuinrakennukset ovat 0,5–1 km päässä mittausasemasta. Asemasta etelään on noin 100 metrin päässä hiekkatie ja noin 300 metrin päässä idässä asfaltoitu maantie. Ympäristössä on laajoja metsäisiä kallio-moreeni-selänteitä (+ 10–40 mmpy, korkeimmat avokalliokohoumat yli + 60 mmpy) sekä kuivia harjukankaita (+ 10–20 mmpy, harjujen laet noin + 40 mmpy). Laajemmat murroslaaksot rannikon tuntumassa ovat paikoin soistunutta ruoikkoa (+ 0–5 mmpy), muuten pääosin peltosavikkoa (+ 5–15 mmpy).

Vaiheessa I otsonin vuosikeskiarvopitoisuuksia tarkasteltiin kolmen vuoden (2014–2016) ajalta neljältä Ilmatieteen laitoksen tausta-asemalta (kuva 10). Pitoisuuksista laskettiin kolmen vuoden keskiarvot, jotka olivat:

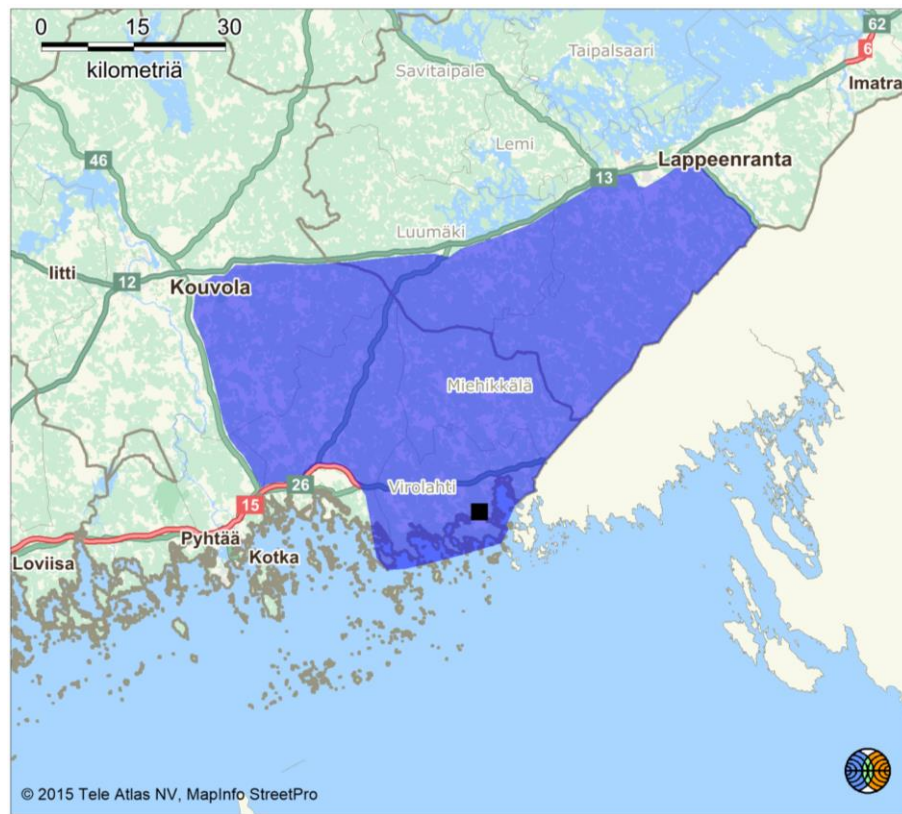
- Virolahti 52,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ilomantsi 56,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ähtäri 52,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Lammi 48,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tässä harjoituksessa testattiin otsonimittauksen vuosikeskiarvopitoisuuksien vaihteluväliä $\pm 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Virolahden mittausasemalla tämä pitoisuuksien vaihteluväli olisi näin ollen 48,0–56,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ähtärin ja Lammin tausta-asemien mittaustulokset ovat Virolahteen verrattuna tämän vaihteluvälin sisällä eli ensimmäisen vaiheen tarkastelussa ne kuuluisivat samaan edustavuusalueeseen Virolahden otsonimittauksen kanssa. Ilomantsissa mitatut pitoisuudet olivat juuri vaihteluvälin ulkopuolella, eli Ilomantsi eroaisi omaksi alueekseen jo ensimmäisen vaiheenkin tarkastelussa.



Kuva 10. Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausasemien sijainti merkittynä sinisillä neliöillä. Virolahden mittausasema sijaitsee Kaakkois-Suomessa aivan lähellä Venäjän rajaa.

Pitoisuuksien vaihteluväliehdon rajaamaa erittäin suurta aluetta tarkasteltiin seuraavassa vaiheessa (vaihe II) lähemmin kartalla. Ensimmäisenä rajoittavan tekijänä pidettiin 100 km etäisyyttä mittausasemalta. Ottamalla huomioon alueen topografia ja maankäyttö, aluetta voitiin edelleen rajata tarkemmaksi. Virolahden tausta-aseman otsonimittauksen edustavuusalueeksi arvioitiin karkeasti topografian perusteella alue, joka rajautuu lännessä Kymijokilaaksoon, pohjoisessa Salpausselkään, idässä Saimaan kanavaan ja Venäjän rajaan ja etelässä rannikkolinjaan. Alueesta rajattiin ulkopuolelle sellaiset alueet, jotka eivät maankäytön perusteella selkeästi kuulu tausta-aseman edustamaan alueeseen, eli suurimmat valtatiet ja suurimmat kaupungit (Kouvola, Kotka, Hamina ja Lappeenranta). Tällöin alueen pinta-alaksi saatiin 3 240 km² (kuva 11).



Kuva 11. Virolahden tausta-aseman otsonimittauksen arvioitu edustavuusalue esitettyinä sinisellä värillä. Alueen pinta-ala on 3 240 km². Mittausaseman sijainti on merkitty mustalla neliöllä.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Erik Palménin aukio 1
P.O. Box 503
FI-00560 HELSINKI
tel. +358 29 539 1000
WWW.FMI.FI

RAPORTTEJA-RAPORTER-REPORTS 2019:4
ISSN 0782-6079

ISBN 978-952-336-074-7 (pdf)
Helsinki 2019

