

Alueelliset ympäristöjulkaisut

383

Jarmo Osmo, Harri Pietarila, Pasi Rautio, Timo Salmi, Jari Waldén

Malli ilmanlaadun alueelliseksi
seurantaohjelmaksi

VAASA 2005

LÄNSI-SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 952-11-1974-8
ISBN 952-11-1975-6 (PDF)
ISSN 1238-8610

MML, Lupa 7/MYY/05

Kansikuva: Marita Björkström
Takakannen kuva: Liisa Maria Rautio
Taitto: Tiina Lähdemäki
Paino: Ykkös-Offset, Vaasa 2005

Sisälllys

<i>Alkusanat</i>	5
1. JOHDANTO	6
2. ILMANLAADUN SEURANNAN LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN TAUSTA	7
2.1 Ympäristönsuojelulaki ja -asetus	7
2.2 Valtioneuvoston asetukset	8
2.2.1 Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001)	9
2.2.2 Valtioneuvoston asetus alailmakehän otsonista (783/2003)	12
2.3 Muut säädökset	13
2.3.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (2004/107/EY).....	13
2.3.2 Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikki laskeuman tavoitearvosta (480/96)	14
3. ILMANLAADUN SEURANTAMENETELMÄT	16
3.1 Päästökartoitukset	17
3.2 Leviämismallilaskelmat	18
3.3 Ilmanlaadun mittaukset	19
3.4 Biologiset vaikutuskartoitukset	20
4. ILMANLAADUN SEURANTA-ALUEEN PÄÄSTÖTILANTEEN SELVITTÄMINEN	21
4.1 Päästötietojen lähteet.....	21
4.2 Päästötilanne Länsi-Suomen seuranta-alueella.....	26
4.2.1 Taustatietoja alueesta.....	26
4.2.2 Päästöt ilmaan eri sektoreilla	27
4.2.3 Yhteenvedo tärkeimmistä päästökomponenteista	31
4.2.4 Päästöjen alueellinen jakautuminen	33
5. ILMANLAADUN ARVIOINTI SEURANTA-ALUEELLA	36
5.1 Ilmanlaadun alustava arviointi	36
5.2 Ilmatieteen laitoksen tausta-asetat	37
5.3 Kuntien ilmanlaatumittaukset	37
5.4 Leviämismallilaskelmat	40
5.5 Ilmanlaadun arviointi Länsi-Suomen seuranta-alueella	40
5.5.1 Rikkidioksidi	40
5.5.2 Typen oksidit	45
5.5.3 Hiukkaspitoisuudet.....	49
5.5.4 Otsoni	51
5.5.5 Hiilimonoksidi	54
5.5.6 Pelkistyneet rikkiyhdisteet.....	55
5.5.7 Rikki- ja typpilaskeuma	55
5.5.8 Muut ilman epäpuhtaudet	59
6. ILMANLAADUN MITTAUSTEN LAATUTAVOITTEET	62
6.1 Lainsäädännön asettamat vaatimukset	62
6.2 Mittausten laadunvarmennustoimet	64

6.2.1 Laadunvarmennustoimet kaasumaisten yhdisteiden jatkuvatoimisille mittauksille.....	65
6.2.2 Hiukkasmittausten laadunvarmennustoimet.....	67
7. BIOINDIKAATTORIT LUONTOVAIKUTUSTEN TARKKAILUSSA	68
7.1 Bioindikaattorimenetelmien taustaa	68
7.1.1 Standardointi.....	70
7.1.2 Näytepisteiden valinta	71
7.2 Luontovaikutusten seuranta Länsi-Suomen alueella	72
7.2.1 Näytepisteverkko tausta-alueella	72
7.2.2 Esimerkkitapaus.....	74
7.2.3 Näytepisteverkko päästölähteiden ja asutuskeskusten lähistöllä.....	76
7.2.4 Näytteiden keruu ja analysointi	79
7.2.5 Tulosten raportointi.....	79
7.2.6 Esimerkkejä alueella tehdyistä bioindikaatio tutkimuksista.....	80
8. LÄNSI-SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN ALUEEN ILMANLAADUN JA SEN LUONTOVAIKUTUSTEN SEURANTASUUNNITELMA	82
8.1 Päästötilanteen kartoittaminen.....	82
8.2 Ilmanlaadun seuranta mittaamalla.....	83
8.2.1 Rikkidioksidi	85
8.2.2 Typpidioksidi.....	86
8.2.3 Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀).....	87
8.2.4 Lyijy	87
8.2.5 Hiilimonoksidi	87
8.2.6 Bentseeni	88
8.2.7 Otsoni	89
8.2.8 Haisevat rikkiyhdisteet.....	89
8.2.9 Pienhiukkaset (PM _{2,5})	89
8.2.10 Kokonaisleijuma.....	90
8.2.11 Arseeni, raskasmetallit ja PAH-yhdisteet	90
8.2.12 Laskeumien seuranta	91
8.3 Muu ilmanlaadun seuranta	92
8.3.1 Alueellisten typenoksidi- ja hiukkaspitoisuuksien arviointi leviämismalleilla	92
8.3.2 Erillisselvityksinä tehtävät päästöjen leviämistutkimukset.....	92
8.3.3 Hiilivedyt, pölyt ja hajut	93
8.4 Tutkimusalueen ilmanlaadun parantaminen	94
8.5 Ilmanlaadusta tiedottaminen	95
8.6 Luontovaikutusten selvittäminen	96
9. LÄHTEET	99
<i>Liitteet</i>	<i>101</i>
<i>Kuvailusivut</i>	<i>120</i>

Alkusanat

Ilmansuojelua koskevassa lainsäädännössä alueellinen näkökulma on korostunut aikaisempaa voimakkaammin. Tämän vuoksi Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa syntyi ajatus alueellisesta ilmanlaadun seurantasuunnitelmasta, joka vastaisi sekä lainsäädännön vaatimuksiin että täyttäisi paikallisista tarpeista aiheutuvan ilmanlaadun seurannan tarpeen. Seurantasuunnitelman tulisi yhdistää alueen kuntien, toiminnanharjoittajien ja alueellisen ympäristökeskuksen tarpeet seurannan suhteen.

Ympäristöministeriön, Ilmatieteen laitoksen, Metsäntutkimuslaitoksen ja paikallisten ilmanlaadun seurantaryhmien osallistumisen ansiosta suunnitelman taustoista ja perusteista voitiin tehdä tavanomaista perusteellisempi kuvaus, josta toivottavasti on hyötyä myös muiden ilmanlaadun seuranta-alueiden ilmanlaadun seurantasuunnitelmaa tehtäessä.

Raportin valmistumista on ohjattu johtoryhmässä, jonka työssä ovat olleet Aulis Rantala (Länsi-Suomen ympäristökeskus, puheenjohtaja), Bertil Hällis (Pietarsaaren kaupunki), Risto Koljonen (Kokkolan kaupunki), Pirjo Korhonen (Seinäjoen seudun terveystyöntekijä), Harriet Perus-Marander ja Maria Nylund, (Närpiön kansanterveystyön kuntayhtymä), Jan Sandberg (Vaasan kaupunki), Teemu Virtanen (Pirkanmaan ympäristökeskus), Tarja Lahtinen (Ympäristöministeriö, työn valvoja) sekä raportin kirjoittajat.

Raporttia on kirjoitettu työryhmässä, jossa ovat olleet mukana Jarmo Osmo (Länsi-Suomen ympäristökeskus), Harri Pietarila (Ilmatieteen laitos), Pasi Rautio (Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema), Timo Salmi (Ilmatieteen laitos) ja Jari Waldén (Ilmatieteen laitos). Ryhmässä on käyty läpi koko raportin teksti, mutta päävastuu eri kappaleiden kirjoittamisesta on kuitenkin ollut henkilöillä, jotka on mainittu kappaleiden alussa. Raportin on toimittanut Jarmo Osmo.

Projektin suunnitteluun merkittävän panoksen ovat antaneet Ann-Mari Häkinen ja Liisa-Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta. Raportin kirjoittajat haluavat kiittää myös seuraavia henkilöitä suuresta avusta työn varrella: Birgitta Alaviippola (Ilmatieteen laitos), Marita Björkström (Länsi-Suomen ympäristökeskus), Niko Karvosenoja (Suomen ympäristökeskus), Hannu Latvajärvi (Metla, Parkanon tutkimusasema), Tiina Lähdemäki (Länsi-Suomen ympäristökeskus), Jarmo Mäkinen (Metla, Parkanon tutkimusasema), Risto Pesonen (Ilmatieteen laitos), Timo Rasila (Ilmatieteen laitos), Jarmo Sinko (Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus).



Kuva: Marita Björkström

1

JOHDANTO

Ilmansuojelun tavoitteena on ehkäistä ihmisen toiminnasta aiheutuva ilman pilaantuminen ja siten poistaa ja vähentää siitä aiheutuvia haittoja. Tämän tavoitteen toteuttamiseksi lainsäädännössä on annettu määräyksiä eri osapuolten, kuten toiminnanharjoittajien, kuntien ja valtion viranomaisten velvollisuuksista ilmansuojelussa. Tärkeimmät säädökset tässä suhteessa ovat ympäristönsuojelulaki ja -asetus sekä valtioneuvoston asetukset ilmanlaadusta ja alailmakehän otsonista.

Koska eri toimijoille annetut ilmansuojelutehtävät perustuvat samaan lainsäädäntöön ja tähtäävät samaan päämäärään, niin tehtäviä on useimmiten tarkoituksenmukaista hoitaa yhteistyössä. Ilmanlaadun seurannassa yhteistyö onkin toteutunut lähes kaikkialla paikallisena yhteistyönä kuntien ja toiminnanharjoittajien kesken. Alueellisten ympäristökeskusten rooli on useimmiten jäänyt taustalle, kun alueen ilmanlaadun seuranta on toteutettu lainsäädännön vaatimukset täyttävällä tavalla paikkakuntaakohtaisesti. Alueellisella tarkastelulla ja yhteistyöllä olisi kuitenkin saavutettavissa monia etuja, kuten kustannustehokkuutta.

Neuvoston direktiivissä ilmanlaadun arvioinnista ja hallinnasta (1996/62/EY) määritellään ilmanlaadun arvioinnille asetettavat yleiset vaatimukset niin sanotuissa väestökeskitymissä ja muilla jäsenvaltioiden rajaamalla ilmanlaadun seuranta-alueilla. Direktiivin säännökset on saatettu kansallisesti voimaan osin ympäristönsuojelulaille (86/2000) ja osin valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta (711/2001). Seuranta-alueet on määritelty ilmanlaatuasetuksessa koostumaan yhden tai useamman alueellisen ympäristökeskuksen toimialueesta. Väestökeskitymäksi, jolla tarkoitetaan vähintään 250 000 asukkaan taajaan rakennettua aluetta, on Suomessa määritelty ainoastaan pääkaupunkiseutu.

Ilmanlaatuasetus kannustaa siten ilmanlaadun seurannassa alueelliseen yhteistyöhön määrittelemällä epäpuhtauksille seuranta-alueet ja antamalla määräyksiä ilmanlaadun seurannan järjestämisestä seuranta-alueella. Alueellisen ympäristökeskuksen tehtävä on nyt myös huolehtia siitä, että niiden alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin ja varmistaa, että tarpeelliset seurantatiedot toimitetaan merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Tämä tarkoittaa sitä, että muun muassa mittausasemien määrän on oltava riittävä niillä seuranta-alueilla, joilla mittaukset ovat pakollisia, ja että raja-arvoja valvovat asemat on sijoitettu ohjeiden mukaisesti, mittausten laatu ja laadunvarmistuksen taso vastaavat mittausten tavoitteita ja että mittaustuloksista tiedottaminen ja tietojen saatavuus on järjestetty ilmanlaatuasetuksen mukaisesti.



Kuva: Marita Björkström

ILMANLAADUN SEURANNAN LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN TAUSTA

2

Jarmo Osmo & Timo Salmi

2.1 Ympäristönsuojelulaki ja -asetus

Suomessa ilmanlaadun seurantaan säätelee ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja -asetus (169/2000). Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista sekä poistaa ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia haittoja. Tässä tarkoituksessa valtioneuvosto voi ympäristönsuojelulain nojalla antaa asetuksella tarpeellisia säännöksiä ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi sekä ympäristöministeriö tarkempia ohjeita lain täytäntöön panemiseksi.

Ympäristöministeriölle kuuluu ympäristönsuojelun yleinen ohjaus, seuranta ja kehittäminen. Alueellinen ympäristökeskus ohjaa ja edistää laissa säädettyjen tehtävien hoitamista alueellaan ja valvoo säädösten noudattamista. Kunnan on ympäristönsuojelulain mukaan huolehdittava paikallisten olojen edellyttämästä ympäristön tilan seurannasta alueellaan.

Kunnan on lisäksi ilmanlaadun turvaamiseksi varauduttava käytettävissään olevin keinoin toimiin, joilla estetään valtioneuvoston asetukseen perustuvan ilmanlaadun raja-arvon mahdollinen ylittyminen kunnan alueella. Raja-arvon ylitymisestä on tiedotettava ja varoitettava väestöä. Jos ilmanlaadun raja-arvo ylittyy, kunnan on ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin tai annettava määräyksiä liikenteen rajoittamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi.

Ympäristönsuojelulain mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan harjoittajalla on velvollisuus huolehtia ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä ja tässä tarkoituksessa oltava riittävästi selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista. Toiminnanharjoittajan velvoitteet ympäristön tilan seurantaan konkretisoituvat usein ympäristöluvan yhteydessä. Lupaviranomainen voi tarvittaessa määrätä useat luvanhaltijat yhdessä tarkkailemaan toimintojensa vaikutuksia. Tarkkailumääräyksiä ja hyväksytyä tarkkailusuunnitelmaa voidaan tarvittaessa muuttaa luvan voimassaolosta huolimatta.

2.2 Valtioneuvoston asetukset

Ympäristönsuojelulaille ja vuonna 2001 annetulla valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta (711/2001, myöhemmin ilmanlaatuasetus) on pantu kansallisesti täytäntöön ilmanlaatua koskeva neuvoston puitedirektiivi ja kaksi tytärdirektiiviä (Neuvoston direktiivi 1996/62/EY ilmanlaadun arvioinnista ja hallinnasta, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/30/EY ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin, ja typen oksidien, hiukkasten ja lyijyn pitoisuuksien raja-arvoista sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/69/EY ilmassa olevan bentseenin ja hiilimonoksidin raja-arvoista).

Vuonna 2003 annetulla valtioneuvoston asetuksella alailmakehän otsonista (783/2003, myöhemmin otsoniasetus) pantiin täytäntöön kolmas ilmanlaadun tytärdirektiivi (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi/EY ilman otsonista). Neljäs tytärdirektiivi (2004/107/EY), joka käsittelee eräiden raskasmetallien (arseeni, kadmium, elohopea ja nikkeli) ja polysyklisen aromaattisen hiilivetyjen (PAH-yhdisteet) esiintymistä ulkoilmassa, tuli voimaan 15.2.2005 ja se on pantava kansallisesti täytäntöön kahden vuoden kuluessa voimaantulosta. Voimassa ovat lisäksi valtioneuvoston päätöksen (480/1996) mukaiset ilmanlaadun terveysperusteiset ohjearvot ja rikkilaskeuman tavoitearvo.

Ohjearvot on tarkoitettu otettavaksi huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä. Raja-arvot puolestaan määrittävät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joiden ylittyminen ilmansuojeluviranomaisten on käytettävissä olevin keinoin estettävä. Otsonin tavoitearvot vuodelle 2010 ja pitkän ajan tavoitteet ovat otsonin syntymekanismien vuoksi luonteeltaan vähemmän sitovia, ja näihin tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti kansainvälisin ja valtakunnallisoin toimin.

Taulukko 1. Ilmanlaatuasetuksen mukaiset raja-arvot.

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Terveysperusteiset raja-arvot				
Rikkidioksidi (SO ₂)	1 tunti	350	24	1.1.2005
	24 tuntia	125	3	1.1.2005
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200	18	1.1.2010
	Kalenterivuosi	40	-	1.1.2010
Hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50 ¹⁾	35	1.1.2005
	Kalenterivuosi	40 ¹⁾	-	1.1.2005
Lyijy (Pb)	Kalenterivuosi	0,5 ¹⁾	-	15.8.2001
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia ²⁾	10 000	-	1.1.2005
Bentseeni (C ₆ H ₆)	Kalenterivuosi	5	-	1.1.2010
Raja-arvot kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi				
Rikkidioksidi (SO ₂)	Kalenterivuosi ja 1.10. – 31.3	20	-	15.8.2001
Typen oksidit (NO _x)	Kalenterivuosi	30	-	15.8.2001

1) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

2) Vuorokauden korkein 8 tunnin keskiarvo, joka valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona jakso päättyy

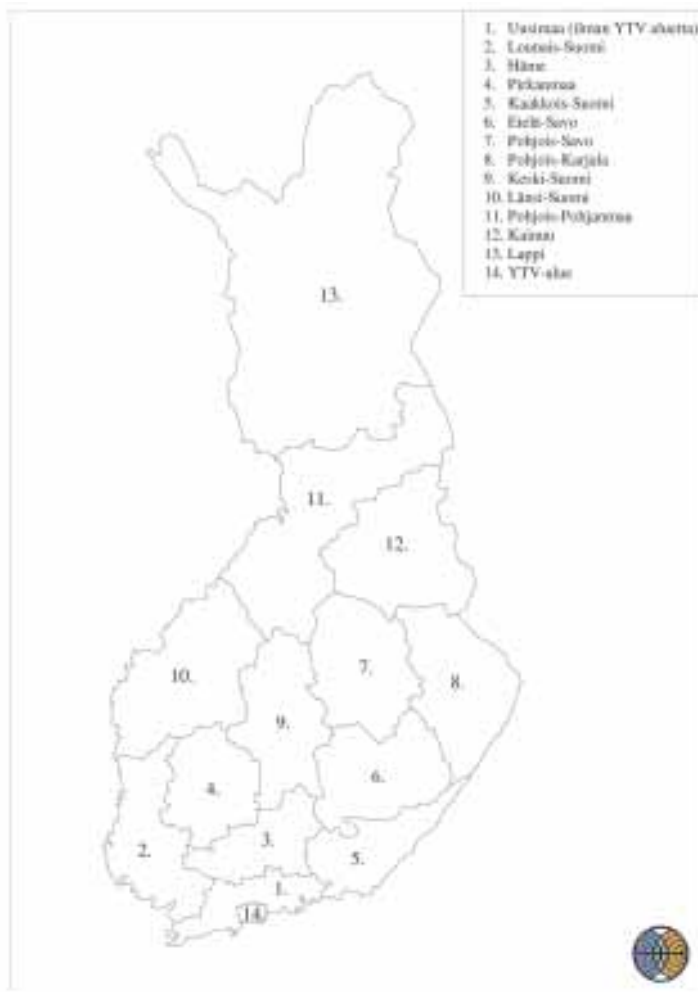
2.2.1 Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001)

Asetuksella annetaan raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi sekä määräjat, joihin mennessä raja-arvot on viimeistään alitettava. Raja-arvot on esitetty taulukossa 1.

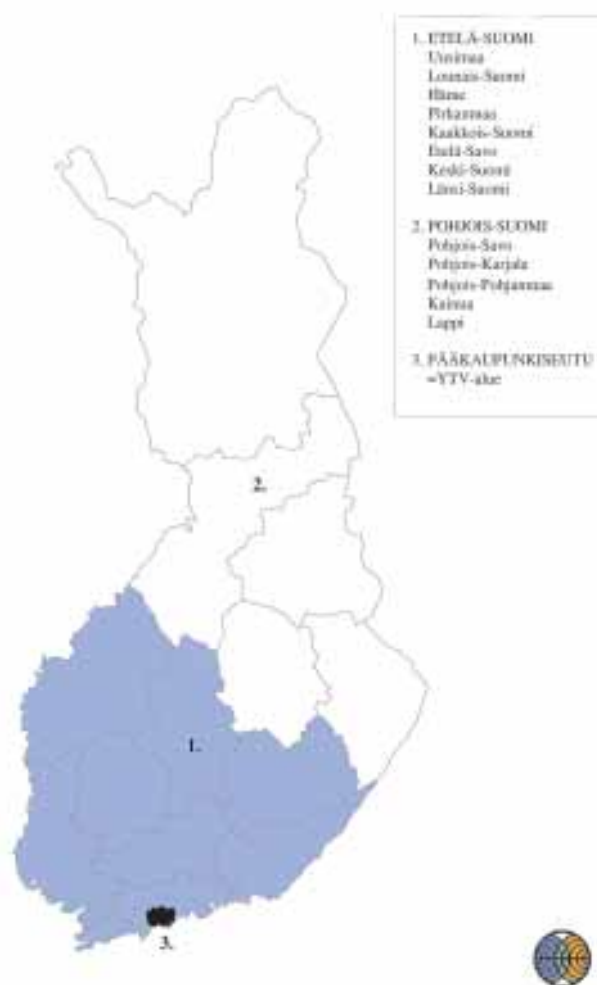
Raja-arvojen lisäksi ilmanlaatuasetuksessa on määritelty varoituskynnykset rikkidioksidin ja typpidioksidin tuntiarvoille. Rikkidioksidin varoituskynnys on $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja typpidioksidin $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa) mitattuna kolmen perättäisen tunnin aikana.

Asetuksen siirtymäsäännöksessä annetaan eräitä määräyksiä EY:n vanhojen ilmanlaadun raja-arvojen soveltamisesta. Rikkidioksidin ja kokonaisleijuman (TSP) osalta näiden vanhojen raja-arvojen soveltaminen päättyi 1.1.2005. Typpidioksidin osalta uudet raja-arvot tulee alittaa viimeistään 1.1.2010 mennessä, ja siihen saakka typpidioksidin vuosipitoisuus ei saa ylittää raja-arvoa $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipiste).

Asetuksessa säädetään myös ilmanlaadun seuranta-alueista ja seurannan järjestämisestä näillä alueilla. Seuranta-alueet, pääkaupunkiseutua lukuun ottamatta, muodostuvat yhden tai useamman alueellisen ympäristökeskuksen toimialueesta. Pääkaupunkiseutu muodostaa itsenäisen ilmanlaadun seuranta-alueen eli niin sanotun väestökeskittymän, jolla tarkoitetaan vähintään 250 000 asukkaan taajaan rakennettua aluetta. Seuranta-alueet on esitetty kuvissa 1 ja 2.



Kuva 1. Rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten (PM_{10}), lyijyn ja hiilimonoksidin seuranta-alueet.

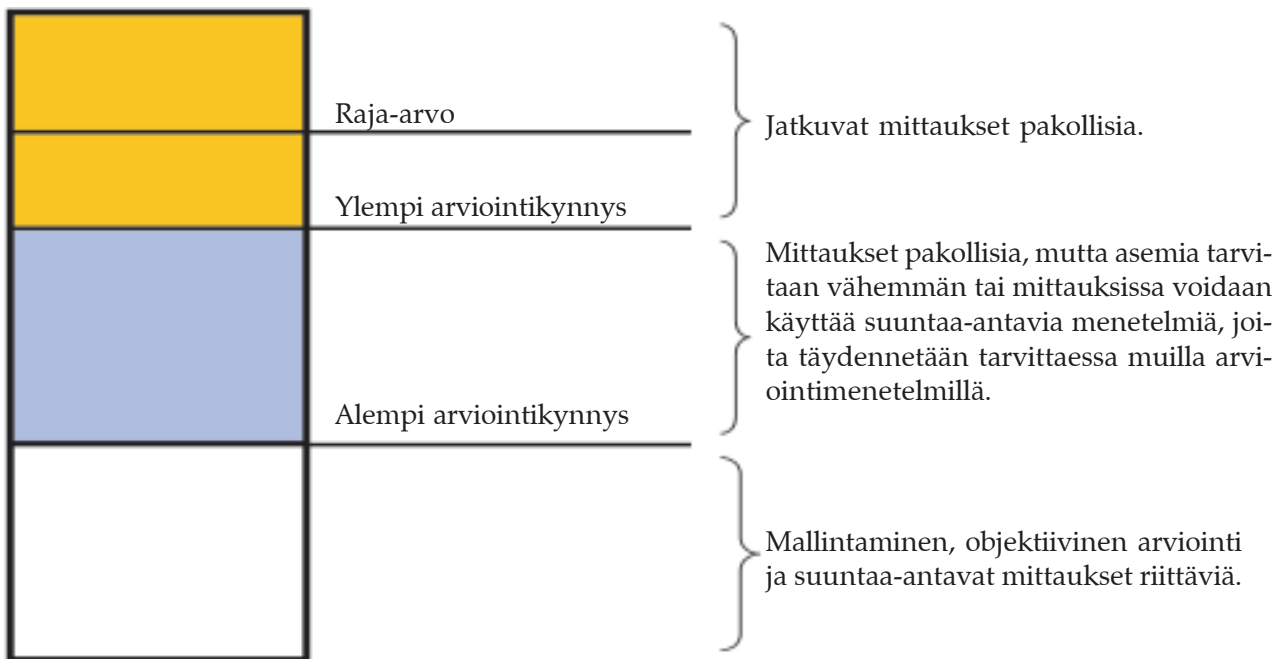


Kuva 2. Bentseenin seuranta-alueet.

Velvoite arvioida ilmanlaatua koskee koko seuranta-alueetta. Mittauksilta ja muilta seurantamenetelmiltä vaadittu laatutaso ja kattavuus määräytyvät seuranta-alueella havaittujen korkeimpien pitoisuuksien perusteella (Kuva 3, LIITE 1).

Jos korkeimmat pitoisuudet seuranta-alueella ylittävät raja-arvon tai niin sanotun ylemmän arviointikynnyksen, on käytettävä asetuksessa määritellyjä vertailumenetelmiä tai niiden kanssa ekvivalentteja menetelmiä ja mittausten tulee olla pääsääntöisesti jatkuvia. Väestökeskittymissä edellytetään rikkidioksidin ja typpidioksidin jatkuvatoimisia mittauksia pitoisuuksista riippumatta.

Jos pitoisuudet jäävät ylemmän arviointikynnyksen alapuolelle, mutta ylittävät alemman arviointikynnyksen, ilmanlaadun seurantaan voidaan käyttää suuntaa antavia mittausmenetelmiä täydennettynä tarvittaessa mallintamismenetelmillä. Jos pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, menetelmäksi riittää mallintaminen tai muut ilmanlaadun arviointimenetelmät kuten päästökartoitukset. Mittausvelvoite määritellään viiden vuoden mittaus tulosten perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, jos viiden vuoden jaksolla arviointikynnys ylittyy vähintään kolmena vuonna.



Kuva 3. Seurantaveloitteiden määrätyminen seuranta-alueen korkeimpien pitoisuuksien perusteella. (Lähde: *Guidance on Assessment under the EU Air Quality Directives*)

Asetuksen mukaan mittausasemien lukumäärän ja seurantamenetelmien on oltava riittävät ilmanlaadun arvioimiseksi terveyshaittojen ehkäisemisen sekä kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelun kannalta. Erityisesti tulee kerätä tietoja pitoisuuksista, jotka edustavat väestön yleistä altistumista sekä altistumista korkeimmille pitoisuuksille. Tarvittavaa mittausasemien lukumäärää voidaan arvioida Euroopan yhteisön ilmanlaatudirektiiveissä olevien taulukoiden avulla (LIITE 2). Mittausasemien lukumäärä määräytyy seuranta-alueen asukasluvun ja pitoisuustasojen mukaan. Taulukon määrittelemä mittausasemien lukumäärä kattaa kuitenkin vain tieliikenteen ja muiden hajakuormituslähteiden perusteella tarvittavan seurannan. Pistelähteiden aiheuttama mittaustarve on määriteltävä aina tapauskohtaisesti erikseen. Typpidioksidin, bentseenin, hiilimonoksidin ja hiukkasten mittausasemiin on kuuluttava vähintään yksi kaupunkitaustaa ja yksi liikenneympäristöä edustava asema silloin, kun pitoisuudet ylittävät ylemmän arviointikynnyksen ja seuranta-alueen väestömäärä ylittää 250 000.

Riittävän ja edustavan kuvan saaminen seuranta-alueen ilmanlaadusta voi olla vaikeata, jos mittausasemia on vähän suhteessa seuranta-alueen pinta-alaan tai jos seuranta-alueella pitoisuudet ja altistuminen epäpuhtauksille vaihtelevat hyvin paljon. Toisaalta ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää täydentäviä arviointimenetelmiä, kuten ilmanlaadun mallintamista. Mittauksista ja mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan myöskin käyttää hyväksi arvioitaessa muiden oloiltaan vastaavanlaisten alueiden ilmanlaatua. Mallien käyttö ilmanlaadun arvioinnissa on lisääntynyt viime vuosina erityisesti suurissa eurooppalaisissa kaupungeissa, kuten Lontoo, Berliini ja Pariisi, mutta mallien käyttöön raja-arvojen seurannassa liittyy tiettyjä reunaehtoja. Raja-arvojen seurannalla tarkoitetaan usein käytännössä jatkuvaa seurantaa, jonka tulokset on raportoitava säännöllisesti EY:n komissiolle. Näin ollen, jos jatkuvat mittaukset (tai osa niistä) haluttaisiin korvata ilmanlaadun mallintamisella, olisi myös mallien tulokset raportoitava joka vuosi

asianmukaisesti päivitettyinä. Koska mallien käyttö ei ole yleisesti sillä tasolla, että tuloksia voitaisiin esittää ja raportoida säännöllisesti, olisi suositeltavaa, että kiinteiden mittausasemien määrä kullakin seuranta-alueella täyttäisi vähintään edellä tarkoitettujen direktiiveissä annetun asemien lukumäärää koskevat vaatimukset.

Ilmanlaadun jatkuvatoiminen seuranta palvelee kansalaisten oikeutta saada ympäristöstä koskevaa tietoa, ja ilmanlaatu- ja tietojen antaminen väestölle onkin yksi ilmanlaatuasetuksen keskeisiä tavoitteita. Tästä syystä on tärkeitä, että tiedot ovat helposti saatavilla esimerkiksi tietoverkkopalveluiden välityksellä. Tiedottamista ja tietojen toimittamista ympäristönsuojelun tietojärjestelmään on käsitelty lyhyesti kappaleessa 8.5.

Asianmukainen ja riittävä seuranta mahdollistaa tiedottamisen ja on lähtökohtana toimenpiteille, joiden tarkoituksena on ylläpitää ja parantaa ilmanlaatua. Seurantatieto auttaa kohdentamaan toimenpiteitä oikein. Toimet voivat olla tapauksesta riippuen paikallisia, alueellisia tai ne voivat koskea koko maata. Toisaalta toimenpiteet voidaan jakaa lyhyen ja pitkän aikavälin toimiin. Jaottelu voidaan tehdä myös sen mukaan, ovatko kyseessä yleiset päästömääräykset, laitospöly- tai lupamenettely vai esimerkiksi toimintojen sijoittamiseen ja alueidenkäytön suunnitteluun liittyvät toimet ja päätöksentekomenettelyt, joissa ilmanlaadun raja- ja ohje- ja arvot on otettava huomioon.

Kuntien rooli ilmanlaadun hallinnassa on merkittävä, sillä kunnat ovat vastuussa ilmanlaadun seurannasta ja tarpeellisista toimenpiteistä ilmanlaadun parantamiseksi sekä hoitavat ympäristölupaviranomaisen tehtäviä. Jos ilmanlaadun raja-arvo ylittyy tai on vaarassa ylittyä, kunnan on laadittava ja toimeenpantava ilmanlaatuasetuksen mukaisia suunnitelmia tai ohjelmia, joilla ylittyminen estetään säädettyissä määrärajoissa. Ilmanlaadun turvaamisesta akuuteissa tilanteissa säädetään lisäksi ympäristönsuojelulaissa. Voimassa olevien raja-arvojen ylittyminen ei tosin ole Suomessa kovin todennäköistä, mutta erityisesti hengitettävien hiukkasten (PM10) osalta ylitykset ovat mahdollisia. Jos hengitettävien hiukkasten raja-arvot ylittyvät hiekoituksesta aiheutuvan hiukkaskuormituksen vuoksi, kuntien ei ole tarpeen laatia edellä tarkoitettuja ohjelmia raja-arvojen alittamiseksi, mutta niiden tulee laatia mahdollisimman yksityiskohtainen selvitys asiasta ja pitoisuuksien pienentämiseksi tehdyistä toimenpiteistä. Ensimmäinen tällainen selvitys on tehty Helsingissä (Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Selvitys hiekoituksen aiheuttamasta raja-arvon ylittymisestä vuonna 2003), ja se on toimitettu tiedoksi EY:n komissiolle.

2.2.2 Valtioneuvoston asetus alilmakehän otsonista (783/2003)

Otsoniasetus määrittelee tavoitearvot, pitkän ajan tavoitteet sekä varoitus- ja tiedotuskynnyksen otsonin pitoisuuksille. Tavoitteet on määritelty erikseen terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden suojelemiseksi. Tavoitearvot on esitetty taulukossa 2.

Otsonin tiedotuskynnykseksi asetuksessa on säädetty $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa) tuntikeskiarvona ja varoituskynnykseksi $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa). Asetus ottaa huomioon otsonin erityisluonteen ilmakehässä syntyvänä epäpuhtautena, ja korostaa sen vuoksi kansainvälisiä ja valtakunnallisia toimia, joista tärkeimpiä ovat Ilmansuojeluohjelman 2010 toimeenpano ja sen mukaisten kansallisten päästökattojen saavuttaminen.

Taulukko 2. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset otsonin tavoitearvot.

Aine	Tilastollinen määrittely	Tavoitearvo vuodelle 2010 (293 K, 101,3 kPa)	Pitkän ajan tavoite (293 K, 101,3 kPa)
Otsoni (O ₃)	Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo ¹⁾	120 µg/m ³ (enintään 25 ylitystä kolmen vuoden keskiarvona)	120 µg/m ³ ei ylityksiä
	AOT40 ²⁾ laskettuna 1.5.-31.7. ajan tunti-arvoista, jotka mitataan klo 9.00-21.00 välisenä aikana Suomen normaaliaikaa, joka on klo 10.00-22.00 Suomen kesäaikaa	18 000 µg/m ³ h (viiden vuoden keskiarvona)	6 000 µg/m ³ h

1) Vuorokauden korkein 8 tunnin keskiarvo, joka valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona jakso päättyy.

2) AOT 40 tarkoittaa otsonin kuormitusta, joka ilmaistään 80 µg/m³ (=40 ppb) ylittävien otsonin tuntipitoisuuksien ja 80 µg/m³ erotuksen kumulatiivisena summana laskettuna päivittäisistä tunti-arvoista.

Asetuksessa Suomi jaetaan kahteen seuranta-alueeseen: pääkaupunkiseutu (YTV-alue) ja muu Suomi. Otsonin jatkuvia mittauksia tulee tehdä seuranta-alueilla, joilla otsonin pitkän ajan tavoite on ylittynyt jonkin viimeksi kuluneen viiden vuoden aikana. Mittausasemat jaetaan neljään tyyppiin: kaupunki, esikaupunki, maaseutu ja maaseututausta. Koska otsonia muodostavat niin sanotut prekursoriyhdisteet vaikuttavat otsonipitoisuuksiin, edellytetään asetuksessa näiden yhdisteiden monipuolista seuranta vähintään yhdellä otsonimittausasemalla. Typpidioksidia on seurattava jatkuvien mittauksin vähintään joka toisella otsonia valvovalla asemalla lukuun ottamatta maaseututausta-asemia. Ilmatieteen laitos huolehtii otsonin seurannasta maaseututausta-asemilla ja mittaa prekursoriyhdisteitä Utössä ja Sammaltunturilla.

2.3 Muut säädökset

2.3.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (2004/107/EY)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, joka koskee tiettyjen metallien ja polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia ulkoilmassa hyväksyttiin joulukuussa 2004. Direktiivi tuli voimaan 15.2.2005, ja se tulee panna täytäntöön kansallisesti kahden vuoden kuluessa voimaantulosta.

Arseni, kadmium, nikkeli ja eräät polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat tutkimusten mukaan karsinogeenisiä, eikä niille ole voitu määrittää kynnsarvoja, joita alhaisemmat pitoisuudet eivät aiheuta terveysriskiä. Tämän vuoksi direktiivin tavoitteena on minimoida näiden aineiden ilmassa olevien pitoisuuksien haitalliset vaikutukset ja tässä tarkoituksessa aineille on asetettu tavoitearvot, jotka tulisi alittaa mahdollisimman hyvin vuoden 2012 loppuun mennessä. Tavoitearvot on esitetty taulukossa 3. Tavoitearvojen alittamiseksi ei vaadita toimenpiteitä, joista aiheutuisi kohtuuttomia kustannuksia. Teollisuuslaitoksissa toimenpiteiden tulee vastata parhaan käyttökelpoisen tekniikan tasoa, joka on määritelty parhaan tekniikan referenssiasiakirjoissa eli ns. BREF -asiakirjoissa. Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen aiheuttaman syöpäriskin merkkiaineena käytetään direktiivissä bentso(a)pyreeniä. Elohopealle ei ole säädettytavoitearvoa, mutta sen pitoisuuksia ja laskeumaa on seurattava.

Taulukko 3. Tavoitearvot eräille metalleille ja bentso(a)pyreenille.

Aine	Tilastollinen määrittely	Tavoitearvo ¹⁾ , joka tulisi saavuttaa 31.12.2012 mennessä
Arseeni	Kalenterivuosi	6 ng/m ³
Kadmium	Kalenterivuosi	5 ng/m ³
Nikkeli	Kalenterivuosi	20 ng/m ³
Bentso(a)pyreeni	Kalenterivuosi	1 ng/m ³

¹⁾ Pitoisuudet määritetään PM₁₀ fraktiosta.

Jos pitoisuudet ylittävät direktiivissä määritellyt arviointikynnykset, arseeniin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin seuranta on pakollista, mutta toisaalta seuranta edellytetään myös tausta-alueilla pitoisuuksista riippumatta. Suomessa tarvitaan kolme taustamittausasemaa (yksi tausta-asema kutakin 100 000 km²:n aluetta kohden) arseenin, kadmiumin, nikkelin, kaasumaisen elohopean kokonaisu määrän, bentso(a)pyreenin ja muiden merki-tyksellisten polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksien sekä arseenin, kadmiumin, nikkelin, elohopean, bentso(a)pyreenin ja muiden merkityksellisten polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen kokonaislaskeuman suuntaa antavia mittauksia varten. Mittausten perusteella saaduista pitoisuuksista ilmassa ja niiden laskeumista on tiedotettava säännöllisesti yleisölle.

Ilmatieteen laitos laatii direktiivin edellyttämän alustavan arvioinnin, jonka määrä valmistua kesäkuussa 2006. Arviointia tullaan käyttämään apuna kansallisten säädösten valmistelussa, ja sen perusteella on tarkoitus määrittää tarkemmin muun muassa seurantatarpeet Suomessa.

2.3.2 Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (480/96)

Ohjearvojen tavoitteena on, että niiden ylittyminen estetään ennakolta ja paikoissa joissa ne ylittyvät, ylittyminen pyritään estämään pitkällä aikavälillä. Ohjearvot on tarkoitettu sovellettavaksi erilaisessa suunnittelussa ja lupamenettelyissä. Ohjearvoja on siten sovellettu muun muassa ympäristölupaharkinnassa ja ilmanlaadun seurantavelvoitteita on asetettu ilmanlaatutilanteen selvittämiseksi suhteessa ohjearvoihin. Ohjearvoilla on edelleen merkitystä, erityisesti haisevien rikkijyhdisteiden ja kokonaisleijuman osalta. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi annetut ohjearvot on esitetty taulukossa 4.

Lisäksi päätöksessä on säädetty pitkän ajan tavoitearvo metsätalouksien keskimääräiselle rikkilaskeumalle. Tavoitearvo on 0,3 gS/m²/a. Verrattaessa laskeumaa tavoitearvoon on kuitenkin otettava huomioon kulloinkin kyseessä olevan alueen todellinen sietokyky ja se, että kriittiset kuormitukset on määritelty erikseen metsä- ja järviökosysteemeille. Rikin kriittinen kuormitus vaihtelee Suomen eri alueilla tyypillisesti välillä 0,1 - 0,4 gS/m²/a.

Taulukko 4. Valtioneuvoston päätöksen mukaiset ilmanlaadun ohjearvot.

Aine	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi (SO_2)	250	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	80	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO_2)	150	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hiukkaset, kokonaisleijuma	120	vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste
	50	vuosikeskiarvo
Hiukkaset (PM_{10})	70	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hiilimonoksidi (CO)	20 000	tuntiarvo
	8 000	tuntiarvojen liukuva 8 tunnin keskiarvo
Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaismäärä (TRS)	10	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo TRS ilmoitetaan rikkinä



Kuva: Marita Björkström

3

ILMANLAADUN SEURANTAMENETELMÄT

Harri Pietarila & Pasi Rautio

Ilmanlaadun seurannan sisältöön ja käytettävien selvitys- ja tutkimusmenetelmien valintaan vaikuttavat muun muassa pitoisuuksien taso suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä arviointikyynnyksiin, paikalliset ja alueelliset päästöt, niiden laatu, määrä ja ajallinen vaihtelu, päästölähteiden sijoittuminen altistuvaan väestöön ja elolliseen luontoon nähden sekä taustapitoisuudet ja -laskeumat. Ilmanlaatua voidaan seurata suoraan ja välillisin keinoin, mittauksen lisäksi leviämiselvityksin ja suuntaa-antavilla mittauksilla sekä karkeilla objektiivisella arvioinneilla esimerkiksi hyödyntämällä päästökartoituksin hankittuja tietoja. Ilmanlaadun vaikutuksia luontoon arvioidaan yleensä biologisin vaikutustutkimuksin.

Useimmissa maamme kunnissa ei ole tarvetta ilmanlaadun jatkuviin mittauksiin ilmanlaadun seurannassa, vaan käytettävät menetelmät voidaan valita niin, että niillä saadaan riittävät tiedot ilmanlaadun kehityksestä toistamalla tietyn tyyppisiä tutkimuksia tietyin välein (leviämiselvitykset, suuntaa-antavat mittaukset, objektiivinen arviointi). Esimerkiksi laitosten päästömuutosten vaikutuksista paikalliseen ilmanlaatuun saadaan usein tarpeelliset tiedot erilliselvityksillä, lähinnä leviämismallilaskelmilla, joiden kustannuksista vastaavat yleensä toiminnanharjoittajat. Ilmanlaadun seurantajärjestelmää suunniteltaessa on osattava ennakoida alueen päästöjen kehitystä niin, ettei sitouduta sellaiseen jatkuvaan ilmanlaadun seurantaan, joka osoittautuisi odotettavissa olevien päästömuutosten seurauksena pian tarpeettomaksi.

Ilmanlaadun seurantamenetelmien tulee:

- sopia tarkasteltavan ilman epäpuhtauden määrän, sen ilmassa olevan pitoisuuden, laskeuman tai vaikutusten arviointiin
- olla luotettava tai sellainen, että menetelmän luotettavuuteen vaikuttavat seikat voidaan arvioida ja ottaa huomioon tulosten käsittelyssä
- olla riittävän tarkka epäpuhtauksien määrän, pitoisuuden, vaikutusten sekä niiden ajallisten ja alueellisten erojen määrittämiseen

Seurantamenetelmiltä edellytetään, että ne ovat yleisesti hyväksytyjä käytötarkoitukseensa ja dokumentoitu riittävän tarkasti, niin että eri henkilöt pystyvät käyttämään niitä samalla tavalla ja toistamaan niillä tehtäviä selvityksiä vertailukelpoisesti. Menetelmiä käytettäessä on huolehdittava asianmukaisesta laadunvarmistuksesta säännöllisesti ja riittävän usein. Menetelmien käyttäjän on tunnettava seurannan luotettavuuteen ja tulosten oikeellisuuteen vaikuttavat tekijät, mikä edellyttää tarvittavaa koulutusta ja kokemusta. Lisäksi seurannan tulosten epävarmuudet tulisi kyetä arvioimaan.

3.1 Päästökartoitukset

Päästötietoja voidaan käyttää ilmanlaadun arviointiin ja seurantamenetelmien valintaan, vaikka varsinaisia tietoja ilmanlaadusta pelkkien päästötietojen perusteella ei saadakaan. Arviointi voi perustua aiemmin hankittuihin tietoihin erilaisen päästölähteiden ympäristöissä esiintyvistä ilman epäpuhtauspitoisuuksista ja laskeumista. Yksityiskohtaisimmat päästökartoitukset tehdään yleensä leviämismallilaskelmia varten. Tällöin tietoja hankitaan muun muassa:

- energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen päästöjen kokonaismäärästä, päästölähteiden sijainnista ja teknisistä ominaisuuksista, kuten pistelähteille muun muassa piipun korkeudesta ja piipun suuaukon koosta, poistokaasujen määrästä ja lämpötilasta sekä niiden vaihtelusta
- päästöjen ajallisesta vaihtelusta, laitosten poikkeuksellisista päästötilanteista, kuten prosessihäiriöistä ja seisokeista, ja päästöissä tapahtuneista tai odotettavista muutoksista
- päästökorkeuksien suhteesta lähirakennusten ja maaston korkeuteen
- häiriintyvien kohteiden sijainnista päästölähteisiin nähden

Päästökartoituksia ja -arviointeja voidaan tehdä käyttämällä eri epäpuhtauksille määritettyjä ominaispäästökertoimia (esimerkiksi energiantuotannon ja autoliikenteen päästöt), tietoja polttoaineiden ominaisuuksista tai hyödyntämällä tarkasteltavissa päästölähteissä tehtyjen päästömittausten tuloksia. Laitoksille on usein annettu lupaehdoissa eri ilman epäpuhtauksia koskevia päästörajoja, joihin päästöselvityksissä hankittuja tietoja voidaan verrata.

Kunnat kokoavat alueen päästötiedot usein ilmanlaadun seurannan vuosiraporttiin. Yleisimmin raporteissa esitetään pistelähteiden ja liikenteen rikkidioksiidi-, typenoksidi-, hiukkas- ja hiilidioksidipäästöt. Päästötiedot saadaan alueen suurimmista laitoksista ja liikenteen päästöjen valtakunnallisista, kuntakohtaisista arvioista. Edellä mainittujen tietojen määrä ja tarkkuus useimmissa kunnissa riittävä muun muassa päästöjen vuosittaisen kehityksen tarkasteluihin, eikä jatkuvasti päivitettävän kunnan oman päästörekinisterin ylläpitoon ole yleensä tarvetta.

Kunnat teettävät lisäksi vaativampia päästöselvityksiä asiantuntijatyönä erillistutkimuksina. Selvityksen kohteena ovat esimerkiksi kunnan hiilivety- tai raskasmetallipäästöt, joiden määrien arviointiin on harvoin käytettävissä riittävän hyviä, Suomen olosuhteita edustavia, lähtötietoja. Tietoja kunnan alueella toimivien yritysten päästöistä (muun muassa liuottimet, kemikaalit) saa maankäytön suunnittelua ja häiriintyvien toimintojen sijoittamista varten useimmiten riittävällä tarkkuudella laitosten lupahakemuksista tai vuosittaisesta päästöraportoinnista sekä alueellisista ympäristökeskuksista.

3.2 Leviämismallilaskelmat

Ilman epäpuhtauksien leviämismallit ovat tietokoneohjelmistoja, joilla jäljitellään päästöjen leviämistä käyttämällä hyväksi tarkasteltavan alueen todellisia säätietoja. Leviämismalleilla saadaan nopeasti ja yleensä mittausten kustannuksiin nähden suhteellisen edullisesti tiedot laajojen alueiden ilmanlaadusta. Leviämismallilaskelmien tulokset esitetään yleensä havainnollisina ilman epäpuhtauksien pitoisuus- tai laskeumakarttoina. Leviämismalleilla voidaan arvioida kaikkien kaasumaisten ilman epäpuhtauksien sekä hiukkasten ja niiden sisältämien aineiden leviämistä. Leviämislaskelmin saatuja pitoisuuksia voidaan verrata esimerkiksi kotimaisiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Leviämismalleja on kehitetty myös hajujen esiintymisen ja kemikaalionnettomuuksien seurausvaikutusten arviointiin.

Leviämismallit ovat käyttökelpoisia työkaluja kuntien ilmanlaadun seurannassa ja arvioinnissa sekä tarkkailusta päätettäessä kuten ilmanlaadun mittauspisteiden valinnassa sekä mittaustarpeen ja mittaushjelmien ajoittaisissa tarkistuksissa. Leviämismalleilla voidaan selvittää energiantuotannon ja teollisuuden pistelähteiden, kiinteistöjen lämmityksen sekä auto-, juna-, laiva- ja lentoliikenteen päästöjen yhteisvaikutus ilmanlaatuun. Mallilaskelmin saadaan myös eriteltyä eri päästölähteiden ja lähderyhmien osuudet kokonaispitoisuuksista ja -laskeumista. Mittauksin tällaisen tiedon hankinta luotettavasti on huomattavasti hankalampaa ja usein mahdotonta. Leviämismallilaskelmat ovat myös käytännössä ainoa tapa tehdä ennakkoon arvioita uusien päästölähteiden vaikutuksista ja tulevien vuosien ilmanlaadusta esimerkiksi energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten päästöjen tai liikennejärjestelyjen muuttuessa.

Kuntien ilmanlaadun seurantaa palvelevat myös sellaiset erillisselvityksinä lupa- ja suunnittelulähtökohdista tehtävät leviämismallilaskelmat, joita toiminnanharjoittajat tilaavat energiantuotannon ja teollisuuden ilmanlaatu- ja YVA-selvityksiin sekä laitossuunnitteluun, polttoaine- ja päästöjen vähentämisvaihtoehtojen vaikutusten arviointiin, prosessimuutosten seurausten tarkasteluun, piippujen mitoituksiin ja ilmansuojelutoimien tehokkuuden arviointiin. Tällaisissa yhtä yksittäistä laitosta tai päästölähdettä koskevissa mallilaskelmissa voidaan arvioida myös onnettomuustilanteiden, kuten vaarallisten aineiden säiliö- ja putkirkokojen, räjähdysten tai tulipalojen, ja erilaisten häiriöpäästöjen ilmanlaatuvaikutuksia esimerkiksi turvallisuussuunnittelua varten.

Leviämislaskelmien tuloksia voidaan hyödyntää alueiden käytön suunnittelussa ja kaavoituksessa, erilaisten päästöjä aiheuttavien toimintojen sijaintipaikkoja valittaessa sekä vilkasliikenteisten katujen ja teiden tai muiden päästölähteiden lähelle suunniteltujen rakennusten ilmastoinnin toteutustavasta päätettäessä. Mallilaskelmin voidaan arvioida ennakoita uusien teiden tai muiden liikenneverkon muutosten paikallisia ja alueellisia ilmanlaatuvaikutuksia erilaisilla suunnitteluvaihtoehtoilla. Pysäköintihallien ja liikennetunnelien suunnittelun yhteydessä malleja käytetään yleisesti arvioitaessa näiden tilojen ilmastoinnin pakokaasupäästöjen vaikutuksia ympäristön ulkoilman ja lähirakennusten sisäilman laatuun.

Ilmanlaatuasetuksessa on määritelty laatuvaatimukset myös leviämislaskelmin saataville ilmanlaatu tiedoille (asetuksen liite 4). Mallien lähtötietojen tarkkuus vaikuttaa merkittävästi laskelmien tulosten oikeellisuuteen ja käytettävien mallien tulisi olla kehitetty Suomen olosuhteisiin sopiviksi. Yleisesti voidaan todeta, että pitkän ajan keskiarvopitoisuudet voidaan määrittää varmemmin oikein kuin lyhytaikaispitoisuudet, kuten vuorokausi- ja tunti arvot. Reaktiivisten ilman epäpuhtauksien, esimerkiksi typen oksidien, päästöjen leviämislaskelmissa tulee yhdisteiden ilmakemiallinen muutunta päästöjen kulkeutumisen aikana muiksi yhdisteiksi käsitellä malleissa asianmukaisesti.

Kehittyneimmillä leviämismalleilla saadaan nykyisin mitattujen pitoisuuksien kanssa hyvin yhteensopivia tuloksia myös liikenteen päästöjä koskevissa mallisovellutuksissa ja tulokset täyttävät ilmanlaatuasetuksessa ja yhteisöläinsäädännöissä annetut laatutavoitteet. Suurimmat haasteet uusien leviämismallien kehittämisessä ovat tätä nykyä liikenteen hiukkaspäästöjen ja liikenteen aiheuttaman pölyämisen vaikutusten mallintamisessa. Tätä työtä tehdään useissa kotimaisissa ja kansainvälisissä tutkimushankkeissa ja hiukkaspitoisuuksien arviointiin onkin jo nykyisin käytettävissä varsin luotettavia leviämismalleja.

3.3 Ilmanlaadun mittaukset

Ilmanlaadun mittauksilla saatava tieto edustaa mittauspaikan valinnasta, päästölähteiden sijainnista ja ilmanlaadun alueellisesta vaihtelusta riippuen joko suppean tai laajemman alueen olosuhteita. Taajamien liikenneympäristöissä kunkin mittausaseman tulokset edustavat aseman ympäristön ilmanlaatua kattaen esimerkiksi muutamien kymmenien tai satojen neliömetrien alueen. Samankaltaisia paikkoja voi tapauksesta riippuen olla taajamassa useita.

Kaupunkien ja maaseudun taustapitoisuuksien mittausten oletetaan edustavan yleisemmin laajemman alueen, jopa useiden neliökilometrien ilmanlaatua. Mittauksilla ei yleensä saada määritettyä yhden yksittäisen päästölähteen vaikutuksia ilmanlaatuun, vaikka suuntaa-antavia arvioita yleensä tehdäänkin tarkastelemalla tuulen suuntien sekä ilman epäpuhtauspitoisuuksien välistä riippuvuutta. Eri päästölähteiden vaikutusten erittelyihin käytetään leviämismalleja ja lähddeanalyysiä.

Jatkuvatoimisilla mittausmenetelmillä, jotka perustuvat kullekin tarkasteltavalle ilman epäpuhtaudelle kehitettyihin analysaattoreihin, saadaan tiedot sekä lyhyen että pitkän ajan pitoisuusarvoista. Ko. menetelmillä tehtävien mittausten etu on, että ilmanlaatua voidaan seurata ns. reaaliajassa ja lyhytaikaisista ilmanlaadun vaihteluista saadaan hankittua asianmukaista tietoa. Tällaisia tietoja voidaan hyödyntää erinomaisesti muun muassa tiedotettaessa väestöä ajantasaisesti ilmanlaadusta. Jatkuvatoimisilla analysaattoreilla tehtävä ilmanlaadun seuranta edellyttää merkittävää panostusta mittausten laadunvarmistukseen ja laitehuoltoon. Keskeisiä jatkuvatoimisten ilmanlaadumittausten kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat laitehankintojen lisäksi mittauskoppien sekä mittaustietojen keruuseen ja tiedonsiirtoon tarvittavien ohjelmistojen hankinta sekä mittausten ylläpito ja raportointi. Raja-arvovalvonnassa tehtäville mittauksille on ilmanlaatuasetuksessa määrätty ns. vertailumenetelmät, joilla mittaukset tulee toteuttaa (asetuksen liite 7). Raja-arvojen ylittymistä valvovissa mittauksissa voidaan käyttää myös muuta menetelmää kuin vertailumenetelmää, jos sen on osoitettu antavan vastaavia tuloksia kuin vertailumenetelmä.

Ilmanlaadun mittauksia voidaan tehdä myös näytteenkeruuseen perustuvilla menetelmillä. Perinteisesti esimerkiksi kokonaisleijumaa ja laskeumaa on mitattu näytekeräimillä. Tällaiset menetelmät tulevat kyseeseen varsinkin silloin, kun näytteistä on tarpeen tehdä esimerkiksi hiukkasissa tai laskeumassa esiintyvien aineiden, kuten raskasmetallien kemiallisia analyysejä. Näissä tapauksissa asianmukaiset laadunvarmennustoimet on asetettava sekä itse näytteen keruulle, näytteen käsittelylle että näytteen analyysille, jotta mittauksille asetetut katutavoitteet toteutuvat. Näytteenkeruuseen perustuvilla menetelmillä ei saada tietoja ilmanlaadun lyhytaikaisista vaihteluista. Lyhin pitoisuuden keskiarvoaika on yleensä yksi vuorokausi, mutta usein jopa huomattavasti tätä pidempi, esimerkiksi viikko tai kuukausi.

Erikseen voidaan mainita ns. passiivikeräimet, joissa tutkittavat yhdisteet sitoutuvat ilman imua tai pumppausta keräimeen, joka analysoidaan keruun päätyttyä. Passiivikeräimiä on kehitetty muun muassa rikkidioksidille, typpidioksidille ja

kevyille hiilivedyille, kuten bentseenille, tolueenille, ksyleeneille, jne. Ulkoilman pitoisuustasosta riippuen sopiva näytteenkeruu-aika on muutamasta päivästä viikkoon tai jopa kuukauteen puhtailla tausta-alueilla, ts. tietoa lyhytaikaispitoisuuksista ei passiivikeräimillä saada. Menetelmä on halpa, mittaus ei vaadi sähköä ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi suuntaa-antavissa ilmanlaadun kartoituksissa perusteellisemmän selvitystarpeen arviointiin tai pitoisuustasojen alueellisen vaihtelun arvioimiseen. Ilmanlaatumittausten toteutukseen, mittausasemien sijoittamiseen ja mittausten laatutavoitteisiin liittyviä tietoja on esitetty ilmanlaatuasetuksessa (asetuksen liitteet 3 ja 4). Laadunvarmennustoimista ja niiden kattavuudesta on esitetty tarkemmin mm. ilmanlaadun mittausohjeessa (Kartastenpää et al., 2004), EMEP-ohjelman manuaalissa (EMEP, 1996) sekä mittausten vertailumenetelmää kuvaavissa eurooppalaisissa standardeissa (kappale 6.1).

3.4 Biologiset vaikutuskartoitukset

Vaikka ilmanlaatumittaukset osoittavatkin kuinka paljon ilmassa on tiettyä yhdistettä, analyysitulokset ei sinällään kerro miten yhdiste vaikuttaa ympäristössä. Ilmanlaadun raja- ja ohjearvotkin perustuvat yhdisteiden tutkittuihin tai arvioituihin terveys- ja luontovaikutuksiin. Bioindikaattoritutkimuksilla, eli biologisilla vaikutuskartoituksilla, on pyritty perinteisesti arvioimaan ilman epäpuhtauksien elolliseen luontoon aiheuttamia, pitkän tai lyhyen ajan kuluessa ilmeneviä haittoja ja päästöjen vähenemisestä johtuvaa luonnon vaurioiden korjaantumista. Biologiset vaikutustutkimukset ovat usein osana kuntien ilmanlaadun seuranta sekä teollisuuden ja energiantuotannon velvoitetarkkailua.

Bioindikaattorit ovat eliöitä tai niiden osia, joita käytetään ilman epäpuhtauksien elolliseen luontoon aiheuttamien vaikutusten arviointiin. Yleisimmin käytettyjä bioindikaattoreita ovat havupuut, niiden runkojen päällysjäkälät ja samalet. Biologisissa tutkimuksissa määritetään tarkastelualueen kasvillisuuden vaurioitumisasteen vaihtelut, määritetään usein kasvien tai kasvinosien alkuainepitoisuuksia, kartoitetaan mahdollisia muutoksia lajistossa ja hankitaan mahdollisesti muita tietoja vaurioiden syiden arviointia varten.

Elollisen luonnon vauriot eivät useinkaan johdu pelkästään ilman epäpuhtauksista. Tästä syystä kasvillisuuden vaurioitumista tutkittaessa on tärkeää pyrkiä erottamaan toisistaan muun muassa kasvupaikasta, kasvien iästä, ravinnetilanteesta, talvivaurioista, hyönteistuhosta ja ilman epäpuhtauksista johtuvat muutokset. Bioindikaattoritutkimusten tulosten tulkintaa helpottaa huomattavasti jos tutkimus rajoitetaan mahdollisimman samanlaisille kasvupaikoille ja käytetään muutenkin mahdollisimman yhdenmukaisia menetelmiä koko tutkimusalueella. Ilmanlaadun biologisissa vaikutustutkimuksissa tulisi pyrkiä vastaamaan ainakin seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on indikaattorilajien kunto verrattuna maamme muihin vastaaviin alueisiin ja tausta-alueisiin?
- Miten tutkittavan alueen indikaattorilajien vointi on kehittynyt eri tutkimusten välisenä aikana?
- Näkyykö mahdollinen päästöjen muutos elollisen luonnon voinnissa?
- Mikäli luontovaurioita havaitaan, mikä on syynä luonnon vaurioitumiseen: paikalliset ja/tai kaukokulkeutuneet päästöt vai jotkin muut tekijät?



Kuva: Marita Björkström

ILMANLAADUN SEURANTA- ALUEEN PÄÄSTÖTILANTEEN SELVITTÄMINEN

4

Jarmo Osmo

4.1 Päästötietojen lähteet

Seuranta-alueen päästötilannetta kartoitettaessa tarvitaan taustatiedoksi kuvaus alueen maantieteellisistä oloista, asutuksen ja päästöjä aiheuttavien toimintojen sijoittumisesta seuranta-alueelle sekä epäpuhtauksien leviämiseen vaikuttavista ilmasto-oloista. Näiden tietojen olemassaolo on erityisen tärkeää, jos halutaan käyttää ilmanlaatuasetuksessa annettua mahdollisuutta soveltaa ilmanlaadun mittauksista tai mallilaskelmista saatuja tuloksia muilla, oloiltaan vastaavanlaisilla alueilla.

Päästötilanteen kartoituksessa on perusteltua tehdä jako hallinnollisten alueiden mukaan, sillä lainsäädännössä ilmanlaadun seuranta koskevat velvoitteet on kohdistettu toiminnanharjoittajien ohella kuntiin ja alueellisiin ympäristökeskuksiin. Tämä on toimiva ratkaisu myös ajatellen lähtötietojen saatavuutta, sillä useimmat taustatiedot on saatavissa kuntakohtaisesti, ja tieto sijaintikunnasta on lähes aina liitetty tietokantoihin päästötietojen yhteyteen.

Toinen mahdollinen lähestymistapa päästötietojen esittämiseen on paikkatieto. Tällöin jokaiseen päästötietoon tulisi voida liittää päästöpuoleen koordinaatit. Tietoteknisten resurssien salliessa tämän lähtökohdan, se tarjoaa huomattavia etuja tietojen yhdistämisen ja esittämisen suhteen. Mahdollisuudet tähän ovat paranemassa. Syyskuussa 2004 tehty VAHTI-tietokannan päivitys toi käytettäväksi koordinaattihaun, jolla voidaan hakea VAHTIIN syötettyjen niin sanottujen ilmapäästöpuoleiden koordinaatit (vrt. 4.2.1). Jos ilmanlaadun arvioinnissa käytetään leviämislaskelmia, niiden lähtötiedoksi päästölähteiden paikkatieto on luonnollisesti välttämätöntä.

Merkittävimmät ilmapäästöjä aiheuttavat sektorit Suomessa käyvät ilmi taulukoista 5 ja 6. Ylivoimaisesti suurimmat päästölähderyhmät ovat energiantuotanto ja liikenne. Yhdessä ne aiheuttavat lähes kaikki typenoksidien ja hiilimonoksidin päästöt. Rikkidioksidin ja hiukkasten päästöistä ne aiheuttavat neljä viidesosaa, pienhiukkasten päästöistä vielä suuremman osan. Tässä Suomen ympäristökeskuksen käyttämässä jaotellussa energiantuotanto sisältää energiantuotanto-

laitosten, kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden käytön päästöt. Haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen päästöistä energiantuotanto ja liikenne vastaavat kumpikin noin kolmasosasta viimeisen kolmanneksen jakautuessa teollisuuden prosessien ja liuotainaineiden käytön kesken. Ammoniakkipäästöistä vastaa lähes yksinomaan maatalous. Metallipäästöjen osalta merkittävimmät päästösektorit ovat energiantuotanto ja teollisuus, PAH-yhdisteiden osalta lähes kokonaan energiantuotanto. Alueellisesti ja varsinkin paikallisesti vaihtelut voivat tietenkin olla suuria, mutta pääsääntöisesti suurimmat työpanokset kannattaa keskittää suurimpien päästölähteiden päästöjen selvitykseen.

Taulukko 5. Päästöjen jakautuminen Suomessa sektoreittain vuonna 2002 (Suomen ympäristökeskus, [www-sivut](#)).

	Typen oksidit	Hiili-monoksidi	Hiilivedyt (NMVOC)	Rikki-dioksidi	Ammo-niakki	Hiukkaset	Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	Pien-hiukka-set PM _{2,5}
	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a
Energia	122,9	261,5	51,8	64,1	0	44,6	34,5	29,5
Liikenne	85,1	333,7	53,3	1,7	0	20,8	12,6	5,4
Teollisuus-prosessit	2,7	1,6	11,3	13	0,96	6,96	3,7	2,0
Liuottimien j ja muiden tuotteiden käyttö	0,25	4,0	29,7	0,4	0,2	2,9	2,1	1,4
Maatalous	0	0	0	0	32,1	5,7	2,0	0,4
Jätteet	0,2	0	2	0	0	0,02	0,018	0,014
Yhteensä	208	600	152	82	33	81,2	54,8	38,7

Taulukko 6. Päästöjen jakautuminen Suomessa sektoreittain vuonna 2002 (Suomen ympäristökeskus, [www-sivut](#))

	Lyijy	Kadmium	Elohopea	Arseni	Nikkeli	Polysykliset hiilivedyt	aromaattiset
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	
Energia	31,6	1,00	0,5	2,5	23,5	15,8	
Liikenne	0	0	0	0	0	1,0	
Teollisuus-prosessit	8,0	0,3	0,1	1,3	12,3	0,1	
Liuottimien ja muiden tuotteiden käyttö	0	0	0	0	0	0	
Maatalous	0	0	0	0	0	0	
Jätteet	0	0	0	0	0	0	
Yhteensä	39,6	1,3	0,7	3,7	35,9	16,9	

Laitosmaisen energiantuotannon ja teollisuuden päästöt on alueellisessa tarkastelussa parhaiten saatavilla ympäristönsuojelun tietojärjestelmästä (VAHTI). VAHTI-tietojärjestelmä on valtion ja kuntien ympäristöhallinnon valvonnan työkalu, johon syötetään vuosittain, osittain myös kuukausittain, laitosten raportoimia tietoja toiminnasta, tuotannosta ja päästöistä, ja sisältää siten näiden laitosten osalta tarkimmat ja ajantasaisimmat tiedot. Tietojärjestelmä sisältää päästötietojen lisäksi perustietoja laitosten sijainnista, tuotantotekniikasta ja päästökorkeuksista. Teollisuus- ja energiantuotanto toimittaa tiedot VAHTIin pääosin sähköisen tiedonsiirron kautta. Yritysten toimittamat tiedot tarkastetaan ja hyväksytään alueellisissa ympäristökeskuksissa ja kunnissa.

Suurilla teollisuuslaitoksilla syntyy myös hajapäästöjä, joita ei johdeta tietyn päästökohdan kautta ilmaan. Nämä hajapäästöt näkyvät VAHTI-järjestelmässä puutteellisesti. VAHTI-tietojärjestelmästä ovat toistaiseksi puuttuneet myös pienemmät, kuntien valvonnassa olevat, laitokset. Vuoden 2004 alusta lähtien kuntien on ollut mahdollista saada VAHTIin käyttäjätunnus ja syöttää omien laitosten tiedot. Tietojärjestelmä toimisi kuntienkin osalta hyvänä valvonnan työkaluna. Käyttöönotto ja päivitystahti on kuitenkin riippuvainen kunnan omista tarpeista ja mahdollisuuksista. Todennäköistä on että VAHTI-järjestelmän käyttö lisääntyy ja tietoja pienemmistäkin laitoksista on lähivuosina saatavissa.

VAHTI-järjestelmästä puuttuvat kokonaan kiinteistökohtaisen lämmöntuotannon päästöt. Näiden ns. aluelähteiden suuruutta on arvioitu Suomen ympäristökeskuksessa hiukkasten kokonaismallinnuksen yhteydessä käytettävässä alueellisessa FRES-päästöskenaariomallissa (Karvosenoja ja Johansson 2003). Päästöt on arvioitu käyttämällä valtakunnallisia tilastoja polttoaineiden kulutuksesta sekä arvioita polttolaitteiden käytöstä ja päästökertoimista. Polttoaineiden kulutus ja siitä syntyvät päästöt on jaettu kunnittain kiinteistöjen ensisijaisen lämmitystavan mukaan rakennus- ja huoneistorekisterin perusteella, mikä antaa aikaisempaa tarkemman alueellisen jaon. Kiinteistöjen toissijaisen lämmityskäytön, esim. tulisijan käyttö sähkölämmityksessä kiinteistöissä, päästöjen kuntakohtainen jako on hyvin epävarma. Arvio toissijaisen lämmitystavan aiheuttamista päästöistä on kuitenkin mukana esitetyissä luvuissa. Toissijaisen lämmityskäytön hiukkaspäästöt vastaavat noin neljäsosaa lämmityksen kokonaishiukkaspäästöistä koko maan tasolla.

Liikennepäästöjen jako tapahtuu luontaisesti liikennemuotojen mukaan. Arvioita eri liikennemuotojen päästöistä on saatavissa LIPASTO-laskentajärjestelmästä. LIPASTO on Valtion teknisessä tutkimuskeskuksessa toteutettu Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, joka on löydettävissä internetissä osoitteessa <http://lipasto.vtt.fi/>. Laskentamallin tietoja käytetään valtakunnallisten päästöjen raportoinnissa. Laskentamallin tulokset (taulukko 7) eivät ole suoraan vertailukelpoisia edellä taulukoissa 5 ja 6 esitettyihin liikenteen valtakunnallisiin päästöarvioihin, johtuen päästöjen erilaisesta jaottelusta. Erot johtuvat mm. siitä, että taulukossa 7 vesiliikenteen päästöiksi on laskettu kaikki Suomen talousvyöhykkeen sisällä kulkevan laivaliikenteen päästöt ja ilmaliikenteessä on huomioitu kansainväliset lennot ja ylilennot Suomen lentotiedotusalueella, joka vastaa pääpiirteissään Suomen talousvyöhykettä. Taulukoissa 5 ja 6 puolestaan on esitetty kansainvälisen raportointitavan mukaiset päästöt (IPPC suositus) eli vain ns. kotimaanliikenteen päästöt.

Liikenteen päästöjen laskentajärjestelmä sisältää tieliikenteen laskentajärjestelmän LIISAn, rautatieliikenteen laskentajärjestelmän RAILIn, vesiliikenteen laskentajärjestelmän MEERIn ja ilmaliikenteen ILMI mallin. Näitä kaikkia liikenteen malleja yhdistää LIPASTO niminen keskusyksikkö, jossa yhdistetään kaikki alamallit kokonaisuudeksi. LIPASTO on alueittaisten päästöjen laskentajärjestelmä eli päästöjen inventointimalli, jonka tuloksia käytetään Suomen liikenteen päästölukuina raportoitessa tietoja kansainvälisesti. LIPASTO -järjestelmä laskee myöskin liikennemäärä- ja päästöarvioita 20 vuotta eteenpäin. Laskentajärjestelmä käyttää ennusteiden tekemiseen eri tahojen (mm. Tiehallinto ja Ratahallintokeskus) arvioita liikenteen kehityksestä. Ilmaliikenteen päästöjen laskentamalli on tehty Ilmailulaitoksessa. Laskentajärjestelmä päivitetään vuosittain. Eri liikennemuotojen päästömäärät vuonna 2002 on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus 2002 LIPASTO-laskentamallin mukaan.

	Hiili -monoksidi	Hiilivedyt t/a	Typen- oksidit	Hiukkaset	Rikki- dioksidit	Hiili- dioksidit	Energian kulutus
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	PJ/a
Tieliikenne	304693	37490	69676	3633	228	11256408	154
Rautatieliikenne	536	200	3437	104	297	276817	5,5
Vesiliikenne	29338	10650	71364	2117	19097	3241407	45
Ilmaliikenne	2978	331	3007	-	262	1051078	14
Yhteensä	337544	48672	147484	5854	19884	15825711	219

Tieliikenteen energiankulutus ja päästöt ovat monien päästökomponenttien osalta selvästi merkittävimmät. Toiseksi merkittävimmät päästöt syntyvät vesiliikenteestä, joka typen oksidien päästöjen osalta on jopa yhtä merkittävä kuin tieliikenne. Muiden liikennemuotojen päästöt jäävät pääsääntöisesti alle kymmenen prosentin tasolle tieliikenteen päästöistä.

Vesiliikenteen osalta on huomattavaa, että ylivoimaisesti suurimmat hiilimonoksidi- ja hiilivetyypäästöt aiheutuvat huvivene liikenteestä. Huviveneiden päästöt tapahtuvat kuitenkin hyvin hajautuneesti, joten vaikutus paikalliseen ilmanlaatuun jää yleensä pieneksi. Suurin osuus polttoaineen kokonaiskulutuksesta tapahtuu avomerellä rahti- ja matkustajaliikenteessä. Tehtyjen selvitysten mukaan meriliikenteen päästöillä on siten yleensä vain vähäinen vaikutus paikalliseen tai alueelliseen ilmanlaatuun. Satamapäästöjen osuus valtakunnallisista vesiliikenteen päästöistä on enintään n. 10 % luokka, mutta paikallisesti ne voivat aiheuttaa merkittäviä pitoisuuksia.

Liikenteessä käytettävien ajoneuvojen päästöjen lisäksi samankaltaisia päästöjä syntyy erilaisten työkoneiden käytöstä. Työkoneiden aiheuttamien päästöjen määriä ja alueellista jakaumaa on arvioitu Suomen ympäristökeskuksessa hiukkasten kokonaismallinnuksen yhteydessä käytettävässä alueellisessa päästöskenaariomallissa FRES (Karvosenoja ja Johansson 2003). FRES:issä käytetyt päästökertoimet perustuvat Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa kehitetyn työkoneiden päästömallin (TYKO) tietoihin. Alueellinen jako on tehty metsä- ja maatalouskoneiden osalta maatalous- ja metsämaan pinta-alojen perusteella ja muiden työkoneiden osalta asukasluvun mukaan, mikä antaa tarkimman käytettävissä olevan tiedon päästöjen alueellisesta jakautumisesta.

Ammoniakkipäästöt syntyvät lähes yksinomaan lannan käsittelyn yhteydessä, muut päästölähteet muodostavat vain pienen osan kokonaispäästöistä. Ammoniakkipäästöjä on arvioitu kuntakohtaisten eläinmäärätietojen perusteella Suomen ympäristökeskuksessa, ja tuloksia on SYKE:n ylläpitämässä ilmapäästöjen tietojärjestelmässä (IPTJ). Tietoja voi hakea SYKE:n ekstranetistä HERTTA-käyttöliittymän avulla. Käyttöoikeuksia HERTTAan voi hakea SYKE:ssä olevan palvelupisteen kautta.

Ilmanlaadun seuranta-alueen päästöjen kartoittamisen kannalta tärkeimmät päästötietojen lähteet ovat siten VAHTI-järjestelmä teollisuuden ja energiantuotannon tietojen osalta, Suomen ympäristökeskuksen arviot kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen osalta, LIPASTO-järjestelmän tiedoista ainakin tieliikenteen päästöt LIISA-laskentamallista saatavien kuntakohtaisten päästötietojen osalta ja HERTTA-käyttöliittymän kautta saatavat maatalouden ammoniakkipäästötiedot. LIPASTO-järjestelmän muiden osioiden, lähinnä vesiliikenteen päästötietoja sisältävän MEERI-laskentamallin satamakohtaisten tulosten käyttö paikallisen ilmanlaadun arvioinnissa on tärkeää, jos sataman liikenne on vilkasta tai se sijaitsee epäedullisesti esim. keskellä asutusta.

Paikallisten erityisongelmien kartoittaminen on syytä tehdä aina silloin, kun alueella on päästölähteitä, joiden paikalliset vaikutukset voivat olla merkittäviä. Tällaisia kohteita ovat mm. jo edellä mainitut satamat, ratapihat ja muut vastaavat alueet, joilla liikkuu dieselkäyttöistä junakalustoa sekä esimerkiksi murskaamot. Myös kiinteistökohtainen pienpoltto voi aiheuttaa ilmanlaadun heikkenemistä etenkin omakotivaltaisilla alueilla. Paikallisten ongelmien kartoituksessa voidaan käyttää hyväksi kuntalaisilta saatua palautetta.

Liukkaudentorjunnasta ja hiekoituksesta aiheutuvat korkeat hiukkaspitoisuudet ovat ongelmana etenkin keväisin lähes kaikissa kunnissa. Vaikka hiekoituksesta aiheutuvien päästöjen määrä ei ole yleensä tiedossa ja vaikka hiukkaspitoisuuksia ei kaikissa kunnissa mitata, olisi katujen ja teiden puhtaanapitoon, hiekoitushiekan poistoon ja pölyämisen estämiseen kiinnitettävä riittävästi huomiota ja ehkäistävä haittoja ennakolta.

4.2 Päästötilanne Länsi-Suomen seuranta-alueella

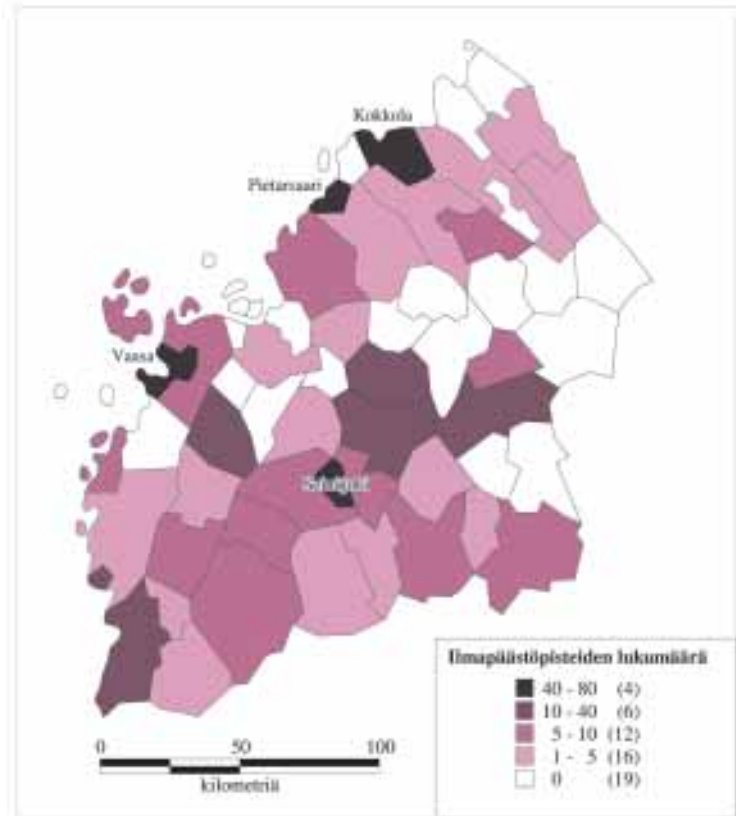
4.2.1 Taustatietoja alueesta

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen seuranta-alue sijaitsee Pohjanlahden rannalla, rantaviivaa on n. 10 700 km. Alueella on 56 kuntaa, joiden yhteenlaskettu asukasluvu oli vuoden 2000 lopussa 440 135 asukasta. Alueen asukasluvultaan suurimmat kaupungit ovat Vaasa, Kokkola, Seinäjoki ja Pietarsaari. Asukastiheys alueella on keskimäärin 29 asukasta/neliökilometri. Asukastiheydeltään suurimpia ovat suurimmat kaupungit ja Kaskinen, joka on pinta-alaltaan selvästi alueen pienin kunta. Kuntakohtaiset asukasmäärät, asukastiheydet ja liikennesuoritteet on esitetty liitteenä olevassa taulukossa (LIITE 3).

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella on runsaasti maanviljelystä, kotieläintuotantoa, kasvihuoneviljelyä ja turkistarhausta. Teollisuus on tyypillisesti pientä ja keskisuurta, rakenteeltaan monipuolista. Suurimmat teollisuuslaitokset sijaitsevat rannikkokaupungeissa ja Seinäjoen-Nurmon seudulla. Ilmansuojelun kannalta alueen erityispiirteenä voidaan pitää suurimpien päästölähteiden keskittymistä rannikolle, jossa päästöjen leviämiseen vaikuttaa rannikkoilmasto, mm. maa-merituuli-ilmiö.

Pistemäisten päästölähteiden esiintymistä tarkasteltavalla alueella voidaan havainnollistaa niin sanottujen päästö pisteiden avulla. Ympäristönsuojelun VAHTI-tietojärjestelmään syötetyille laitoksille on luotu tietojärjestelmässä päästö pisteet, joille kohdennetaan laitoksen päästöjä esim. veteen tai ilmaan. Päästö piste tarkoittaa käytännössä savupiippua tai muuta vastaavaa päästökohtaa. Päästökohtia on pienellä laitoksella yleensä yksi, kun taas isolla laitoksella niitä voi olla useita. Kuvassa 4 on esitetty ilmapäästö pisteiden lukumäärä kunnittain Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella.

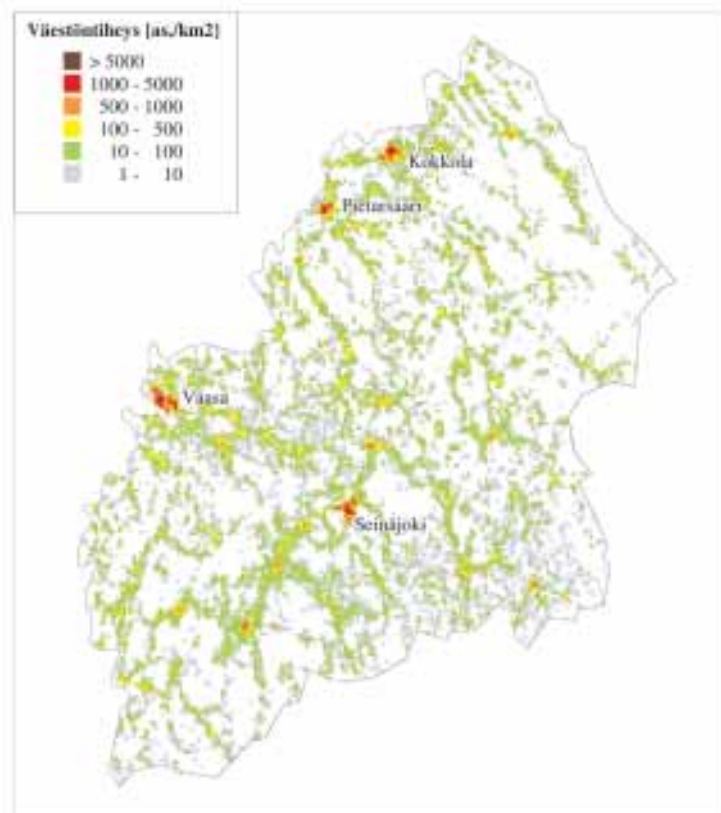
Tieliikenteen suurimmat liikennesuoritemäärät Länsi-Suomen alueella keskittyvät suurimpiin kaupunkeihin ja niiden lähialueille. Suurimmat ajosuoritteet sijoittuvat Vaasaan ja naapurikuntaan Mustasaareen. Pietarsaaren liikennesuorite on asukaslukuun nähden poikkeuksellisen alhainen, mikä johtuu ainakin siitä, että kunnassa ei ole valtateiden aiheuttamaa läpikulkuliikennettä. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen pääteiden liikennemäärät on esitetty kuvassa 5 ja asukastiheys kuvassa 6.



Kuva 4. VAHTI-tietojärjestelmään syötetyt ilmapäästöasteet kunnittain Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella. Suluissa niiden kuntien määrä, jotka sijoittuvat eri luokkiin.



Kuva 5. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen päteiden keskimääräinen vuorokausiliikenne.



Kuva 6. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen asukastiheys 1x1 km:n ruuduissa.

4.2.2 Päästöt ilmaan eri sektoreilla

Tiedot, jotka epäpuhtauksien päästöistä ilmaan ovat saatavilla, koskevat yleensä päästöjen kokonaismäärää kalenterivuoden aikana. Tarkempaa päästöjen ajallista jakautumista on saatavilla vain harvoin. Myöskin tarkka päästökohde ja sen korkeus maanpinnasta on tiedossa vain teollisuus- ja energiantuotantolaitosten poistokaasujen piipuille. Kun lisäksi huomioidaan ilmakehän vaihtelevien olojen suuri merkitys päästöjen leviämiseen, voidaan todeta että vuosipäästön vaihtelulla on harvoin suoraa yhteyttä paikalliseen ilmanlaatuun. Kehityssuuntien kuvaamisessa ja ympäristöön kohdistuvan kokonaiskuormituksen selvittämisessä tieto vuosittaisesta päästöstä on kuitenkin tärkeä.

Teollisuuden ja energiantuotannon päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella ilmanlaatuasetuksen sekä eräitä metalleja ja PAH -yhdisteitä koskevan ilmanlaadun tytärdirektiivin sisältämien päästökomponenttien osalta on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Teollisuuden ja energiantuotannon päästöt ilmaan Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuosina 1994-2003 VAHTI-tietojärjestelmän perusteella.

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rikkidioksidi	t	8440	6230	7297	6707	5264	4777	4605	7202	10377	11286
Typen oksidit	t	9766	6777	8183	8808	6979	6354	7267	9716	10896	11966
Hiukkaset	t	2236	1748	1759	1366	1961	1827	1526	1330	1283	1546
TRS (rikkinä)	t	376	207	237	170	308	255	207	178	148	143
Hiilimonoksidi	t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lyijy	kg	241	190	312	409	499	354	331	664	506	374
Bentseeni	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAH-yhdisteet	kg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
Arseni	kg	2013	1464	1494	1387	1513	1024	1125	1219	736	479
Kadmium	kg	59	77	129	116	117	160	102	102	72	79
Elohopea	kg	-	115	134	163	25	28	21	36	50	67
Nikkeli	kg	-	11061	287	1670	1180	1454	1074	1342	1831	1015

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen rikkidioksidipäästöt laskivat 1990-luvulla selvästi. Syynä päästöjen pienenemiseen olivat paljolti päästövähennystoimet alueen suurissa voimalaitoksissa, lähinnä kivihiiltä käyttävissä Vaskiluodon ja Kristiinankaupungin voimaloissa. Osittain rikkidioksidipäästöjen ja erityisesti typen oksidien päästömäärien vaihteluun on syynä myös voimalaitosten polttoaineen käytön aleneminen vuosikymmenen lopulla. 2000-luvun alussa energiantuotanto on kuitenkin jälleen kasvanut ja päästömäärät ovat uudelleen kasvaneet. Joidenkin päästökomenttien osalta kymmenvuotijakson alkupään tiedoissa on tietopohjan puutteista johtuvaa päästömäärän vaihtelua.

Suomen ympäristökeskuksessa tehtyjen arvioiden mukaiset kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella on esitetty taulukossa 9. Pienten kattiloiden polton erityispiirteinä ovat korkeat hiukkasten ja hiilivetyjen ominaispäästöt.

Taulukko 9. Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt (t/a) Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuonna 2000.

	Rikkidioksidi	Typen oksidit	Pienhiukkaset (PM _{2,5})	Hiilivedyt (NMVOC)
Kiinteistökohtainen lämmitys yhteensä	446	1091	1923	3736

Tieliikenteen päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella LIISA-laskentamallin perusteella on esitetty taulukossa 10. Kaikkien päästökomenttien määrät ovat olleet viimeisen kymmenen vuoden aikana laskusuunnassa. Päästömäärien pienentyminen on seurausta toteutetuista päästöjen rajoitustoimista, sillä sekä polttonesteiden kulutus että liikennesuorite ovat kyseisellä jaksolla kasvaneet. Kokonaispäästöjen väheneminen ei kuitenkaan näy välttämättä ilmanlaadussa pitoisuuksien alenemisena (esimerkiksi typpidioksidi), sillä pitoisuuksiin vaikuttavat monet eri tekijät. Tieliikenteen hiukkasten päästöarvio ei sisällä liikenteen ilmaan nostattamaa pölyä, jolla on merkittävä vaikutus ilmanlaatuun erityisesti kaupunkialueilla. Niillä alueilla missä liikennemäärät ovat kasvaneet on epäsuorien hiukkaspäästöjen määrä todennäköisesti myös lisääntynyt.

Taulukko 10. Tieliikenteen päästöt (t/a) Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuosina 1994-2003.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rikkidioksidi	203	166	107	34	25	25	20	20	21	21
Typhen oksidit	9925	9524	9024	8534	8002	7550	7028	6618	6244	5919
Hiukkaset	600	574	541	504	458	421	379	349	326	310
Hiilimonoksidi	36440	35647	34554	33759	32863	31853	30347	29213	27786	26151
Hiilivedyt	5254	5088	4850	4651	4429	4201	3915	3698	3458	3221

Vesiliikenteen päästöjen määrää arvioivasta MEERI-laskentamallista saadaan laskentatulokset sekä valtakunnallisesti että satamakohtaisesti. Satamakohtainen päästölaskenta sisältää satamassa käyneiden laivojen pakokaasupäästöt satamaväylällä 20 minuutin ajalta sekä arvioituna seisonta-aikana laiturissa. Länsi-Suomen alueen satamien päästöt vuonna 2003 on esitetty taulukossa 11. Satamien toiminnasta aiheutuu myös muita päästöjä, jotka eivät ole tässä arvioissa mukana. Päästöjä aiheutuu mm. satamien maakaluston pakokaasupäästöissä, liikenteen pinnoilta nostaman pölyn muodossa sekä bulkkitavaran lastauksen ja varastoinnin yhteydessä.

Taulukko 11. Vesiliikenteen päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen satamissa vuonna 2003.

	Rikkidioksidi t/a	Typhen oksidit t/a	Hiukkaset t/a	Hiilimonoksidi t/a	Hiilivedyt t/a	Metaani t/a
Kokkola	33	78	1	6	2	0
Pietarsaari	15	37	1	3	1	0
Vaasa	22	67	1	5	2	0
Kaskinen	16	38	1	3	1	0
Kristiinankaupunki	7	16	0	1	0	0
Yhteensä	92	236	4	19	7	1

RAILI-laskentamallissa on arvioitu koko Suomen rautatieliikenteen laskennalliset päästöt rataosuuksittain. Päästöt on laskettu dieselkalustolle ominaispäästökerroimien mukaan ja sähkökäyttöiselle kalustolle sähkönkulutuksen ja sähköntuotannossa syntyvien päästöjen mukaan. Ilmanlaadun seurantasuunnitelmaa tehtäessä merkitystä on vain dieselkaluston päästöillä, sillä sähköntuotannon päästöt tulevat huomioiduksi osana energiantuotantolaitosten päästöjä. Päästölaskentaa voidaan haluttaessa tarkentaa jopa kuntatasolle asti, kun tunnetaan tietyllä rataosuuden pituus kilometreinä ja sillä matkalla syntyvät kokonaispäästöt, jotka voidaan jakaa eri kuntien alueella kulkevan radan pituuksien suhteessa. Tätä ei Länsi-Suomen osalta ole kuitenkaan katsottu tarpeelliseksi, sillä päästömäärät ovat suhteellisesti niin pienet, että kuntakohtaisesti niillä ei juurikaan olisi vaikutusta ilmanlaatuilanteeseen. Länsi-Suomen alueen rautateiden dieselveturien päästöt vuonna 2003 on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Dieselmääräisten vetureiden päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuonna 2003.

	Rikki- dioksidi t/a	Typen- oksidit t/a	Hiukkaset t/a	Hiili- monoksidi t/a	Hiili- vedyt t/a
Parkano-Seinäjoki	0,2	10,7	0,2	1,3	0,6
Seinäjoki-Kokkola	0,5	20,4	0,3	2,5	1,2
Kokkola-Ylivieska	1,6	71,6	1,2	8,7	4,1
Seinäjoki-Vaasa	1,4	48,1	0,8	5,9	2,8
Seinäjoki-Haapamäki	0,9	31,4	0,5	3,9	1,8
Seinäjoki-Kaskinen	0,9	42,4	0,7	5,1	2,4
Seinäjoen ratapiha	0,1	4,4	0,1	0,5	0,3
Kokkolan ratapiha	0,3	13,9	0,2	1,7	0,8
Vaasan ratapiha	0,0	1,3	0,0	0,2	0,1
Kaskisten ratapiha	0,1	3,8	0,1	0,5	0,2
Yhteensä	6,0	248,1	4,3	30,2	14,3

ILMI-laskentamallissa on selvitetty lentoasemakohtainen polttoaineenkulutus ja pakokaasupäästöt alle 915 metrin (3000 jalkaa) lentokorkeudessa (ns. LTO-syklin aikana) sekä Ilmailulaitoksen maakaluston polttoaineen kulutus ja pakokaasupäästöt lentoasemittain. Valtaosa päästöistä aiheutuu lentokoneista, maakaluston päästöt ovat suuruudeltaan vain muutamia prosentteja kokonaispäästöistä. Länsi-Suomen alueelta laskennassa on mukana kolme lentoasemaa, Vaasa, Kruunupyy ja Kauhava. Laskennassa ei ole mukana sotilasilmailua, joten varsinkaan Kauhavan tiedot eivät vastaa todellisuutta. Tiedoista puuttuu mm. Seinäjoen lentoasema, joka ei ole Ilmailulaitoksen ylläpitämä. Joka tapauksessa luvuista voidaan arvioida, että lentoliikenteen osuus kokonaispäästöistä on suhteellisen pieni.

Taulukko 13. Lentoliikenteen LTO-sykliin päästöt Länsi-Suomen alueella vuonna 2003.

	Rikkidioksidi t/a	Typen oksidit t/a	Hiilimonoksidi t/a	Hiilivedyt t/a
Kauhava	0,0	0,6	1,5	0,2
Kruunupyy	0,5	6,7	12,3	1,1
Vaasa	1,1	12,2	33,8	3,5

Työkoneiden päästöt muodostavat varsinkin typen oksidien ja hiilivetyjen osalta merkittävän osan kokonaispäästöistä. Päästömäärien kannalta merkittävimmät työkoneerit ovat vaihtelevat päästökomponenttikohtaisesti. Typen oksidien osalta merkittävin työkoneeriryhmä on ajettavat dieselmääräiset työkoneet, joita ovat mm. tienrakennuksessa ja katujen kunnossapidossa käytettävä kalusto sekä traktorit. Hiilivetypäästöjen kohdalla korostuu bensiinikäyttöisten työkoneiden osuus. Arvio työkoneiden pakokaasupäästöistä Länsi-Suomen alueella on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Työkoneiden päästöt (t/a) Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuonna 2000 FRES päästöskenaariomallin mukaan.

	Rikkidioksidi	Typen oksidit	Pienhiukkaset(PM _{2,5})	Hiilivedyt(NMVOC)
Työkoneet	304	4027	390	2154

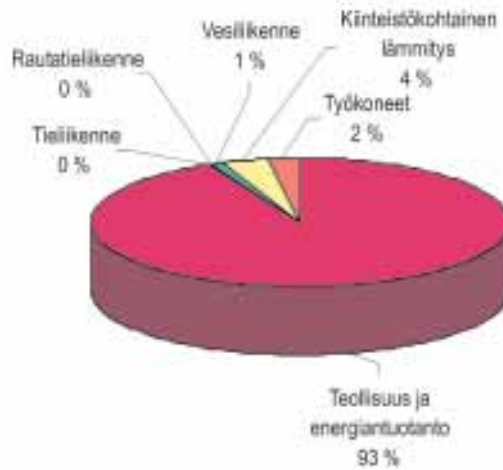
Ammoniakki on päästökomponentti, jonka päästöt syntyvät pääosin maataloudessa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella merkittävimmät päästöt syntyvät nautojen ja turkiseläinten lannan käsittelyssä.

Taulukko 15. Ammoniakkipäästöt eri toimialoilla Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuonna 2002 (HERTTA-tietokanta).

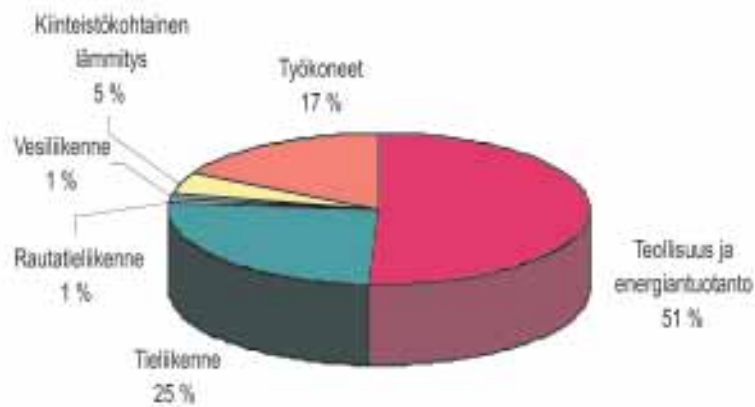
Toimiala	Ammoniakkipäästö t/a
Lannan käsittely	
- Broilerit	98
- Emakot	724
- Hevoset	126
- Lampaat	66
- Lihasiat	847
- Lypsylehmät	2452
- Muut naudat	1868
- Munituskanat	167
- Muu siipikarja	107
- Turkiseläimet	2286
- Vuohet	4
- Muut	5
Lannan käsittely yhteensä	8751
Lannoitetut viljelmät - viljakasvit	268
Yhteensä	9019

4.2.3 Yhteenvedo tärkeimmistä päästökomponenteista

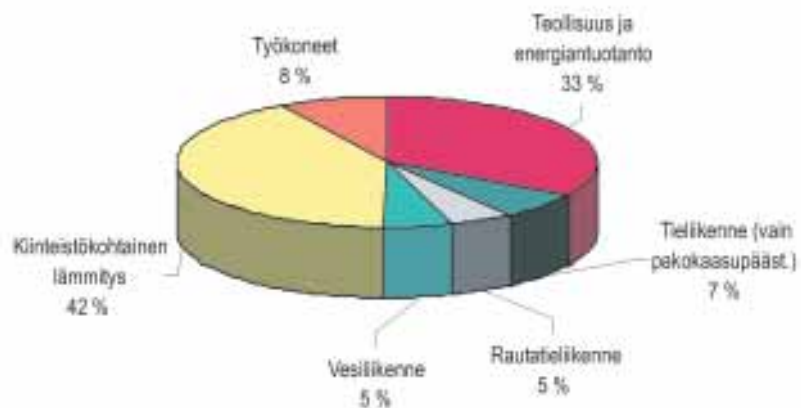
Kuvissa 7-10 on esitetty Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen tärkeimpien päästölähteiden rikkidioksidin, typen oksidien, hiukkasten ja hiilivetyjen päästöosuudet. Rikkidioksidipäästöistä ehdottomasti suurimman osuuden muodostavat teollisuuden ja energiantuotannon päästöt muiden lähteiden jäädessä pieneen rooliin. Typen oksidien päästöistä teollisuus ja energiantuotanto muodostavat puolet, toisesta puolikkaasta vastaavat lähes kokonaan tieliikenne ja työkoneet. Hiukkasten osalta kolmesta neljäsosaa päästöistä vastaa kiinteistöjen lämmitys, teollisuus ja energiantuotanto lopun jakautuessa tasaisesti muiden päästölähteiden kesken. Hiilivetypäästöjen aiheuttajana valtaosaan nousee kiinteistöjen lämmitys, toisena suurena ryhmänä ovat bensiinikäyttöiset moottorit, mikä näkyy sekä tieliikenteen että työkoneiden päästöosuuksissa.



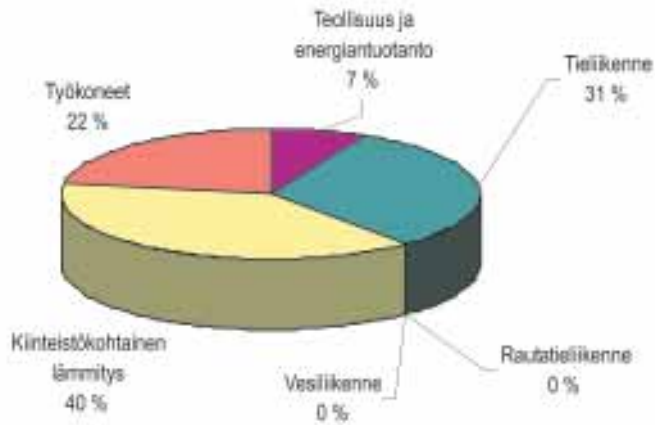
Kuva 7. Rikkidioksidin päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella (teollisuuden ja energiantuotannon, tieliikenteen, rautatieliikenteen ja vesiliikenteen päästötiedot vuodelta 2003, kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden vuodelta 2000). Rikkidioksidipäästöjen kokonaismäärä 12 150 tonnia.



Kuva 8. Typen oksidien päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella (teollisuuden ja energiantuotannon, tieliikenteen, rautatieliikenteen ja vesiliikenteen päästötiedot vuodelta 2003, kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden vuodelta 2000). Typen oksidien päästöjen kokonaismäärä 23 500 tonnia.



Kuva 9. Hiukkasten päästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella (teollisuuden ja energiantuotannon, tieliikenteen, rautatieliikenteen ja vesiliikenteen päästötiedot vuodelta 2003, kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden vuodelta 2000). Hiukkaspäästöjen kokonaismäärä 4 650 tonnia.



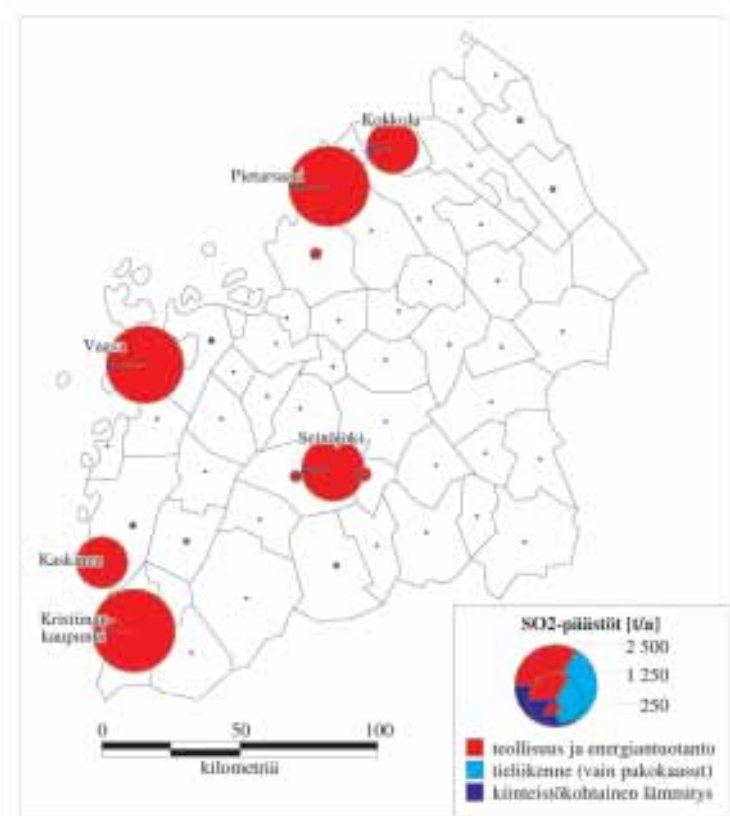
Kuva 10. Hiilivety päästöt (NMVOC) Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella (teollisuuden ja energiantuotannon, tieliikenteen, rautatieliikenteen ja vesiliikenteen päästötiedot vuodelta 2003, kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden vuodelta 2000). Hiilivety päästöjen kokonaismäärä 9 650 tonnia.

4.2.4 Päästöjen alueellinen jakautuminen

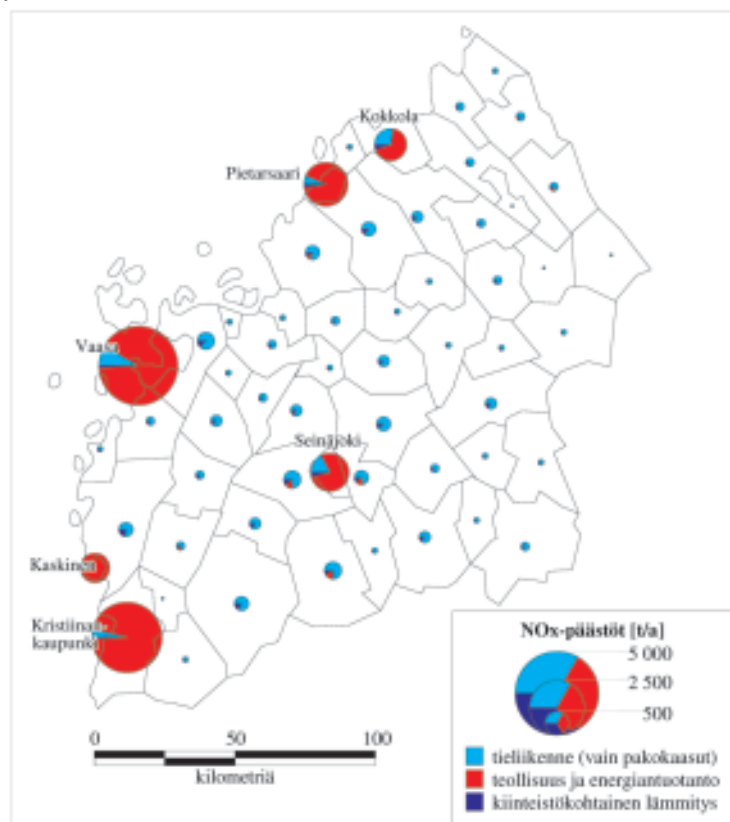
Teollisuuden ja laitospäätöiden päästöt keskittyvät selvästi alueen suurimpiin kaupunkeihin. Kuvissa 11-13 on esitetty kunnittain VAHTI-järjestelmään syötetyt teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, LIISA-laskentamallin mukaan lasketut tieliikenteen päästöt sekä FRES-skenaariomallin yhteydessä lasketut kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen suurimmat päästölähteet ovat kivihiilivoimalaitokset Kristiinankaupungissa ja Vaasassa, puunjalostusteollisuus ja siihen liittyvä energiantuotanto Pietarsaareissa ja Kaskisissa, metallinjalostus ja kemianteollisuus Kokkolassa sekä turvevoimalaitos Seinäjoella. Muilla paikkakunnilla merkittävin päästölähde tyypin oksidien osalta on liikenne ja hiukkasten osalta kiinteistökohtainen lämmitys.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt ovat jakautuneet kuntiin huomattavasti tasaisemmin kuin teollisuuden ja energiantuotannon päästöt. Monissa maaseutumaisissa kunnissa tämän sektorin päästöt ovat huomattavat, mikä näkyy erityisesti hiukkasten päästömäärissä.

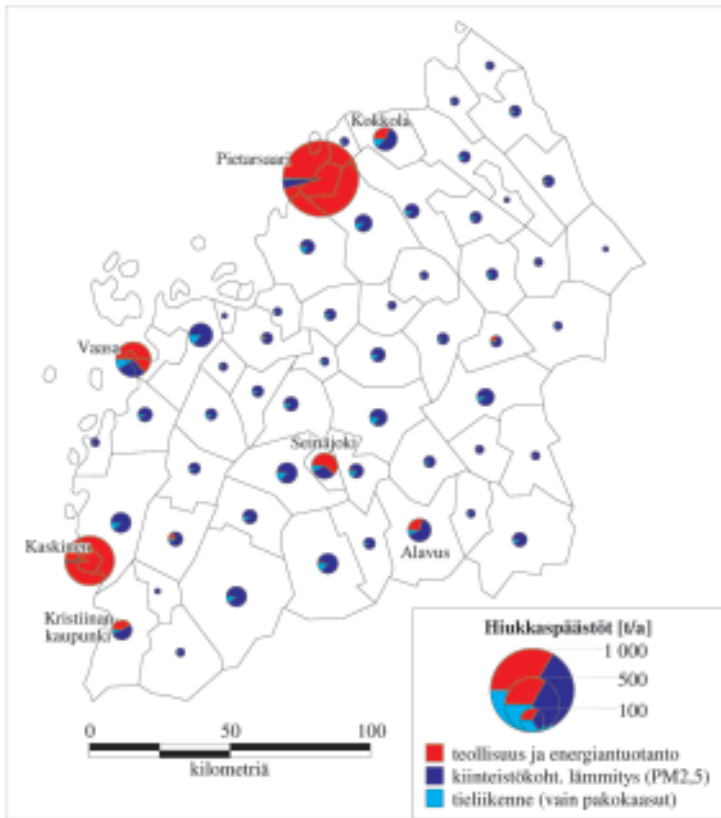
Kuntakohtaiset ammoniakkipäästöt on esitetty kuvassa 14. Tarkasteltaessa Länsi-Suomen alueen ammoniakkipäästöjä, jotka syntyvät lähes yksinomaan eläinten lannan käsittelyssä, suurimmat päästömäärät syntyvät aivan eri kunnissa kuin muut päästökäsitteet. Turkistarhauksen huomattava merkitys näkyy Pietarsaaren seudun päästötasossa.



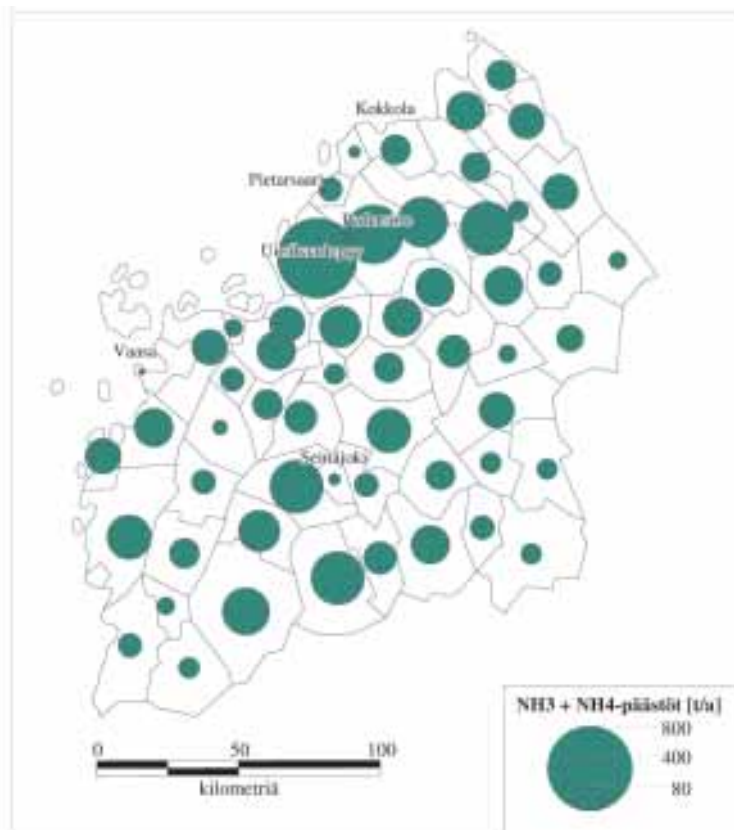
Kuva 11. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen rikkidioksidipäästöt kunnittain. (Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen päästötiedot vuodelta 2003 sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen päästötiedot vuodelta 2000.)



Kuva 12. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen typen oksidien päästöt kunnittain. (Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen päästötiedot vuodelta 2003 sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen päästötiedot vuodelta 2000.)



Kuva 13. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen hiukkaspäästöt kunnittain. (Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen päästötiedot vuodelta 2003 sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen päästötiedot vuodelta 2000.)



Kuva 14. Ammoniakkipäästöt Länsi-Suomen ympäristökeskuksen kunnissa vuonna 2002. Su- luissa kuhunkin luokkaan kuuluvien kuntien määrä.



Kuva: Marita Björkström

5

ILMANLAADUN ARVIOINTI SEURANTA-ALUEELLA

Harri Pietarila & Timo Salmi

5.1 Ilmanlaadun alustava arviointi

Alustavassa arvioinnissa kootaan käytettävissä olevat tiedot ilmanlaadusta ja tehdään ensimmäinen epäpuhtaustasojen määrittäminen, jotta voidaan esittää ilmanlaadun seurannalle ja tarkkailulle asetettavat vaatimukset eri alueilla. Ilmanlaadun alustavalle arvioinnille on valmisteltu arviointiohje (Van Aalst et al. 1998). Ilmanlaadun arviointiin voidaan mittausten lisäksi käyttää myös muita arviointimenetelmiä. Ilmanlaadun arvioinnissa (ilman epäpuhtauksien tason määrittäminen) tulevatkin kyseeseen lähinnä mittaukset ja mallintaminen sekä niiden tukena päästökartoitukset. Ilmanlaadun arvioinnin luotettavuutta voidaan parantaa käyttämällä hyväksi kaikkia em. kolmea arviointimenetelmää yhdessä.

Alustavassa arvioinnissa saatujen tietojen perusteella voidaan määrittää, millä tavalla ilmanlaadun seuranta vähintään tulee tehdä. Ilmatieteen laitos on tehnyt koko Suomea koskevat ensimmäisen, toisen ja kolmannen tytärdirektiivin ilman epäpuhtauksia koskevat alustavat arvioinnit. Näitä arviointeja koskevat raportit löytyvät Ilmatieteen laitoksen www-sivuilta (http://www.fmi.fi/ilmanlaatu/ilakaupu_6.html). Parhaillaan on valmisteilla ilmanlaadun alustava arviointi raskasmetalleille ja PAH-yhdisteille.

Ilmanlaadun alustavan arvioinnin tulokset tulisi esittää karttoina, joista ilmenevät raja-arvojen ja arviointikynnysten tai otsonin osalta tavoitearvojen ja pitkän ajan tavoitteiden todennäköiset ylittymisalueet tai alueet, joilla tulee käyttää tiettyä menetelmää ilmanlaadun seurantaan (vrt. kpl. 2.2.1).

Koska ilmanlaatu muuttuu ajan kuluessa mm. aktiviteettien (liikenne, teollisuus, väkiluku) muuttumisen, tekniikan kehittymisen ja ilmanlaadun hallinnassa tapahtuvien muutosten myötä, täytyy myös ilmanlaadun arviointi uusina säännöllisesti. Ilmanlaadun arviointi ilmanlaadun seurannassa käytettävien alueiden luokittelun tarkistamiseksi tulee uusina vähintään viiden vuoden välein tai aikaisemmin, jos on oletettavissa että pitoisuudet ovat muuttuneet olennaisesti.

5.2 Ilmatieteen laitoksen tausta-asetat

Tutkimusalueen ilmanlaatuun vaikuttavat sen omien päästöjen lisäksi muualta Suomesta peräisin olevat ja ulkomailta kaukokulkeutuneet päästöt. Kauempaa kulkeutuneiden päästöjen aiheuttamia vaikutuksia tutkimusalueen ilmanlaatuun voidaan arvioida mm. Ilmatieteen laitoksen tausta-asetaverkon (kuva 15) havaintojen perusteella. Taulukossa 16 on esitetty tausta-asetilla mitattavat epäpuhtaudet asemittain. Lisätietoja tausta-alueiden ilmanlaadun seurannasta löytyy Ilmatieteen laitoksen www-sivuilta: <http://www.fmi.fi/ilmanlaatu/ilatausta.html>.



Kuva 15. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun tausta-asetaverkko.

5.3 Kuntien ilmanlaatumittaukset

Taulukossa 17 esitetään vuonna 2003 toiminnassa olleet Länsi-Suomen seuranta-alueen kaupunkien ja kuntien ylläpitämät jatkuvatoimiset ilmanlaadun mittausasemat ja niillä mitattavat ilman epäpuhtaudet. Ilmanlaatumittauksia tehtiin Länsi-Suomen alueella kaupunkien ja kuntien toimesta yhteensä kymmenen asemalla: Pietarsaaressa kahdella, Kokkolassa kolmella, Seinäjoella yhdellä, Suupohjassa kahdella ja Vaasassa kahdella asemalla. Asemista seitsemän on luokiteltu kaupunki tai esikaupunkialueella sijaitseviksi liikenneasemiksi ja loput kolme teollisuusasemiksi. Seuranta-alueella ei ole nykyisin yhtään varsinaista kaupunkitausta-asetmaa. Asemilla mitataan jatkuvatoimisesti rikkidioksidia, typen oksideja, hiukkasia, hiilimonoksidia ja pelkistyneitä rikkiyhdisteitä sekä lisäksi sääparametreja. Raja-arvoa valvovina asemina on EU:lle raportoitu Pietarsaaren Bottenviksvägenin liikenneaseman PM_{10} - ja NO_2 -tulokset sekä Kokkolan ja Vaasan keskustan liikenneasemien PM_{10} -tulokset. Suomen kaikki EU:lle raportoitavat mittausasemat on esitetty liitteessä 4 ja liitteessä 5 on esitetty esimerkkinä Vaasan keskustan mittausaseman asemakuvaus.

Taulukko 16. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun tausta-asemien mittausohjelmat vuonna 2005.

MITTAUS- OHJELMA Asema	Pitoisuudet ilmassa											Pitoisuudet laskeumassa	
	Kaasut				Hiukkaset					Kaasut+hiukkaset		Pää- ionit	Me- tallit
	SO ₂	NO ₂	O ₃	VOC	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₄	Me- tallit	Muut	HNO ₃ + NO ₃	NH ₃ + NH ₄		
EMEP													
Ähtäri	vko	t	t				vko			vko	vko	vko	
Utö	t&vrk	t	t	2/vko	t		vrk		vrk	vrk	vrk	vko	
Violahti	t&vrk	t	t		t	t	vrk		vrk	vrk	vrk	vko	kk
Oulanka	t&vko	t&kk	t				vko			vko	vko	vko	kk
AMAP&GAW													
Pallas	vrk		t	2/vko		t	vrk	vko	vrk	vrk	vrk	vko	kk
IM													
Hietajärvi		kk										kk	kk
Kotinen		kk										kk	kk
Kevo		kk											kk
HELCOM													
Hailuoto												vko	kk
MUUT													
Ilomantsi	t		t										
Lammi Evo			t										
Jokioinen			t										
Sodankylä			t									kk	
Raja-Jooseppi	t		t										
Kevo												kk	
Sevettijärvi												kk	kk
Väriö	3/vko						3/vko			3/vko			
Hyytiälä	3/vko						3/vko	3/vko	3/vko	3/vko	3/vko		

Analysoidut komponentit

VOC: haihtuvat hiilivedyt, mm. bentseeni

Metallit: Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, Co, Cr

Hiukkasten muut: Na, K, Ca, Mg

Pääionit laskeumassa: H⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca₂⁺, Mg₂⁺, NH₄⁺, pH, sähkönjohtokyky

Näytteenottotaajuus tai tulosten taajuus

t=tunti (jatkuva toiminen monitori), vko=viikko, vrk=vuorokausi, kk=kuukausi, 3/vko = kolme näytettä viikossa, 2/vko = 2 näytettä viikossa.

Taustailmanlaadun mittausohjelmat

EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe)

- YK:n Euroopan talouskomission (ECE) Eurooppaa koskeva ilman epäpuhtauksien seuranta- arviointiohjelma

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) - Arktisen neuvoston alainen arktisten alueiden ympäristön tilan seuranta- ja arviointiohjelma

GAW (Global Atmosphere Watch) - Maailman ilmatieteen järjestön seurantaohjelma, jossa tutkitaan koko maapallon kattavasti ilmakehän kemiallista koostumusta ja taustailman fysikaalisia ominaisuuksia.

IM (Integrated Monitoring): Ympäristön yhdennetty seuranta. ECE:n koordinoima ympäristön seurantaohjelma, jolla pyritään kartoittamaan ilmaleviteisten epäpuhtauksien pitkäaikaisvaikutuksia koko ekosysteemin tilaan.

HELCOM (Helsinki Commission) - Itämeren suojelukomission ilmaleviteisen epäpuhtauskuormituksen seurantaohjelma

Taulukko 17. Ilmanlaadun mitaukset Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella vuonna 2003.

Mittausverkko	Mittausasema	Sijaintikunta	Alueen tyyppi	Aseman tyyppi	Alku-vuosi	Mittausparametrit 2004	Kuuluminen EU-seurantaohjelmiin*
JAKOBSTAD	Vikarholmen	Luoto	esikaupunki	teollisuus	2001	SO ₂ , TRS, lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, suhteellinen kosteus	Dir1: PM ₁₀ , NO ₂ Eol: PM ₁₀ , NO ₂
JAKOBSTAD	Bottenviksvägen	Pietarsaari	kaupunki	liikenne	1994	PM ₁₀ , NO ₂ , NO _x	Dir1: PM ₁₀ , NO ₂ Eol: PM ₁₀ , NO ₂
KOKKOLA	Keskusta, Pitkän sillankatu	Kokkola	kaupunki	liikenne	1998	SO ₂ , TRS, PM ₁₀ , NO ₂ , NO _x , O ₃	Dir1: PM ₁₀ Eol: PM ₁₀
KOKKOLA	Rautatiekatu	Kokkola	kaupunki	liikenne	2003	PM ₁₀ , SO ₂	
KOKKOLA	Yksipihlaja	Kokkola	esikaupunki	teollisuus	1990	PM ₁₀ , NO _x	
SEINÄJOKI	Vapaudentie	Seinäjoki	kaupunki	liikenne	1993	lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, suhteellinen kosteus	
SUUPOHJA	Kaskinen	Kaskinen	esikaupunki	teollisuus	1993	SO ₂ , TRS	
SUUPOHJA	Kristiinan-kaupunki3	Kristiinan-kaupunki	esikaupunki	liikenne	2003	PM ₁₀ , NO ₂ , NO _x	
VAASA	Vaasan keskusta	Vaasa	kaupunki	liikenne	2001	PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , NO _x , CO	Dir1: PM ₁₀ , Eol: PM ₁₀ , CO
VAASA	Vaasan Sähkö	Vaasa	kaupunki	liikenne	1992	O ₃ , lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta	

* Dir1: Euroopan neuvoston direktiivi (1999/30) ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin ja typen oksidien, hiukkasten ja liiyn pitoisuuksien raja-arvoista.

* Eol: Euroopan neuvoston päätös ilman epäpuhtauksia mitraavien jäsenvaltioiden mittausasemaverkostojen ja yksittäisten mittauksien tietojenvaihtojärjestelmän käyttöönottamisesta (97/101/EY)

5.4 Leviämismallilaskelmat

Länsi-Suomen alueella ei ole viime vuosina tehty kattavia paikallisia leviämismalliselvityksiä, joissa olisi pyritty arvioimaan tarkastelualueen kokonaispitoisuuksia niin, että kaikki alueen oleelliset päästölähteet olisi otettu huomioon mallilaskelmissa. Alueelle on kuitenkin tehty useita leviämiselvityksiä yksittäisten teollisuus- ja energiantuotantolaitosten päästöille, joissa on selvitetty tarkasteluun valitun päästölähteen vaikutusta tutkimusalueen ilmanlaatuun. Viime vuosina yksittäisten laitosten leviämiselvityksiä on tehty muun muassa Vaasassa, Pietarsaaressa ja Kokkolassa. Leviämiselvitykset ovat liittyneet yleensä laitosten lupaprosessiin tai YVA-menettelyyn. Mallilaskelmia on tehty pääasiassa rikkidioksidille, typen oksideille, hiukkasille ja pelkistyneille rikkiyhdisteille. Muutamissa selvityksissä on tarkasteltu lisäksi hiilivetyjä. Tässä projektissa tehtiin lisäksi seuranta-suunnitelman laatimisen tueksi leviämismallilaskelmia liikenteen päästöille Vaasassa, Kokkolassa ja Seinäjoella. Mallilaskelmissa tarkasteltiin liikenteen päästöjen aiheuttamia typenoksidi- ja hiilimonoksidipitoisuuksia kaupunkiympäristössä katukuilumallilla (OSP-malli). Tulokset on raportoitu erillisraportissa Kauhaniemi & Alaviippola, 2005. Yhteenvedo mallien tuloksista esitetään liitteessä 6.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja laskeumaa tausta-alueilla voidaan arvioida mittausten lisäksi myös kaukokulkeumamallien tulosten perusteella. Suomen alueelta ovat käytävissä EMEPin kaukokulkeumamallien (http://www.emep.int/index_pollutants.html) ja Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin (http://www.fmi.fi/tutkimus_mallit/mallit_12.html) tulokset. Kaukokulkeumamallien tulokset kuvaavat kokonaislaskeuman eli ne sisältävät sekä märkä- että kuivalaskeuman toisin kuin laskeumamittaukset, jotka antavat tulokseksi lähinnä märkälaskeuman osuuden. Mallien tuottamat pitoisuus- ja laskeuma-arvot kuvaavat tietyn suuruisen alueen keskimääräisiä arvoja tarkasteluvuonna, eikä tuloksista voida siis arvioida päästölähteiden lähialueiden tai esimerkiksi kaupunkialueiden pitoisuuksia.

5.5 Ilmanlaadun arviointi Länsi-Suomen seuranta-alueella

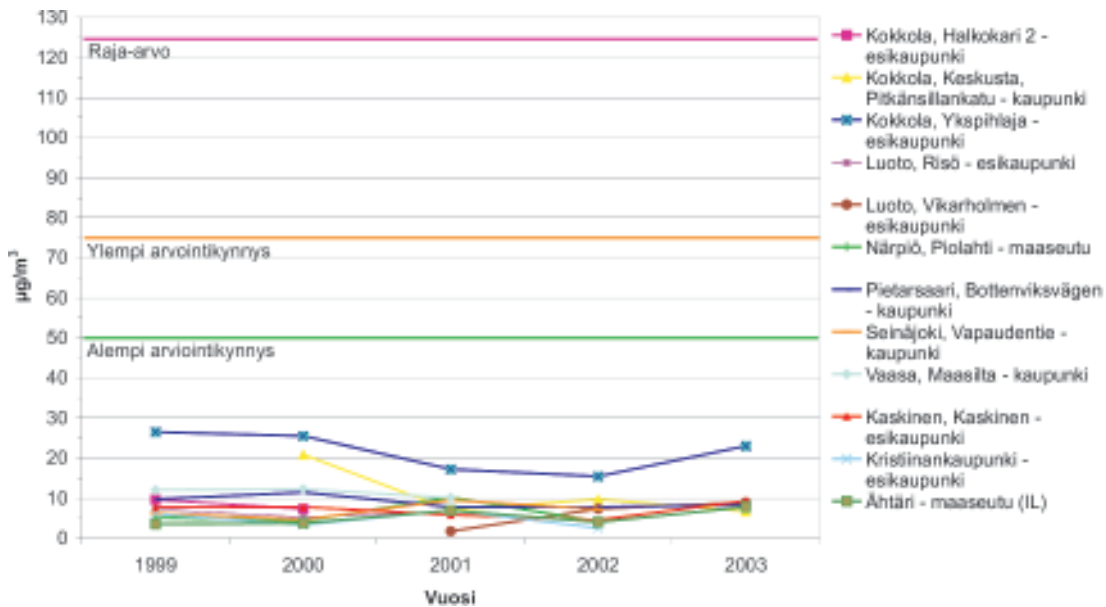
5.5.1 Rikkidioksidi

Rikkidioksidipitoisuuksia on viime vuosina mitattu Länsi-Suomen seuranta-alueella Kaskisissa, Kokkolassa, Kristiinankaupungissa, Luodossa, Närpiössä, Seinäjoella, Vaasassa sekä Pietarsaaressa yhteensä 11 asemalla. Jatkuvat toimivia rikkidioksidipitoisuuden mittauksia tehtiin vuonna 2003 neljällä asemalla (taulukko 17). Em. kuntien mittausten lisäksi rikkidioksidipitoisuuksia on mitattu Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-aseamalla. Vuosina 1999-2003 mitatut rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet kaikilla asemilla selvästi alle ohje- ja raja-arvojen (kuvat 16-20). Suurimmat rikkidioksidipitoisuudet on mitattu Kokkolan Ykspihlajan asemalla, joka sijaitsee teollisuusalueen välittömässä läheisyydessä.

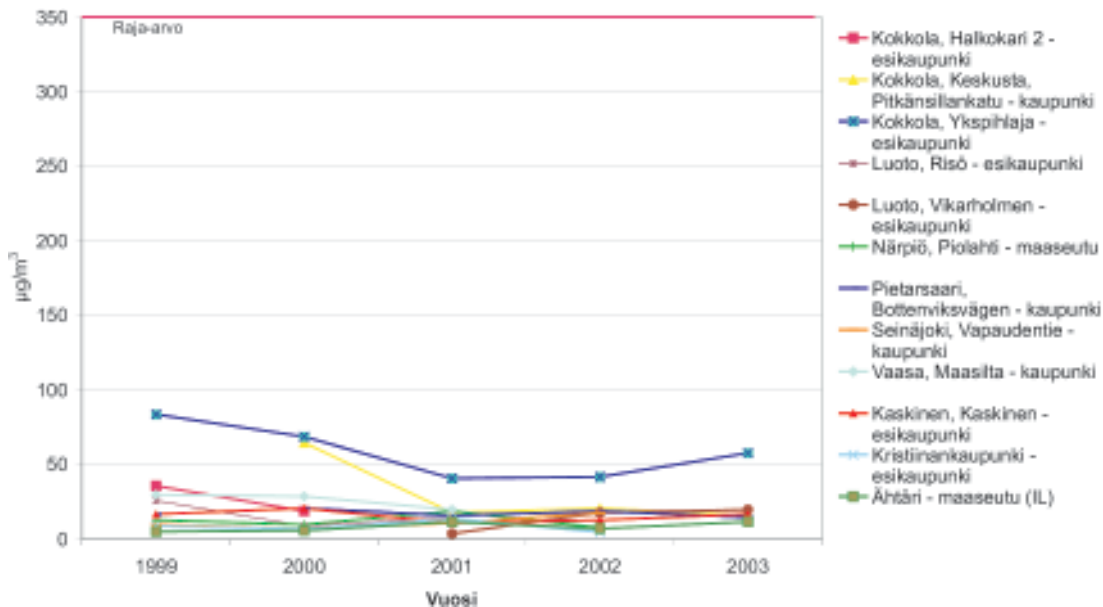
Terveysvaikutusten ehkäisemiseksi annettu rikkidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvoa koskeva raja-arvo sekä alempi arviointikynnys on alittunut selvästi kaikilla Länsi-Suomen alueen mittausasemilla, myös Ykspihlajassa. Ykspihlajan asemaa lukuun ottamatta muilla asemilla mitatut pitoisuudet ovat olleet suhteellisen lähellä tausta-alueiden pitoisuustasoja. Rikkidioksidipitoisuuden 4. korkein vuorokausikeskiarvo on ollut korkeimmillaan vuosina 1999 ja 2000 Ykspihlajassa hieman yli 25 mg/m^3 , kun alempi arviointikynnys on 50 mg/m^3 (kuva 16). Länsi-Suomen alueella mitatut rikkidioksidipitoisuudet ovat alittaneet selvästi

myös terveysvaikutusten ehkäisemiseksi annetun tuntiraja-arvon. Ajanjaksolla 1999-2003 korkeimmat raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ovat olleet alle 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kun vastaava raja-arvo on 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 17).

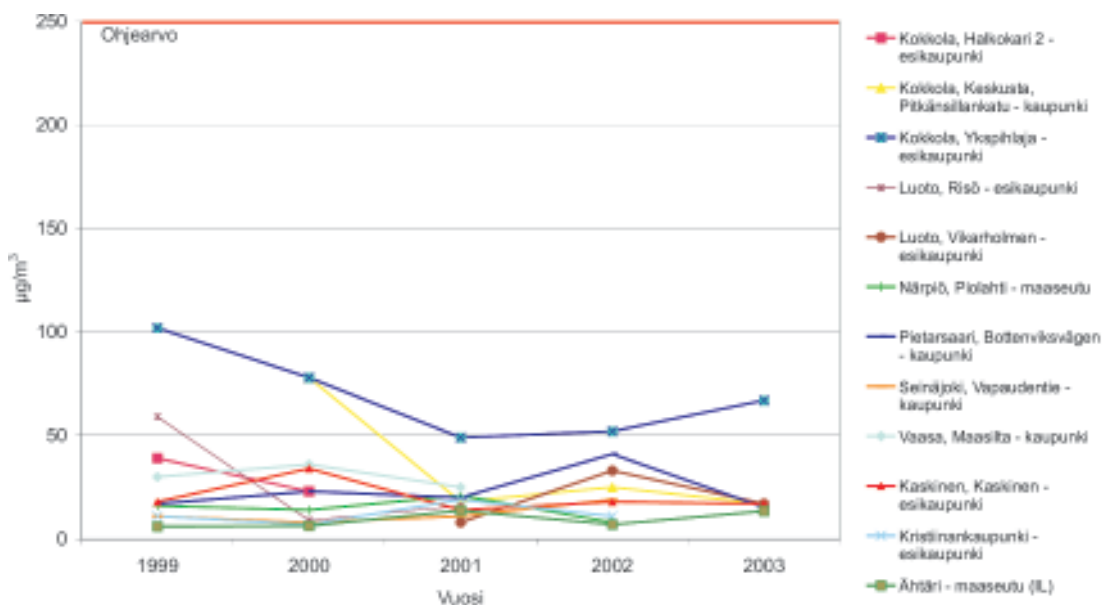
Ohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet kaikilla ase-
milla alle puolet vuorokausi- ja tuntiohjearvosta (kuvat 18-19).



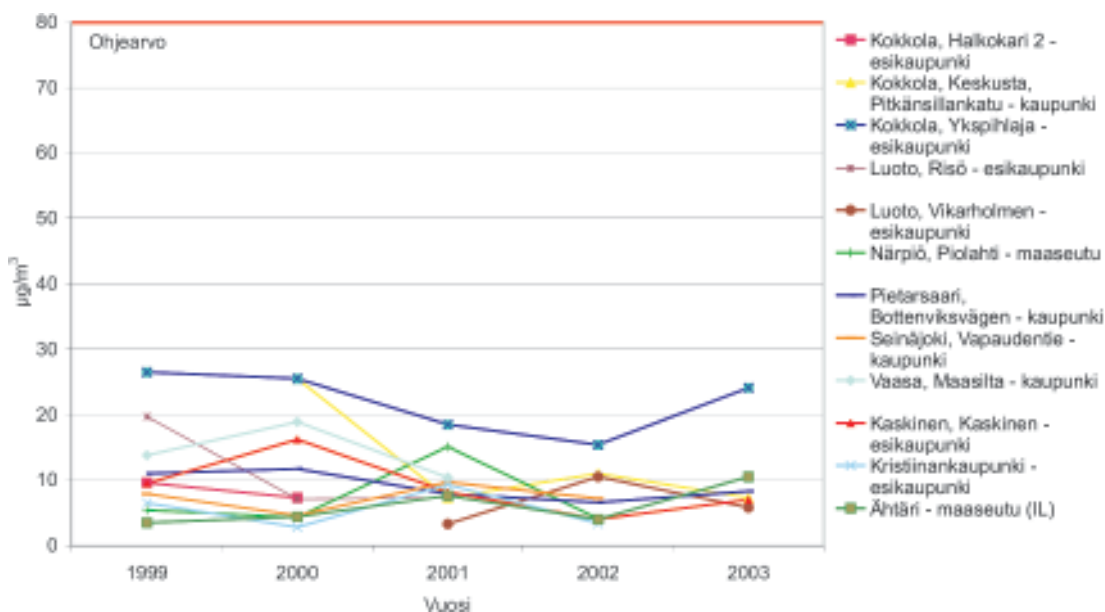
Kuva 16. Rikkidioksidipitoisuuden 4. korkein vuorokausikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alempi arviointikynnys 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).



Kuva 17. Rikkidioksidipitoisuuden 25. korkein tuntikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).



Kuva 18. Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen rikkidioksidipitoisuus (kuukauden tuntiarvojen 99.prosenttipiste) Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).

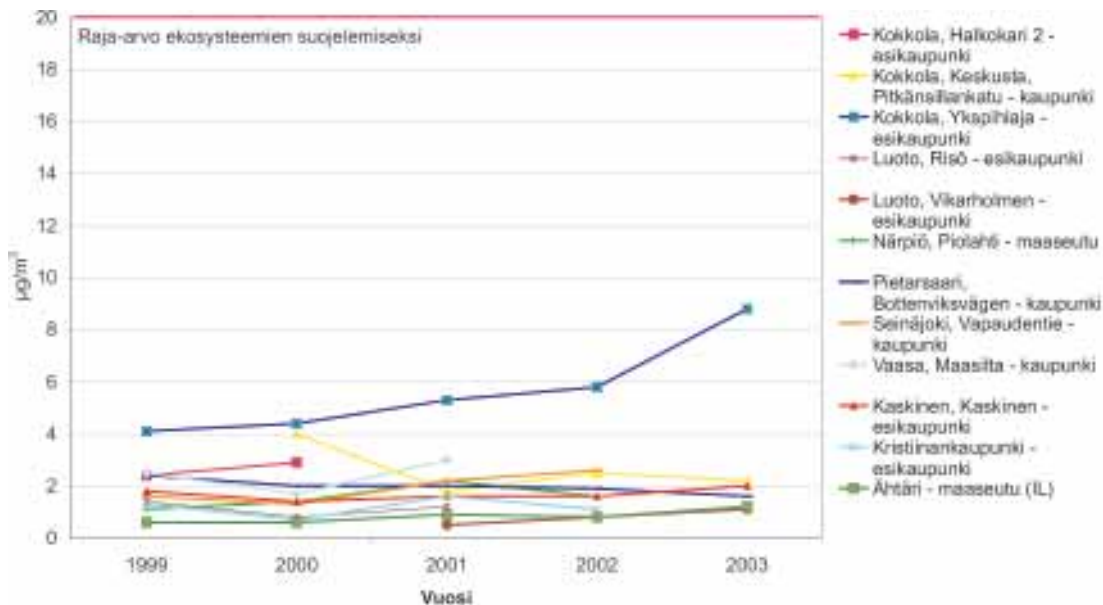


Kuva 19. Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen rikkidioksidipitoisuus (kuukauden 2. suurin vuorokausiarvo) Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).

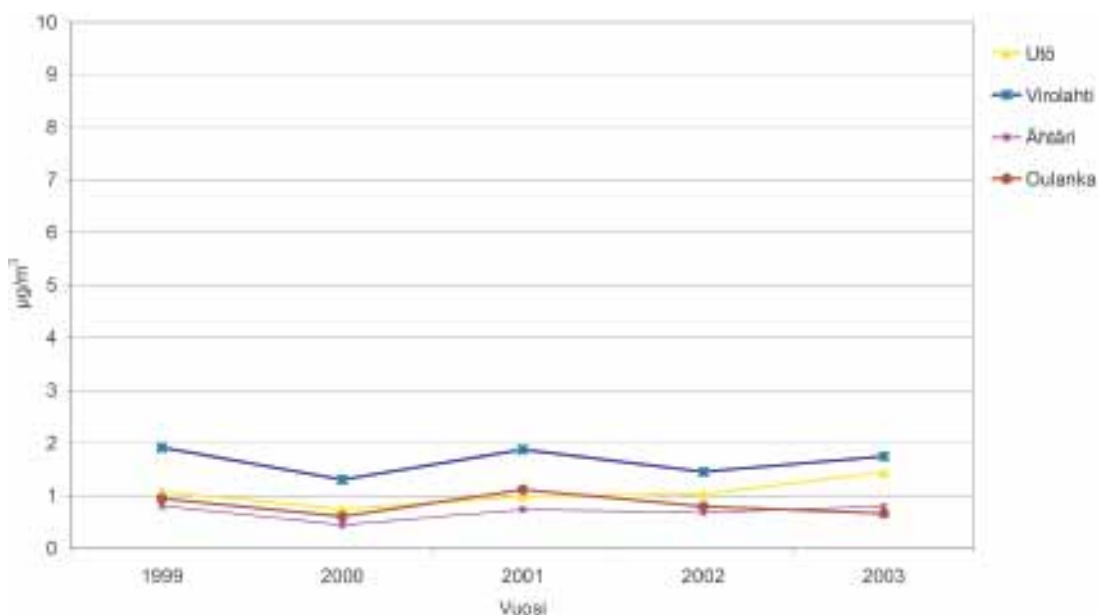
Ekosysteemien suojelemiseksi annettu vuosi-/talvikeskiarvoa koskeva raja-arvo on alittunut vuosina 1999-2003 kaikilla asemilla selvästi (kuva 20). Myös alempi arviointikynnys (ylitys kolmena vuotena viidestä) on alittunut kaikilla asemilla. Ainoastaan Kokkolan Ykspihlajan asemalla mitatut pitoisuudet ovat ylittäneet alemman arviointikynnyksen yksittäisenä vuonna. Ykspihlajassa rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut nousussa viime vuosina ja vuosikeskiarvoa koskeva alempi arviointikynnys ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi vuonna 2003. Muilla Länsi-Suomen seuranta-alueen mittauspaikoilla alempi arviointikynnys on alittunut selvästi. Ykspihlajan asema sijaitsee teollisuusalueen välittömässä läheisyydessä, eikä ekosysteemiperusteista raja-arvoa sovelleta siellä, kuten ei yleensä muillakaan

kaupunkien mittausasemien sijaintipaikoilla. Näidenkin asemien tulokset ovat kuitenkin käyttökelpoisia arvioitaessa alueen suurimpia pitoisuustasoja ja arviointikynnysten ylittymistä tarkastelualueella. Ekosysteemien suojelemiseksi annettu vuosiraja-arvo on voimassa laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

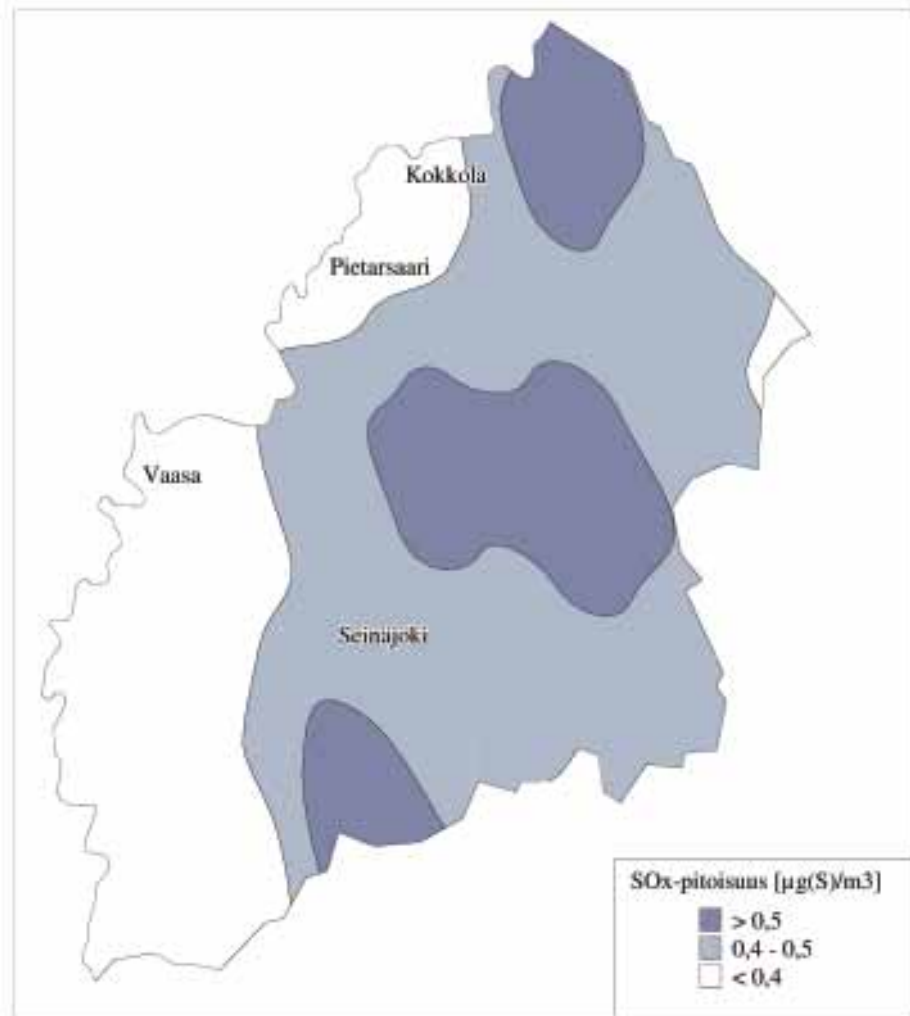
Kuvaan 21 on koottu rikkidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvoja eräiltä Ilmatieteen laitoksen taustahavaintoasemilta, joista tutkimusaluetta lähinnä sijaitsee Ähtäri. Kuvasta 21 havaitaan rikkidioksidipäästöjen aiheuttaman kuormituksen olevan voimakkainta Virolahden tausta-aseamalla. Virolahdella pitoisuuksiin vaikuttavat selvästi muun muassa Pietarin alueelta Venäjän puolelta kulkeutuvat päästöt. Vuosina 1999-2001 rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut Ähtärissä alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 20. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo ekosysteemien suojelemiseksi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alempi arviointikynnys $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).



Kuva 21. Rikkidioksidin (SO_2) vuosikeskiarvopitoisuudet eräillä Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla vuosina 1999-2003 (Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmä ILSE).



Kuva 22. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).

Länsi-Suomen seuranta-alueella ei ole viime vuosina tehty kattavia rikkidioksidipäästöjen leviämismallilaskelmia, joilla olisi pyritty arvioimaan tietyn alueen kokonaispitoisuuksien tasoa. Leviämismallilaskelmia on tehty ainoastaan yksittäisille teollisuus- ja energiantuotantolaitoksille muun muassa Pietarsaassa, Kokkolassa ja Vaasassa. Tehtyjen yksittäisten leviämislaskelmien tulosten mukaan tarkasteltujen päästöjen aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet alittavat ohje- ja raja-arvot varsin selvästi. Eräiden yksittäisten teollisuuslaitosten päästöt saattavat häiriötilanteissa kuitenkin lyhytaikaisesti aiheuttaa varsin korkeitakin rikkidioksidin lyhytaikaispitoisuuksia. Korkeimmillaan rikkidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvot saattavat olla useita satoja $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pahimmillaan häiriöpäästöjen aiheuttamien rikkidioksidipitoisuuksien tuntikeskiarvot ovat olleet tuhansia $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

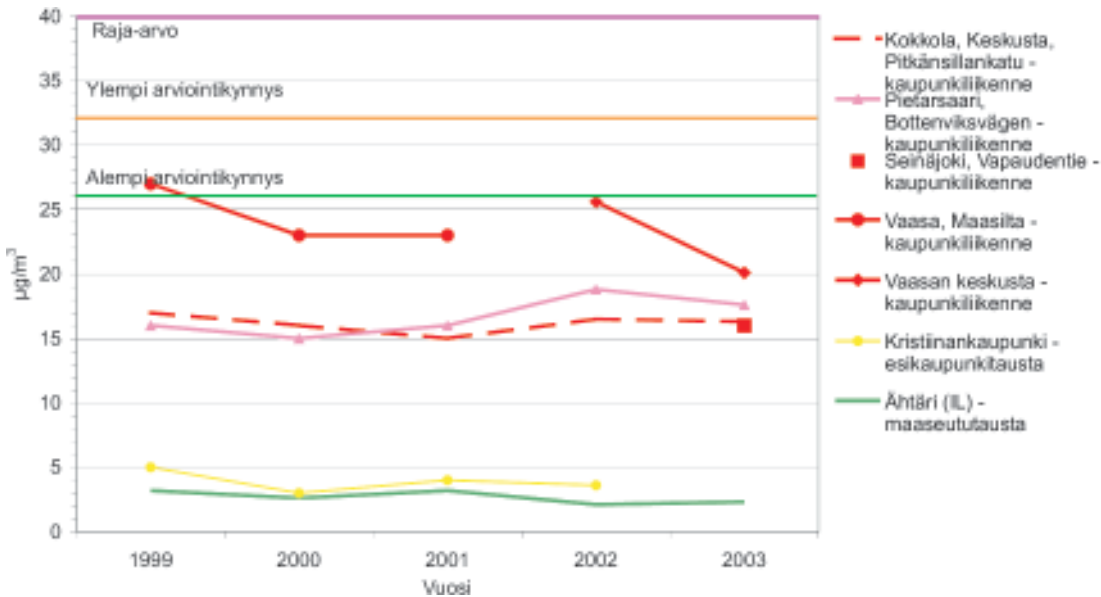
Kuvassa 22 on esitetty HILATAR-mallilla saadut rikkidioksidipitoisuudet Länsi-Suomen alueella. Kaukokulkeumamallin tuloksista havaitaan, että rikkidioksidin taustapitoisuuksien taso ei merkittävästi vaihtelee eri osissa Länsi-Suomen seuranta-alueella ja että pitoisuuksien taso on samaa suuruusluokkaa kuin Ähtärin asemalla mitatut pitoisuudet.

5.5.2 Typen oksidit

Typenoksidipitoisuuksia on viime vuosina mitattu Länsi-Suomen seuranta-alueella Kokkolassa, Kristiinankaupungissa, Pietarsaassa, Seinäjoella ja Vaasassa yhteensä kuudella asemalla (taulukko 17). Vuosina 1999-2003 mitatut typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet kaikilla asemilla selvästi alle terveysperusteisen raja-arvon ja ylemmän arviointikynnyksen (kuva 23). Alempi arviointikynnys on sen sijaan hienokseltaan ylittynyt Vaasan keskustan mittausasemalla (kaupunkiliikenneasema) vuonna 1999. Raja-arvoon verrannolliset tuntikeskiarvot ovat ylittäneet ylemmän arviointikynnyksen muutamana vuonna Vaasan keskustassa (Kuva 24). Kristiinankaupungin esikaupunkitausta-asetalla mitatut typpidioksidipitoisuudet ovat olleet samaa suuruusluokkaa kuin Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-asetalla.

Vaasan keskustan asemalla mitatut typpidioksidipitoisuudet ovat ylittäneet muutamina vuosina myös ilmanlaadun ohjearvot (kuvat 25-26). Muilla asemilla pitoisuudet ovat olleet alle ohjearvojen.

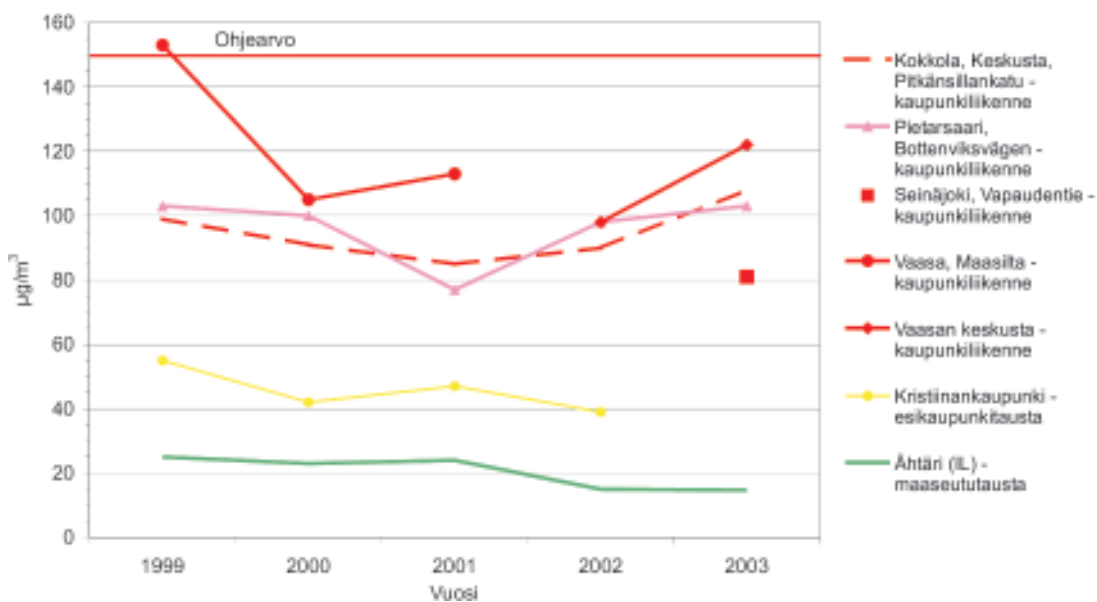
Ilmatieteen laitoksen tausta-asetalla mitatut typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot vuosina 1999-2001 on esitetty kuvassa 27. Typenoksidipäästöjen aiheuttama kuormitus on suurinta Virolahdella ja Utössä. Utössä havaitaan Suomen eteläisten ja lounaisten ilmapirtausten mukana Keski-Euroopasta kulkeutuvien typenoksidipäästöjen kohottava vaikutus. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut Ähtärissä noin $2-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kasvillisuuden suojelemiseksi annettu typenoksidipitoisuuden vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja alempi arviointikynnys ($19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittuvat selvästi tausta-alueilla.



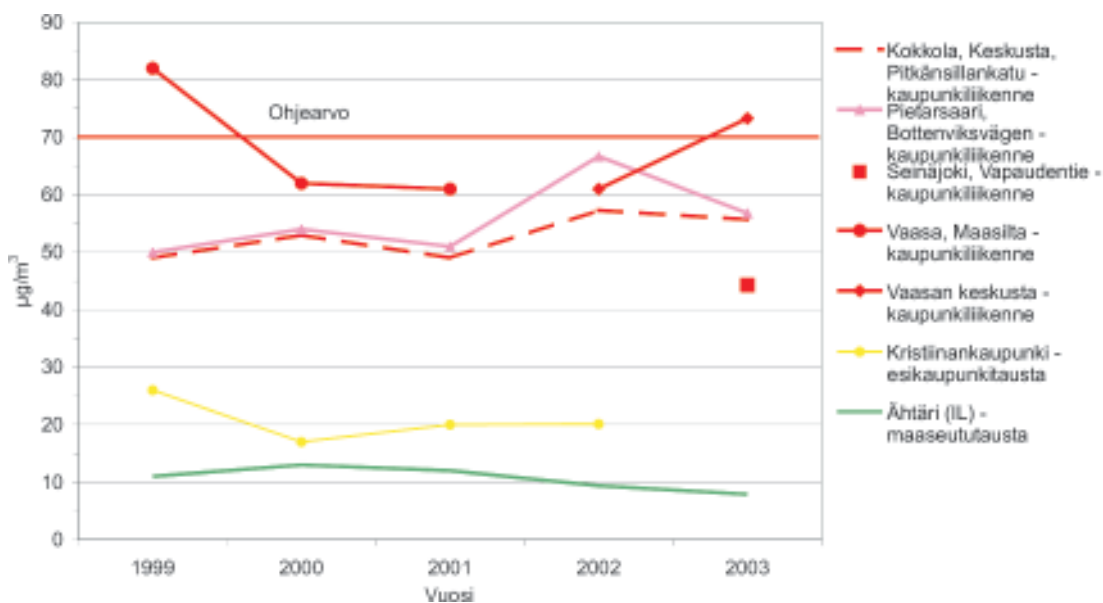
Kuva 23. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ILSE 2004).



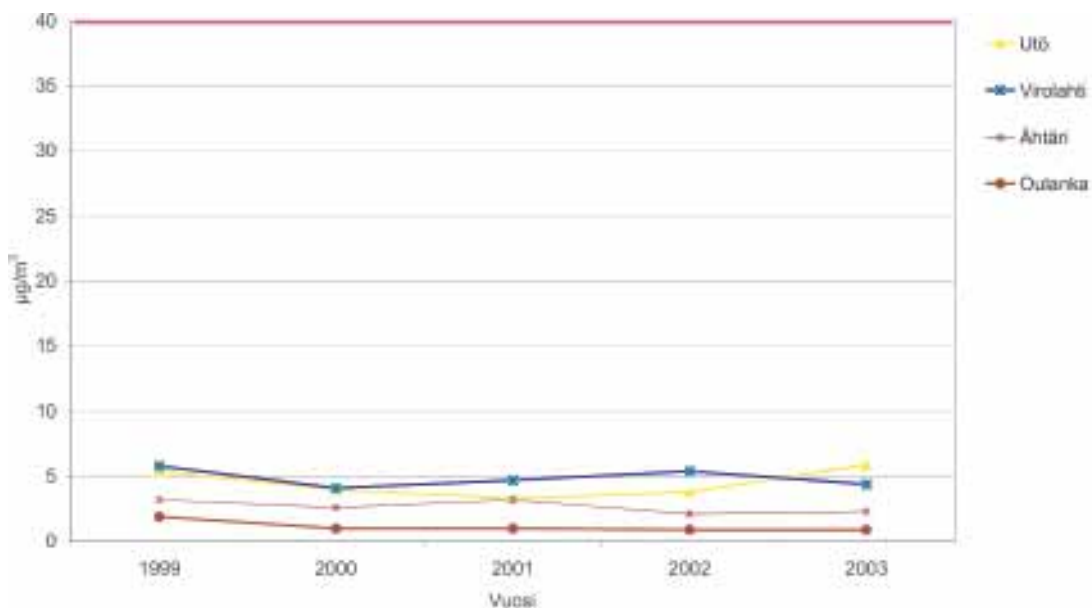
Kuva 24. Typpidioksidipitoisuuden 19. korkein tuntikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo 200 µg/m³) (ILSE 2004).



Kuva 25. Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen typpidioksidipitoisuus (kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste) Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo 150 µg/m³) (ILSE 2004).



Kuva 26. Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen typpidioksidipitoisuus (kuukauden 2. suurin vuorokausiarvo) Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo 70 µg/m³) (ILSE 2004).

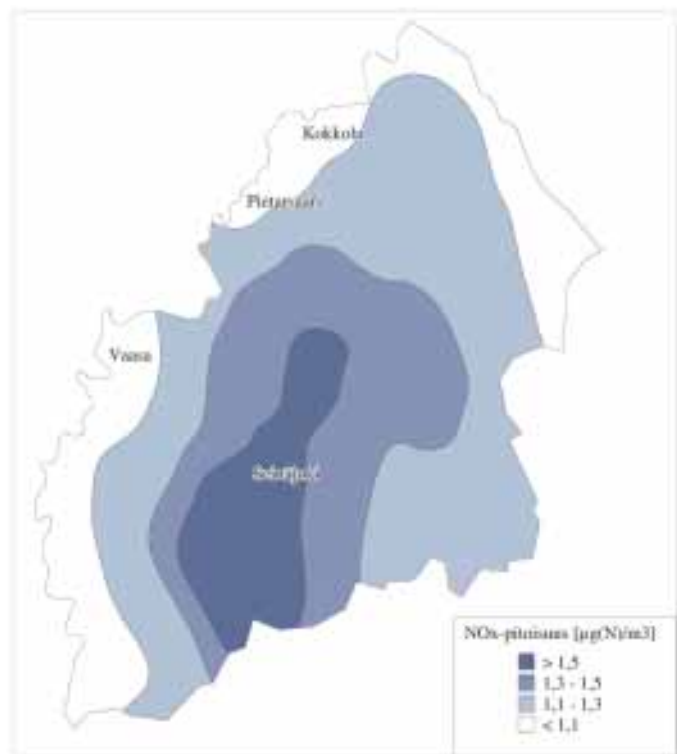


Kuva 27. Typpidioksidin (NO₂) vuosikeskiarvopitoisuudet erällä Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla vuosina 1999-2003 (Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmä ILSE).

Länsi-Suomen seuranta-alueella on tehty typenoksidipäästöjen leviämismallilaskelmia ainoastaan yksittäisille teollisuus- ja energiantuotantolaitoksille muun muassa Vaasassa ja Pietarsaassa. Alueella ei ole tehty esimerkiksi kaupunkialueiden kokonaismallinnuksia, joissa olisi otettu huomioon autoliikenteen typenoksidipäästöt. Näin ollen kaupunkialueiden typenoksidipitoisuuksien alueellisesta vaihtelua tai maksimipitoisuuksien tasoa ei voida arvioida kovin tarkasti. Tehtyjen yksittäisten leviämislaskelmien tulosten mukaan energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet ovat erittäin pieniä esimerkiksi suhteessa ohje- ja raja-arvoihin tai kaupunkialueilla mitattuihin kokonaispitoisuuksiin.

Liitteessä 6 esitetään yhteenveto tämän projektin yhteydessä Vaasaan, Kokkolaan ja Seinäjoelle katukuilumallilla laskettujen typpidioksidipitoisuuksista muutamilla katuosuuksilla. Mallin tulosten mukaan typpidioksidipitoisuudet alittavat varsin selvästi raja-arvot. Tässä tutkimuksessa katukuilumallilla saadut pitoisuudet ovat jonkin verran pienempiä kuin vastaavissa kohteissa mitatut pitoisuudet. Keskeisimpiä epävarmuustekijöitä tässä projektissa tehdyissä katukuilumallilaskelmissa olivat se, että tarkastelukohteet eivät ole varsinaisia katukuiluja ja ettei mallilaskelmiin tarvittavaa taustapitoisuutta voitu määrittää tarpeeksi luotettavasti. Taustapitoisuudet jouduttiin arvioimaan Ähtärin tausta-aseamalla mitatuista pitoisuuksista. Myös lähtötietoina käytettyihin liikennemäärätietoihin sisältyi epävarmuuksia. Katukuilumallilaskelmien tulokset ja niihin liittyvät epävarmuudet on esitetty tarkemmin tutkimusraportissa Kauhaniemi & Alaviippola, 2005.

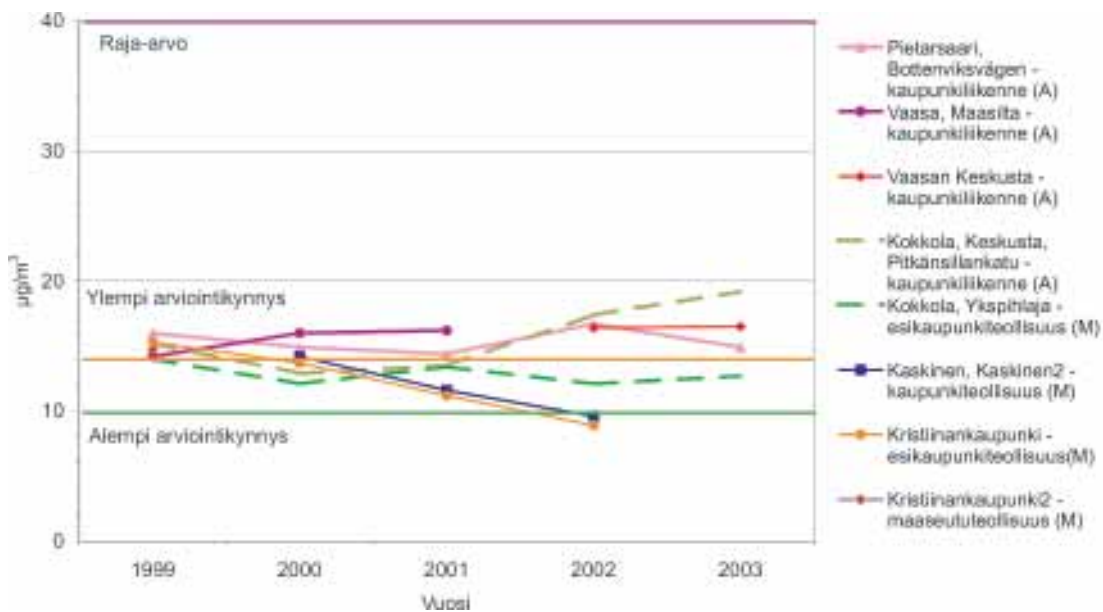
Kuvassa 28 on esitetty HILATAR-mallin tuloksena saadut typenoksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Länsi-Suomen alueella. Kaukokulkeumamallin tuloksista havaitaan, että typen oksidien taustapitoisuuksien taso ei juuri vaihtelee eri osissa Länsi-Suomen seuranta-aluetta ja että pitoisuuksien tason on samaa suuruusluokkaa kuin Ähtärin asemalla mitatut pitoisuudet.



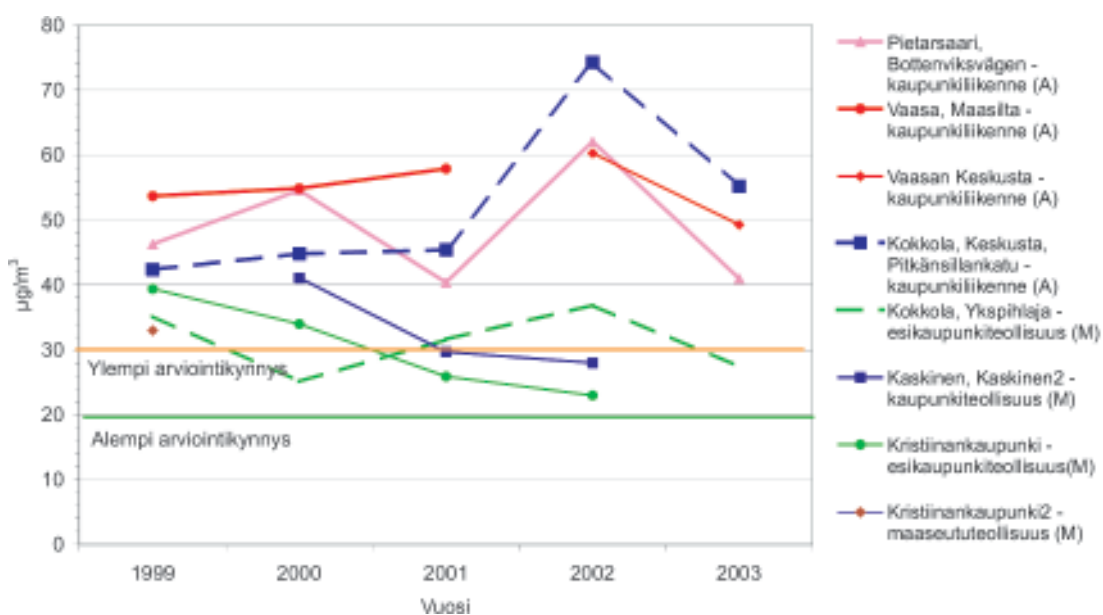
Kuva 28. Typenoksidipitoisuuden vuosikeskiarvo vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).

5.5.3 Hiukkaspitoisuudet

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on viime vuosina mitattu Länsi-Suomen seuranta-alueella Kaskisissa, Kokkolassa, Kristiinankaupungissa, Närpiössä, Pietarsaareissa, Seinäjoella ja Vaasassa yhteensä 11 asemalla (taulukko 17). Vuonna 2003 hengitettäviä hiukkasia mitattiin jatkuvatoimisesti kuudella asemalla sekä lisäksi pienhiukkasia Vaasan keskustan asemalla. Vuosina 1999-2003 mitatut hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat alittaneet kaikilla mittausasemilla varsin selvästi sekä vuosi- että vuorokausikeskiarvoa koskevan raja-arvon (kuvat 29 ja 31). Arviointikynnykset määräytyvät hiukkasilla kuitenkin tiukempien ns. indikaatiivisten eli suuntaa-antavien raja-arvojen perusteella. Ylempi arviointikynnys on ylittynyt asemilla useana vuonna ja alempi arviointikynnys miltei joka vuosi (kuvat 29-30).



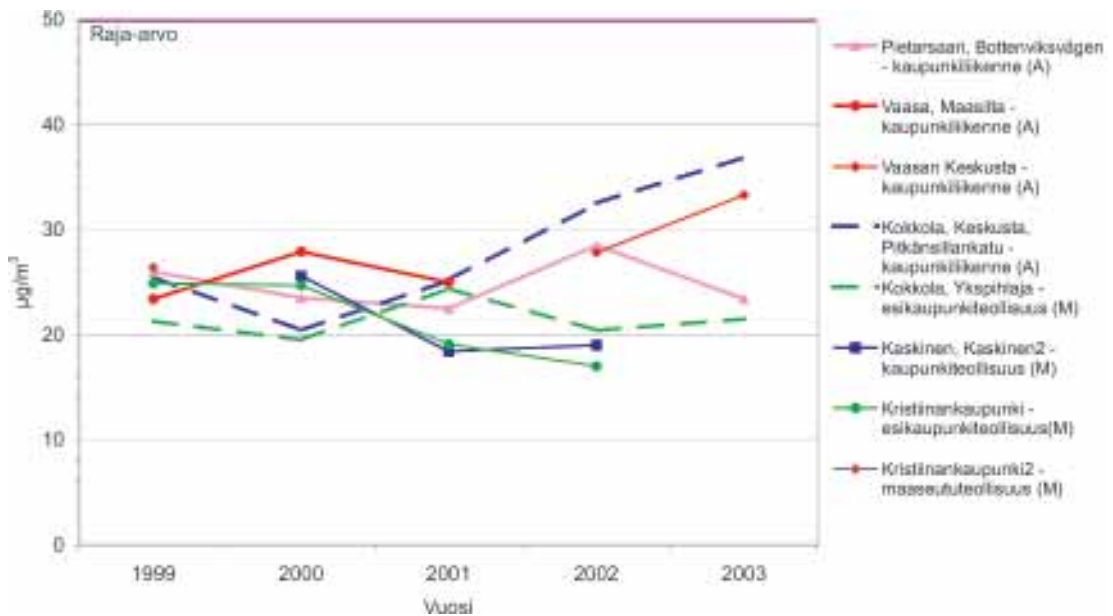
Kuva 29. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (vuoden 2005 raja-arvo 40 µg/m³) (ILSE 2004).



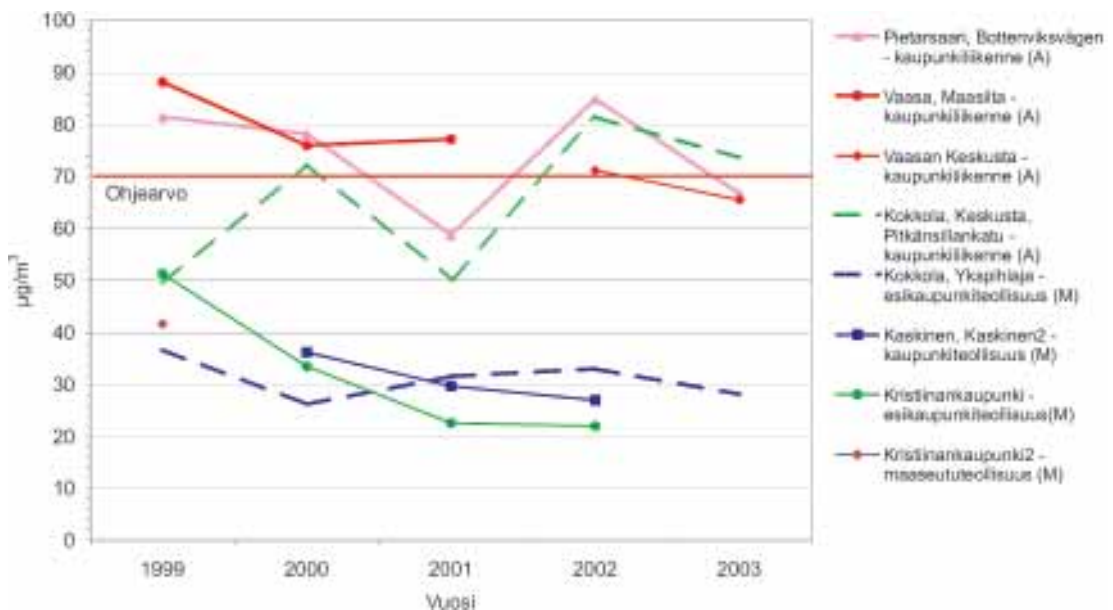
Kuva 30. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiarvojen 98.1 prosenttipiste (vastaa jatkuvissa mittauksissa 8. korkeinta vuorokausiarvoa). (ILSE 2004).

Hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvolle annettu ohjearvo on ylittynyt viime vuosina Vaasan, Kokkolan keskustan ja Pietarsaaren liikenneasemilla (kuva 32).

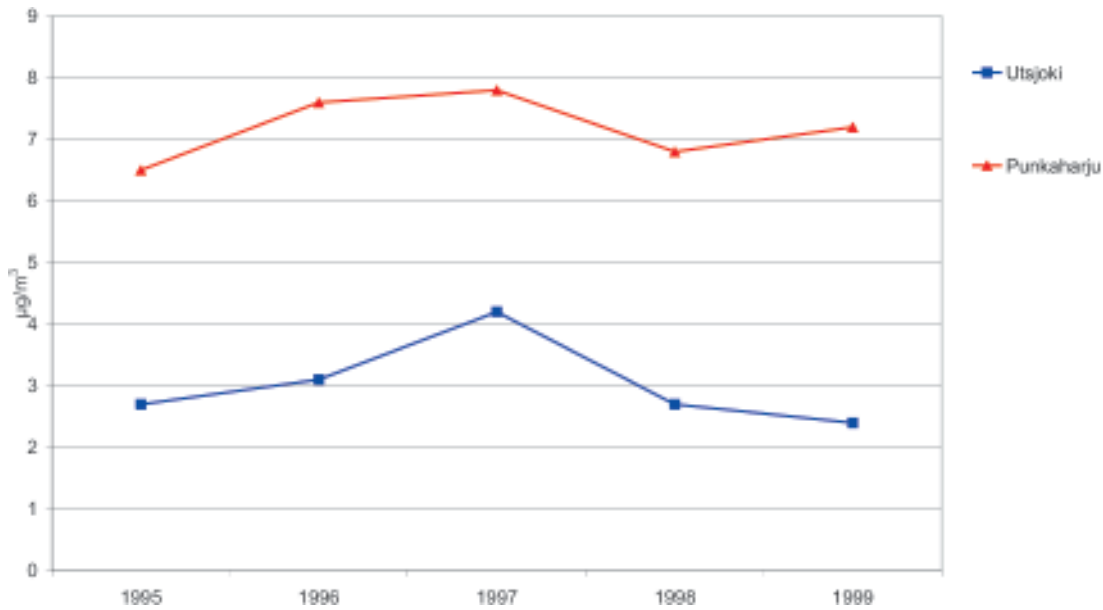
Ulkoilman hiukkaspitoisuuksia on mitattu aiemmin Ilmatieteen laitoksen tausta-aseamista vain Punkaharjulla ja Utsjoella. Kuvassa 33 on esitetty kyseisten asemien kokonaisleijuman mittausten tuloksia vuosilta 1995-1999. Vuodesta 2003 Ilmatieteen laitos on mitannut PM₁₀-pitoisuuksia jatkuvatoimisesti Vironlahden tausta-aseamalla. Vuonna 2003 hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo Vironlahdella oli 13,4 µg/m³ ja raja-arvoon (50 µg/m³) verrannollinen 36. korkein vuorokausikeskiarvo oli 22,8 µg/m³. Vironlahden hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat tausta-asemaksi korkeat, sillä pitoisuuksiin vaikuttavat useat lähialueilla sijaitsevat päästölähteet, kuten valtatie 7 Vaalimalla, idässä Pietarin kaupunki ja etelässä Narvan kaupungin voimalaitokset.



Kuva 31. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiarvojen 90.4 prosenttipiste (vastaa jatkuvissa mittauksissa 36. korkeinta vuorokausiarvoa). (ILSE 2004).



Kuva 32. Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen hengitettävien hiukkasten pitoisuus Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo 70 µg/m³) (ILSE 2004).



Kuva 33. Hiukkasten kokonaisleijuman (TSP) vuosikeskiarvopitoisuudet Ilmatieteen laitoksen Punkaharjun ja Utsjoen tausta-aseilla vuosina 1995-1999 (ILMATIETEEN LAITOS).

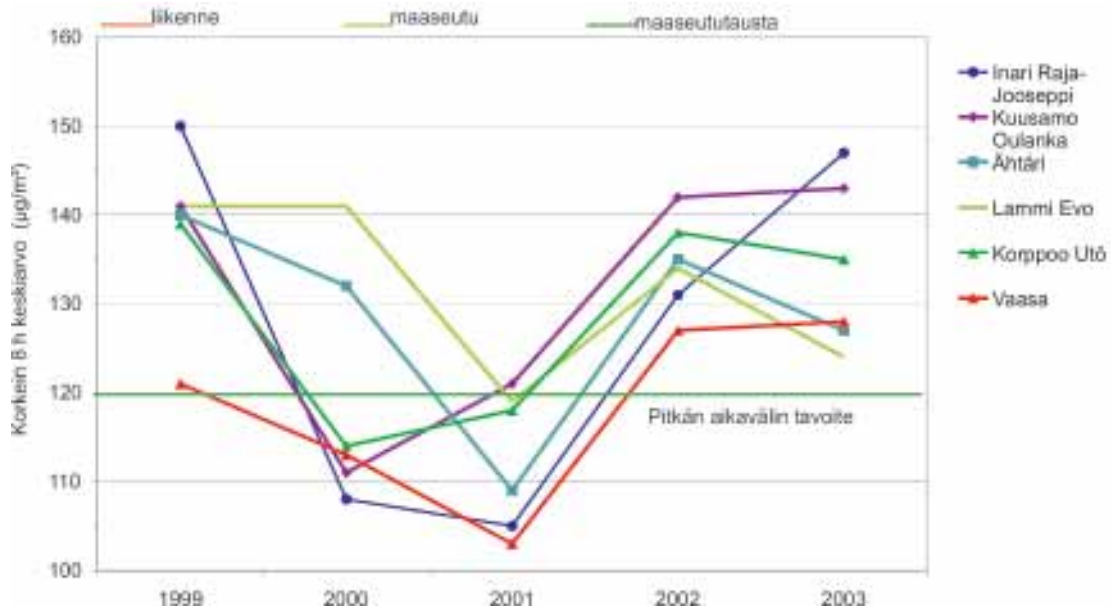
Länsi-Suomen seuranta-alueella on tehty hiukkaspäästöjen leviämismallilaskelmia ainoastaan yksittäisille teollisuus- ja energiantuotantolaitoksille muun muassa Vaasassa. Alueella ei ole tehty esimerkiksi kaupunkialueiden kokonaismallinnuksia, joissa olisi otettu huomioon myös autoliikenteen hiukkaspäästöt. Näin ollen kaupunkialueiden hiukkaspitoisuuksien alueellisesta vaihtelua tai maksimipitoisuuksien tasoa ei voida arvioida kovin tarkasti. Tehtyjen yksittäisten leviämislaskelmien tulosten mukaan energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuudet ovat pieniä suhteessa ohje- ja raja-arvoihin tai kaupunkialueilla mitattuihin kokonaispitoisuuksien tasoihin.

5.5.4 Otsoni

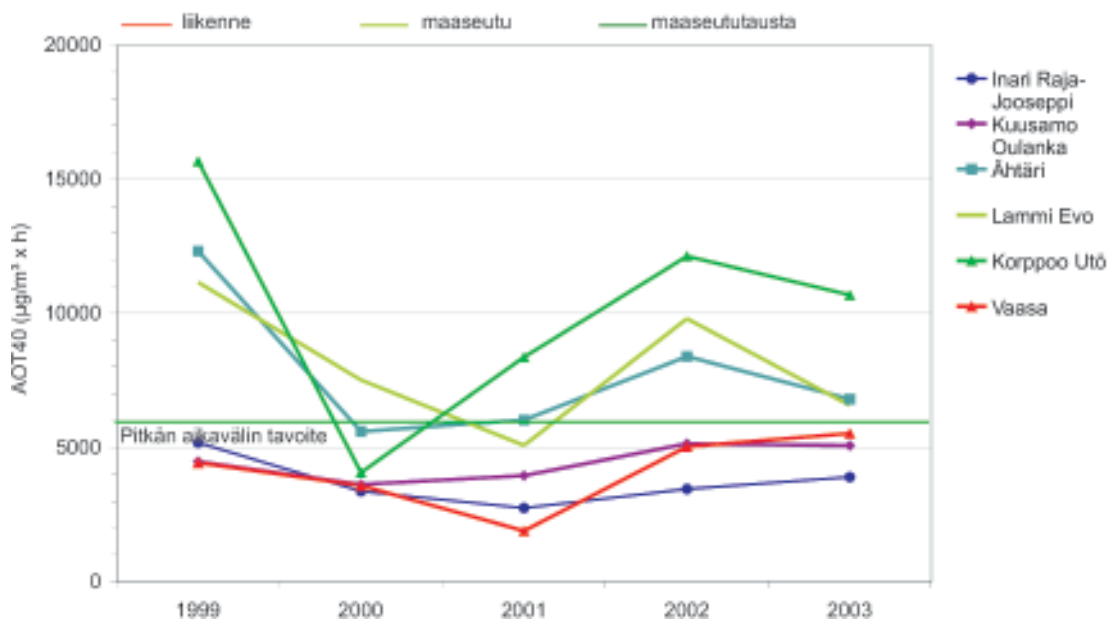
Länsi-Suomen seuranta-alueella mitataan otsonipitoisuuksia Vaasan Kirkkopuistikon liikenneasemalla. Ilmatieteen laitos seuraa otsonipitoisuuksia nykyisin kymmenellä mittausasemalla kattavasti ympäri Suomen. Suurin osa Ilmatieteen laitoksen asemista on maaseututausta-asemia, mutta osa asemista sijaitsee lähellä pieniä taajamia ja ne on luokiteltu maaseutuasemiksi. Otsonia mittaavista tausta-asemista Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella sijaitsee Ähtäri. Kuvissa 34-38 esitetään tausta-aseilla ja Vaasan mittausasemalla mitatut otsonipitoisuudet suhteessa pitkänajan tavoitteisiin ja tavoitearvoihin. Suomen otsonipitoisuuksia on tarkasteltu tarkemmin muun muassa otsonille tehdyssä ilmanlaadun alustavassa arvioinnissa (Pietarila et al. 2003; http://www.fmi.fi/ilmanlaatu/ilakaupu_6.html).

Ihmisten terveyden suojelemiseksi annettu pitkän ajan tavoite $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (korkein päivittäinen 8 tunnin keskiarvo) ylittyy useina vuosina kaikilla Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla, myös Ähtärissä (kuva 34). Myös Vaasassa terveyden suojelemiseksi annettu pitkän ajan tavoite on ylittynyt. Vuoden korkein 8 tunnin keskiarvo vaihtelee paljon vuodesta toiseen, eikä selvää nousevaa tai laskevaa trendiä ole havaittavissa pidemmän ajan aikasarjoissa. Myös kasvillisuuden suojelua koskeva pitkän ajan tavoite $6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (AOT40) on ylittynyt varsin selvästi lähes joka vuosi Etelä- ja Keski-Suomessa sijaitsevilla asemilla, myös Ähtärissä (kuva 35). Vaasassa mitatut pitoisuudet ovat sen sijaan alittaneet kasvillisuuden suojelua koskevan pitkän ajan tavoitteen.

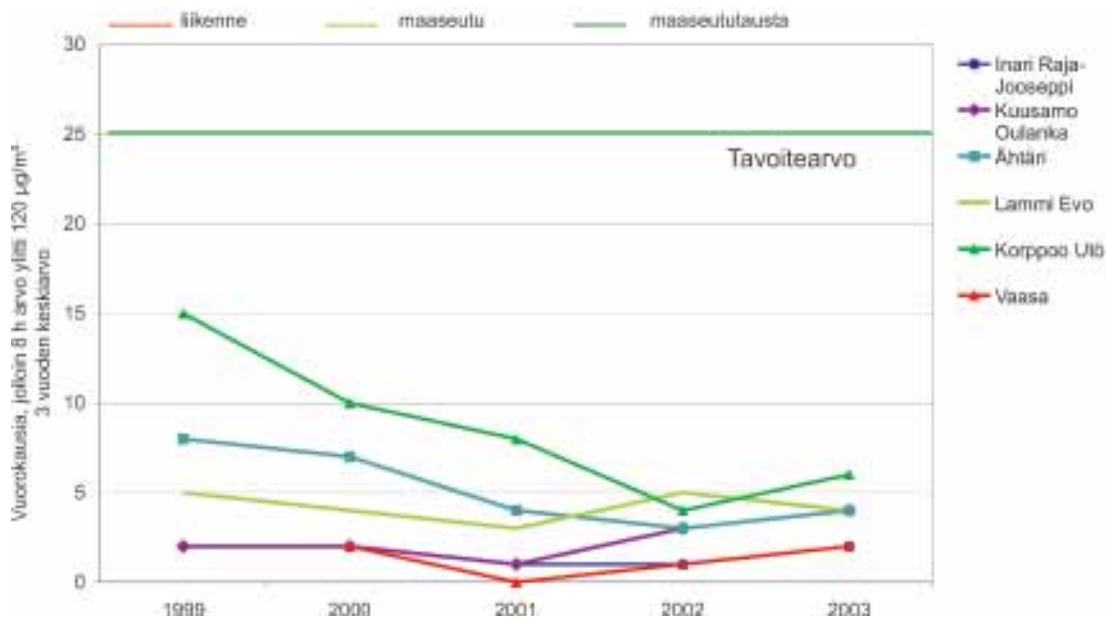
Ihmisten terveyden suojelemiseksi annettu tavoitearvo ja kasvillisuuden suo-
 jelua koskeva tavoitearvo vuodelle 2010 alittuvat selvästi kaikilla Ilmatieteen lai-
 toksen tausta-aseilla sekä Vaasassa (kuvat 36 ja 37). Ähtärin asemalla otsonipi-
 toisuus $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (korkein päivittäinen 8 tunnin keskiarvo) on ylittynyt viimeisen
 vuosikymmenen aikana korkeimmillaan alle kymmenenä päivänä vuodessa (salli-
 taan 25 ylitystä vuodessa). Vastaavasti AOT40-arvo on ollut Ähtärissä noin 7 000 -
 8 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, kun tavoitearvo on 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$. Otsonin varoituskynnyksen
 ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntikeskiarvona) ja tiedotuskynnyksen ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntikeskiarvona)
 ylittäviä pitoisuuksia ei Ähtärissä ole myöskään havaittu lainkaan (kuva 38).



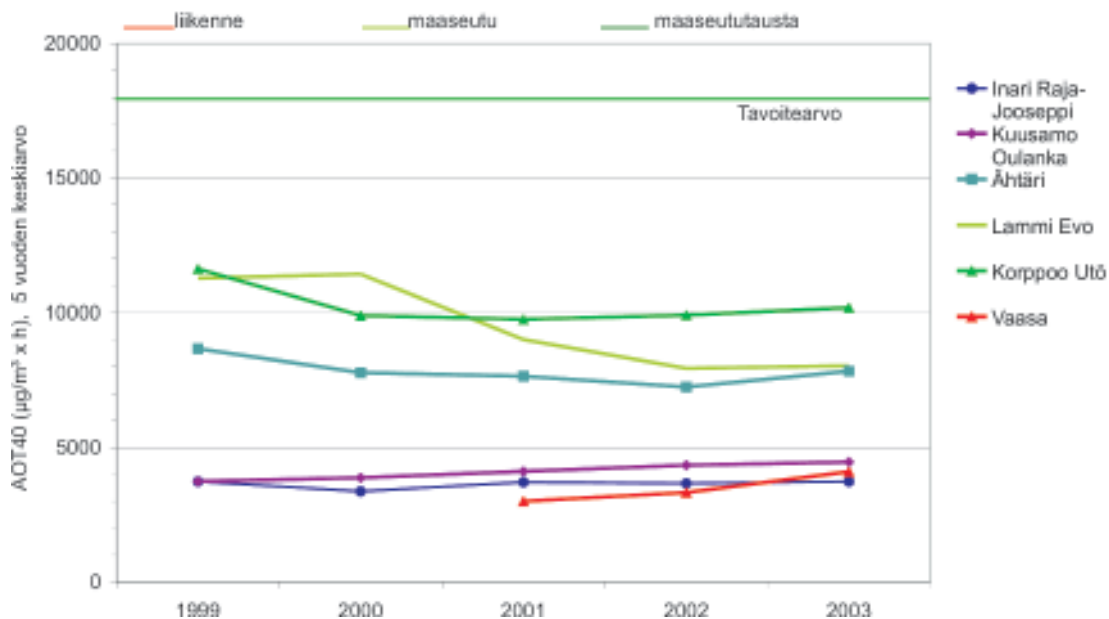
Kuva 34. Otsonipitoisuuden suurimmat vuosittaiset 8 tunnin keskiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ilmatieteen laitoksen maaseutu ja maaseututausta-aseilla sekä Vaasan mittausasemalla vuosina 1999-2003.



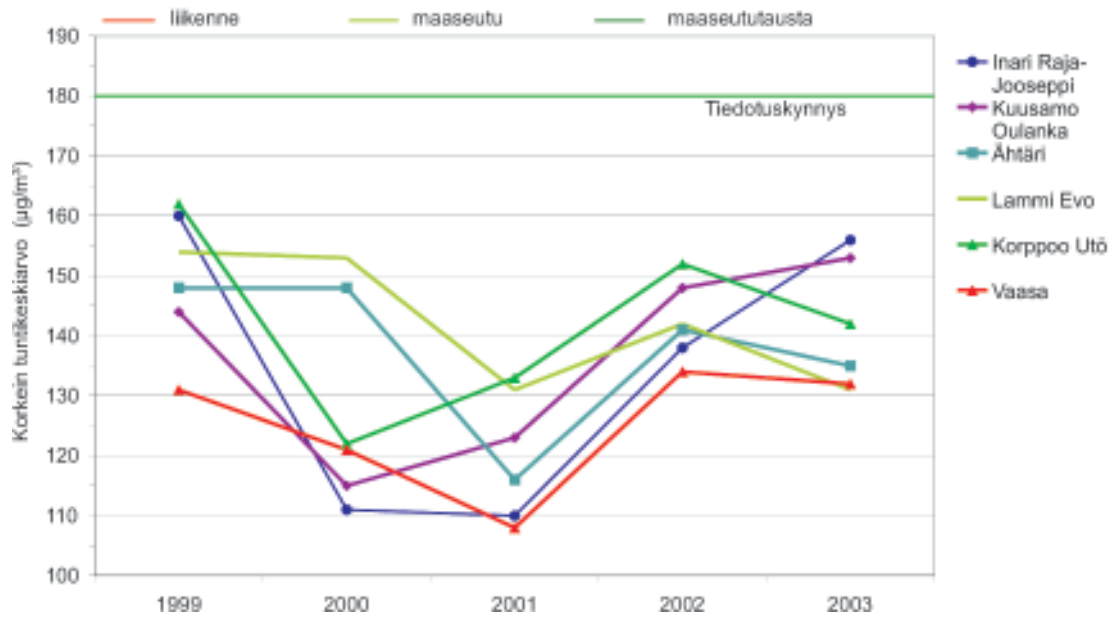
Kuva 35. Otsonipitoisuuden touko-heinäkuun AOT40-arvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$) Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla sekä Vaasan mittausasemalla vuosina 1999-2003.



Kuva 36. Otsonipitoisuuden $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 tunnin keskiarvona ylittäneiden vuorokausien lukumäärä kolmen vuoden keskiarvona Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla sekä Vaasan mittausasemalla vuosina 1999-2003. Arvot on merkitty keskiarvon laskentajakson viimeisen vuoden kohdalle



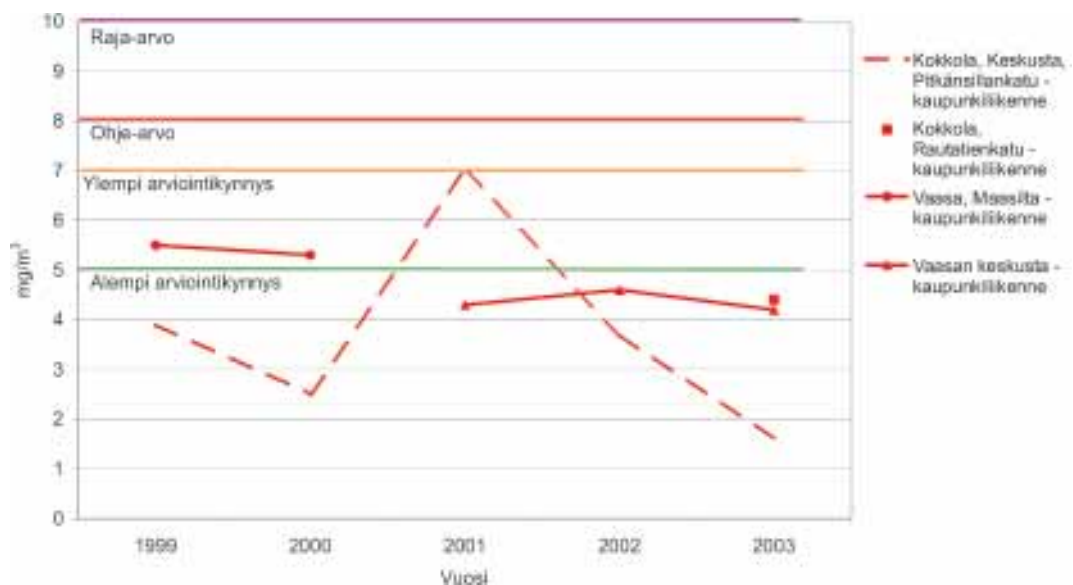
Kuva 37. Otsonipitoisuuden AOT40-arvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$) 5 vuoden keskiarvona Ilmatieteen laitoksen tausta-aseilla sekä Vaasan mittausasemalla vuosina 1999-2003. Arvot on merkitty keskiarvon laskentajakson viimeisen vuoden kohdalle.



Kuva 38. Otsonipitoisuuden korkein tuntikesiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ilmatieteen laitoksen mittausasemilla sekä Vaasan mittausasemalla vuosina 1999-2003.

5.5.5 Hiilimonoksidi

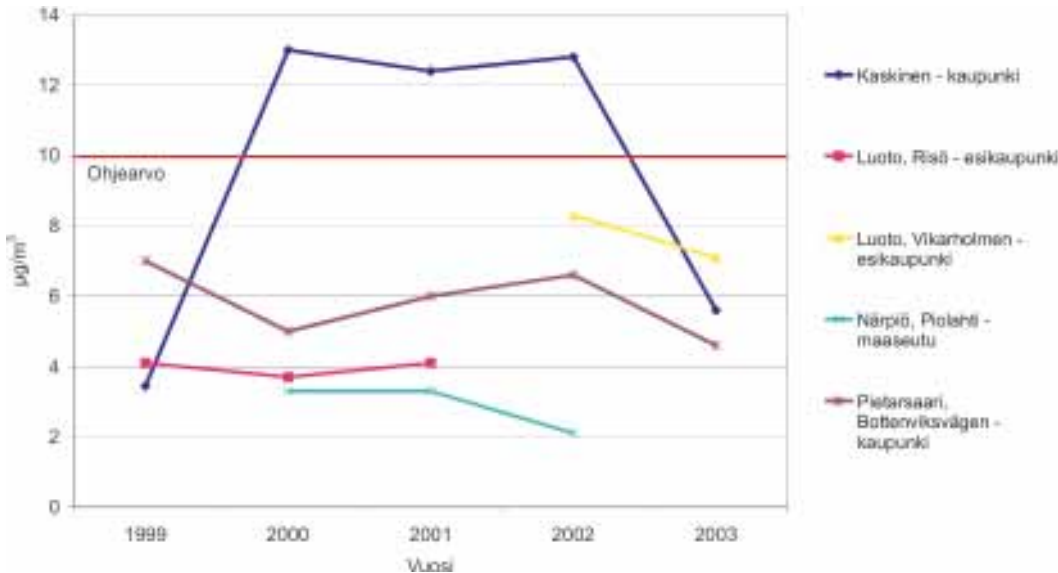
Hiilimonoksidipitoisuutta mitataan jatkuvatoimisesti nykyisin Kokkolan keskustan ja Vaasan keskustan asemilla. Kuvan 39 mitatuista hiilimonoksidipitoisuuksista voidaan havaita 8-tunnin keskiarvoa koskevan raja-arvon selvästi ylittyneen mittausasemilla vuosina 1999-2003. Alempi arviointikynnys on ylittynyt vuosina 1999 ja 2000 Vaasan Maasillan asemalla sekä vuonna 2001 Kokkolan keskustan asemalla (molemmat kaupunkiliikenneasemia). Hiilimonoksidipitoisuuksia ei mitata Ilmatieteen laitoksen tausta-asemilla. Länsi-Suomen alueella ei ole tehty alueellista hiilimonoksidipitoisuuksien arviointia leviämismallilaskelmin. Hiilimonoksidipitoisuuksien voidaan kuitenkin arvioida olevan korkeimmillaan liikenneympäristössä kaupunkialueilla ja mittausasemilla mitatut pitoisuudet kuvannevat kohtuullisen hyvin liikenneympäristön pitoisuuksien tasoa.



Kuva 39. Korkein hiilimonoksidipitoisuuden 8-tunnin keskiarvo Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (raja-arvo $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, ohje-arvo $8 \text{ mg}/\text{m}^3$) (ILSE, 2004).

5.5.6 Pelkistyneet rikkiyhdisteet

TRS-pitoisuutta mitataan jatkuvatoimisesti nykyisin Pietarsaaren, Luodon ja Kaskisten asemilla. Pietarsaaren, Luodon ja Närpiön asemilla vuosina 1999-2003 mitatut TRS-pitoisuudet ovat alittaneet vuorokausikeskiarvolle annetun ohjearvon (kuva 40). Kaskisissa ohjearvo on sen sijaan ylittynyt 2000-2002. Tehtyjen leviämislaskelmien mukaan myös Pietarsaassa ohjearvo voisi ylittyä lähellä päästölähteitä.



Kuva 40. Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen TRS-pitoisuus Länsi-Suomen seuranta-alueen ilmanlaadun mittauspisteissä (ohjearvo 10 µg/m³) (ILSE, 2004).

5.5.7 Rikki- ja typpilaskeuma

Taulukoissa 18-20 esitetyistä vuosien 1999 ja 2000 Ilmatieteen laitoksen tausta-asemien mittaustuloksista saa käsityksen kaukokulkeuman aiheuttaman happamoittavan typpilaskeuman sekä rikkilaskeuman vaihtelusta maamme eri alueilla. Taulukon havaintoasemista tutkimusalueetta lähinnä sijaitsee Ähtäri. Tausta-asemien laskeumat vaihtelevat muun muassa päästötilanteesta ja meteorologisista tekijöistä johtuen vuosittain. Yleiskuva maamme alueellisesta laskeumatilanteesta on, että typen laskeumakuormitus pienenee Suomessa etelästä pohjoiseen mentäessä.

Valtakunnallinen kartta rikin ja typen kriittisistä laskeumista on liitteenä (LIITE 7). Taulukoista 18-20 käy ilmi, että typen ja rikin laskeumat voivat edelleen paikoitellen ylittää myös herkimmille vesistöille ja metsämaille määritetyt kriittiset kuormitusarvot. Viime vuosikymmenen laskeumakehityksestä voidaan todeta, että rikkilaskeuma on pienentynyt kansallisten ja kansainvälisten päästövähennystoimien myötä selvästi, kun taas nitraattilaskeuma on sitä vastoin pysynyt lähes ennallaan.

Taulukoihin kootut vuosien 1999 ja 2000 mittaustulokset eivät ole eri asemilla käytetyistä erilaisista mittausten menetelmistä johtuen täysin vertailukelpoisia. Lisäksi on huomattava, että taulukossa esitetyt laskeuma-arvot perustuvat kerätyn sadeveden analyysihin ja sisältävät vain pienen osan ns. kuivalaskeumasta, joten tulokset kuvaavat lähinnä vain märkälaskeumaa. Kuivalaskeuma voi muodostaa merkittävän, jopa kymmenien prosenttien osuuden kasvillisuusalueille tulevista typen kokonaislaskeumista.

Taulukko 18. Eräillä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun tausta-aseilla vuonna 1999 havaittuja nitraattityypin ja ammoniumtyypin sekä yhteenlaskettuja kokonaistypen laskeuma-arvoja (mg tyyppiä neliömetrille vuodessa) (ILMATIETEEN LAITOS, 2000).

Havaintoasema	Nitraattityppi (mgN/m ² /v)	Ammoniumtyppi (mgN/m ² /v)	Kokonaistyyppi (mgN/m ² /v)
Virolahti	220	208	428
Ähtäri	172	116	288
Utö	338	176	514
Oulanka	97	58	155
Punkaharju	143	98	241
Utsjoki, Kevo	51	33	84

Taulukko 19. Eräillä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun tausta-aseilla vuonna 2000 havaittuja nitraattityypin ja ammoniumtyypin sekä yhteenlaskettuja kokonaistypen laskeuma-arvoja (mg tyyppiä neliömetrille vuodessa). (ILMATIETEEN LAITOS, 2001).

Havaintoasema	Nitraattityppi (mgN/m ² /v)	Ammoniumtyppi (mgN/m ² /v)	Kokonaistyyppi (mgN/m ² /v)
Virolahti	259	286	545
Ähtäri	154	103	257
Utö*	282	214	496
Oulanka	96	53	149
Punkaharju	129	106	235
Utsjoki, Kevo	36	15	51

*) tulokset laskettu huhti-joulukuussa 2000 mitatusta aineistosta

Taulukko 20. Eräillä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun tausta-aseilla vuosina 1999 ja 2000 havaittuja sulfaattirikin laskeuma-arvoja (mg rikkiä neliömetrille vuodessa) (ILMATIETEEN LAITOS, 2000 ja 2001).

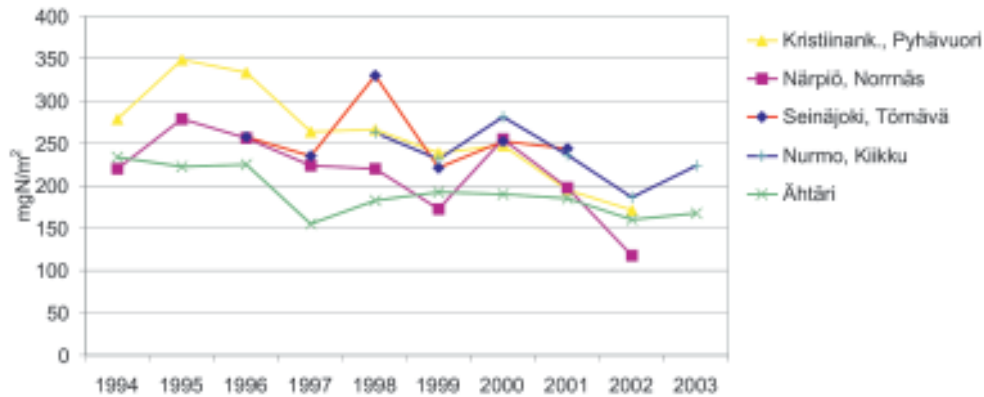
Havaintoasema	Rikkilaskeuma (mgS/m ² /v)	
	1999	2000
Virolahti	315	432
Ähtäri	193	190
Utö	331	366*
Oulanka	128	134
Punkaharju	205	196
Utsjoki, Kevo	100	84

*) tulokset laskettu huhti-joulukuussa 2000 mitatusta aineistosta

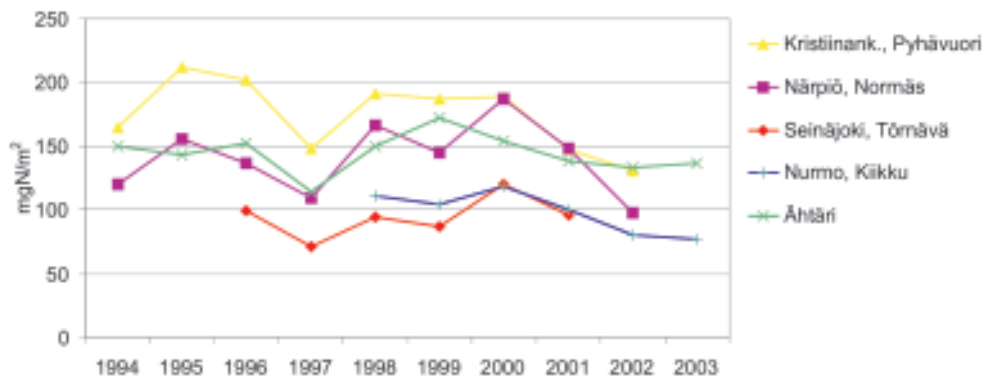
Laskeumamittauksia suoritetaan Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella monien tahojen toimesta. Suomen ympäristökeskus on vuoden 2003 loppuun asti mitannut märkälasseumaa Närpiön Ylimarkussa, Ylistarossa ja Lestijärvellä, sen jälkeen mittauksia on jatkettu vain Ylistarossa. Ilmatieteen laitos mittaa märkälasseumaa Ähtärissä ilmanlaadun mittausten yhteydessä. Metsäntutkimuslaitos mittaa laskeumaa avoimella paikalla ja metsässä Uudessakaarlepyyssä. Pietarsaaren kaupunki mittaa märkälasseumaa yhdellä mittaustaikalla, Seinäjoen seudun terveysyhtymä mittaa märkälasseumaa kolmella paikalla ja Suupohjan ilmanlaadun

seurantaryhmä kahdella mittauspaikalla. Eri tahojen tekemien laskeumamittausten tulokset eroavat hyvinkin paljon toisistaan lähinnä mittausmenetelmien erojen takia.

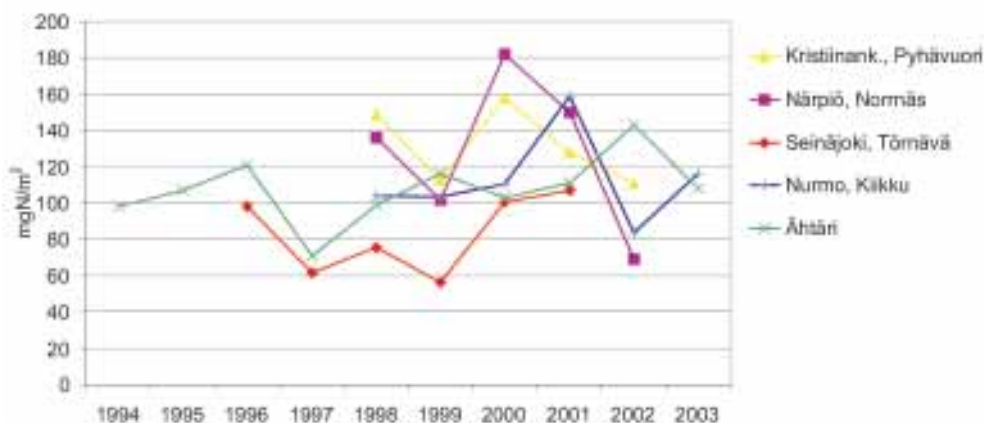
Kuvissa 41-43 on esitetty Länsi-Suomen alueella tehtyjen paikallisten laskeumamittausten tuloksia. Kuviin on valittu laskeumamittauksia suorittavan yhteistarkkailuryhmän alueen pisimpiä aikasarjoja tai muuten edustavia mittauspaikkoja. Käytettävissä olevalla aikajaksolla ei ole nähtävissä selvää kehityssuuntaa laskeumamäärissä näillä mittausasemilla rikkilaskeumaa lukuun ottamatta.



Kuva 41. Sulfaattirikin märkälasseuma (mgS/m^2) paikallisten ilmanlaatuasemien mittauspisteissä.



Kuva 42. Nitraattityyppinen märkälasseuma (mgN/m^2) paikallisten ilmanlaatuasemien mittauspisteissä.

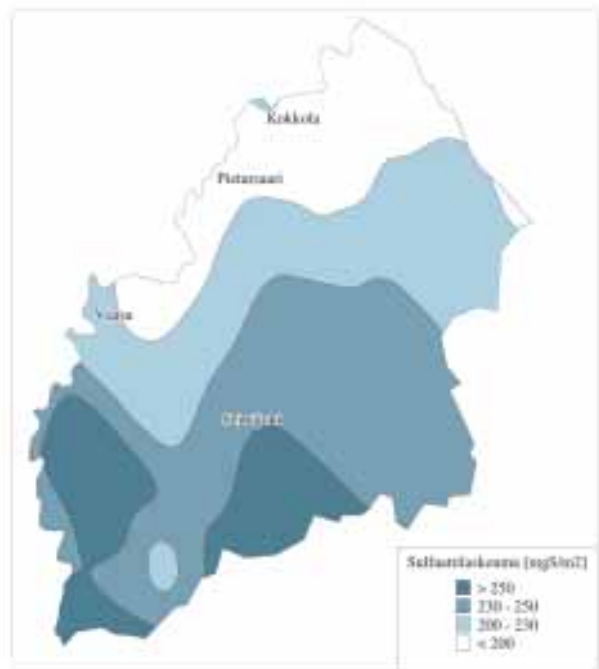


Kuva 43. Ammoniumityyppinen märkälasseuma (mgN/m^2) paikallisten ilmanlaatuasemien mittauspisteissä.

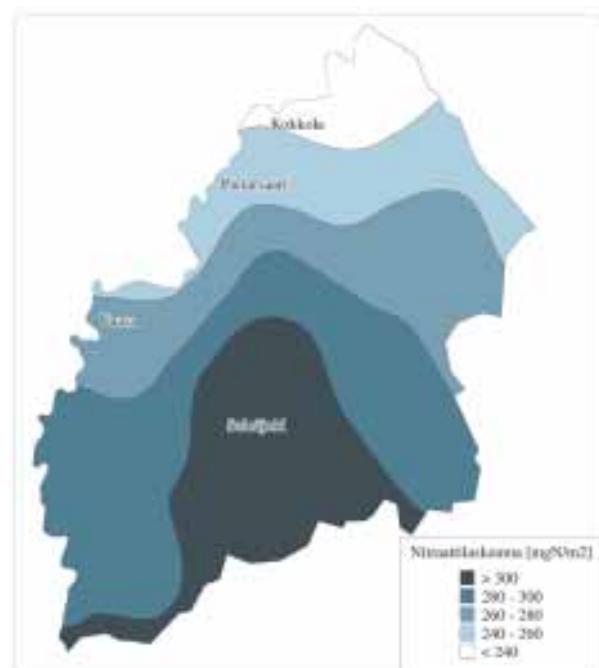
Mallilaskelmien tuloksena saadut alueelliset rikki- ja typpilaskeumat ovat selvästi suurempia kuin Ähtärin tai paikallisilla asemilla mittaamalla havaitut laskeuma-arvot (kuvat 44-46). Ero aiheutuu muun muassa siitä, että mittaamalla havaitut laskeuma-arvot sisältävät ainoastaan märkälasseuman. Mallin tuloksissa otetaan huomioon myös kuivalasseuman osuus. Suurimmat rikki- ja nitraattityppilaskeumat muodostuvat mallilaskelmissa Länsi-Suomen seuranta-alueen eteläosiin.

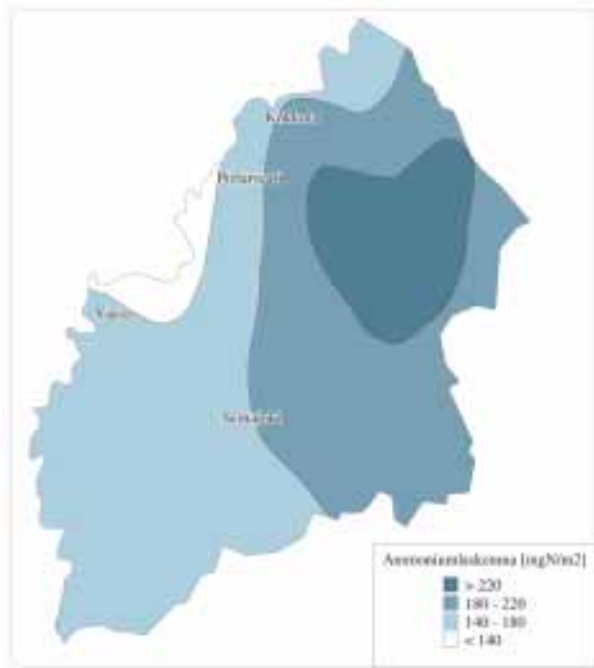
Edellä esitettyjen mittaus- ja mallitulosten perusteella voidaan arvioida, että rikkilaskeuman kansallinen tavoitearvo (0,3 grammaa neliömetrille vuodessa) alittuisi nykyisin Länsi-Suomen seuranta-alueella. Rikki- ja typpilaskeuman osalta happamoitumisriskin perusteella laskettu kriittinen kuormitus sen sijaan voisi ylittyä Länsi-Suomen alueella paikoitellen.

Kuva 44. Sulfaattilaskeuma vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).



Kuva 45. Nitraattityppilaskeuma vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).

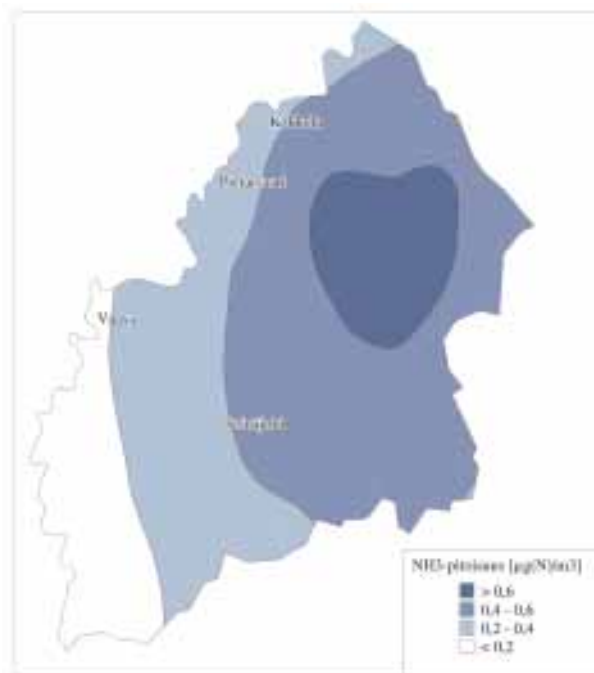




Kuva 46. Ammoniumtyppilaskeuma vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).

5.5.8 Muut ilman epäpuhtaudet

Kuvassa 47 on esitetty HILATAR-mallin tuloksena saatu ammoniakkipitoisuuden vuosikeskiarvo. Ammoniakkipitoisuuksissa näkyy selvä alueellinen vaihtelu suurimpien pitoisuuksien painottuessa sisämaahan. Mallissa käytettyihin ammoniakkin päästöihin sisältyy epävarmuuksia muun muassa turkistarhauksen osalta, jonka päästöt painottuvat rannikolle. Kaupunkien mittausasemilla ei mitata ammoniakkipitoisuuksia. Ähtärissä mitatut ammoniakkipitoisuudet ((NH₃+NH₄)-N) ovat olleet selvästi alle 1 µg/m³.



Kuva 47. Ammoniakkipitoisuuden vuosikeskiarvo vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin tulosten mukaan (Hongisto 2004).

Metallien pitoisuuksia ilmassa on Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella mitattu lähinnä Kokkolassa. Vaasassa on tehty lyhytaikaisia mittauksia kokonaisleijumasta kivihiilivoimalaitoksen läheisyydestä. Seinäjoella on mitattu kokonaisleijuman ja hengitettävien hiukkasten lyijypitoisuutta vuosina 1993-1994. Pietarsaareissa ja Suupohjassa metallimittauksia ilmasta ei ole tehty. Kaikilla paikkakunnilla on sen sijaan selvitetty metallilaskeumaa metsäsammalten avulla. Näitä tuloksia esitetään myöhemmin luvussa 7.

Taulukoissa 21 ja 22 esitetään Kokkolassa ja Vaasassa tehtyjen mittausten tuloksista lasketut metallipitoisuuksien vuosikeskiarvot. Metallipitoisuuksia on määritetty sekä kokonaisleijumasta (TSP) että hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀). Ilmanlaadun 4. tytärdirektiivissä annetut tavoitearvot koskevat PM₁₀-hiukkasista määritettyjä metallipitoisuuksia, mutta kokonaisleijumastakin määritettyjä metallipitoisuuksia voidaan hyödyntää arvioitaessa alueen pitoisuustasoja ja mahdollista arviointikynnysten ylitystä. Sekä TSP- että PM₁₀-fraktiosta mitatut arseeni-, kadmium- ja nikkelipitoisuuden ovat alittaneet varsin selvästi sekä Kokkolassa että Vaasassa vuosikeskiarvolle ilmanlaadun 4. tytärdirektiivissä annetut tavoitearvot. Pitoisuudet ovat alittaneet pääsääntöisesti myös sekä ylemmän että alemman arviointikynnyksen. Ainoastaan Ykspihlajassa vuonna 1993 kokonaisleijumasta määritetty nikkelipitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut yli alemman arviointikynnyksen (10 ng/m³) ja miltei ylemmän arviointikynnyksen (14 ng/m³) tasoa. Mitatut lyijypitoisuudet ovat alittaneet selvästi sekä raja-arvon että arviointikynnykset.

Taulukko 21. Leijuvien hiukkasten metallipitoisuuksien vuosikeskiarvot (ng/m³) Kokkolassa eri mittausasemilla vuosina 1993 ja 1998/1999.

	Ykspihlaja			Kalopsi	Keskusta	Halkokari
	1993 (TSP)	1998/1999 (TSP)	1998/1999 (PM ₁₀)	1993 (PM ₁₀)	1993 (TSP)	1998/1999 (TSP)
As*	1,44	0,99	0,86	1,18	1,07	0,77
Cd*	0,23	0,51	0,36	0,20	0,25	0,43
Co	4,24	3,07	1,23	0,82	1,15	0,49
Cr	3,36	0,85	0,16	4,70	5,86	0,33
Cu	14,81	21,96	17,02	57,89	35,75	45,04
Fe	242,7	515,2	105,7	1082,8	1666,5	203,8
Mn	0,87	5,94	5,02	10,36	17,91	6,25
Mo	0,14	0,28	0,28	0,20	0,39	0,21
Ni*	13,5	5,20	2,38	4,75	5,52	1,95
*	9,61	6,92	3,10	15,06	23,28	2,69
V	4,62	3,07	2,17	5,45	6,91	2,39
Zn	73,18	23,50	5,69	70,01	78,11	16,53

* As: tavoitearvo 6 ng/m³; ylempi arviointikynnys 3,6 ng/m³; alempi arviointikynnys 2,4 ng/m³

Cd: tavoitearvo 5 ng/m³; ylempi arviointikynnys 3 ng/m³; alempi arviointikynnys 2 ng/m³

Ni: tavoitearvo 20 ng/m³; ylempi arviointikynnys 14 ng/m³; alempi arviointikynnys 10 ng/m³

Pb: raja-arvo 500 ng/m³; ylempi arviointikynnys 350 ng/m³; alempi arviointikynnys 250 ng/m³

Taulukko 22. Leijuvien hiukkasten metallipitoisuudet (ng/m³) maaliskuussa 2003 Vaasassa Vaskiluodon mittausasemalla.

	Vaskiluoto 2003(TSP)
As	0,13
Cd	0,1
Cr	2,9
Ni	2,71
Pb	3,35
V	7,59

Ulkoilman hiilivetyypitoisuuksia on Länsi-Suomen seuranta-alueella mitattu ainoastaan Kokkolassa ja sielläkin vain yhden kuukauden pituisen mittauskampanjan aikana. Kokkolan mittaukset tehtiin passiivikeräyksellä yhdeksällä eri paikalla huhti-toukokuussa 2002. Kokkolan mittauksien kokonaishiilivetyjen (TVOC), bentseenin, toluenin, etyylibentseenin ja ksyleenien osalta on esitetty taulukossa 23. Mitatut bentseenipitoisuudet alittivat selvästi bentseenipitoisuuden vuosikeskiarvolle annetun raja-arvon (5 mg/m³) ja ylemmän arviointikynnyksen (3,5 mg/m³). Pitkäsillankadulla mitattu bentseenipitoisuus oli sama kuin alempi arviointikynnys (2 mg/m³). Muilla mittausasemilla alempi arviointikynnys alittui.

Taulukko 23. Ilman hiilivetyypitoisuudet Kokkolassa huhti-toukokuussa 2002.

	TVOC μg/m ³	Bentseeni μg/m ³	Tolueni μg/m ³	Etylibentseeni μg/m ³	Ksyleenit μg/m ³
Pitkäsillankadun mittausasema	48	2	7	1	4
Ykspihlajan mittausasema	30	1	5	1	3
Koivuhaan mittausasema	7	1	2	<1	1
Ykspihlajan teollisuusalue	9	<1	1	<1	<1
Indolan teollisuusalue	47	1	9	2	7
Vidnäsinkatu	18	<1	1	<1	1
Sepänkatu	8	<1	1	<1	1
Halkokari	11	<1	2	<1	2
Hepo-Ventusnevan taustamittaus	3	<1	<1	<1	<1



Kuva: Pertti Sevola

6

ILMANLAADUN MITTAUSTEN LAATUTAVOITTEET

Jari Waldén

6.1 Lainsäädännön asettamat vaatimukset

Ympäristönsuojelulain mukaan lain täytäntöönpanon edellyttämät mittaukset, testaukset, selvitykset ja tutkimukset on tehtävä pätevästi, luotettavasti ja tarkoituksenmukaisin menetelmin.

Ilmanlaatuasetuksessa sekä otsoniasetuksessa on mittauksille asetettu taulukossa 24 esitetyt laatutavoitteet sekä jatkuville mittauksille että suuntaa-antaville mittauksille. Jatkuvilla mittauksilla tarkoitetaan kiinteillä mittausasemilla tehtyjä jatkuvatoimisia tai satunnaisotannalla tehtyjä mittauksia. Suuntaa-antavilla mittauksilla tarkoitetaan kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Suuntaa-antaville mittauksille asetetaan lievemmät laatuvaatimukset kuin jatkuville mittauksille.

Taulukko 24. Mittausten laatutavoitteet.

	Rikkidioksidi, typpidioksidi, typen oksidit	Otsoni ¹⁾	Hiukkaset, lyijy	Bentseeni	Hiilimonoksidi
Jatkuvat mittaukset					
-sallittu epävarmuus	15 %	15 %	25 %	25 %	15 %
- ajallinen kattavuus	100 %	100 %	100 %	35 ja 90 % ²⁾	100 %
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 % kesällä 75 % talvella	90 %	90 %	90 %
Suuntaa-antavat mittaukset					
-sallittu epävarmuus	25 %	30 %	50 %	30 %	25 %
- ajallinen kattavuus	14 % ³⁾	yli 10 % kesällä	14 % ³⁾	14 % ³⁾	14 % ³⁾
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %

1) Samoja laatutavoitteita sovelletaan myös otsonimittausten yhteydessä tehtäviin typpidioksidin ja typpimonoksidin mittauksiin.

2) Mittausten on jakauduttava tasaisesti koko vuoden ajalle. Pienempi luku koskee kaupunkitausta- ja liikenneympäristössä tehtyjä mittauksia ja suurempi luku teollisuusympäristöjä

3) Yksi satunnaismittaus viikossa tasaisesti jaettuna koko vuoden ajalle tai kahdeksan viikon mittaista jaksoja tasaisesti jaettuna vuoden ajalle.

HUOM 1: 1999/30/EY: Jatkuvatoimisten mittausten tarkkuus tulisi määritellä kyseessä olevan raja-arvon alueella

HUOM 2: Mittausepävarmuus (95 % luottamusvälillä) määritellään oppaassa *Guide to the Expression of Uncertainty of Measurements (ISO 1993)* tai standardissa *ISO 5725:1994* taikka muussa vastaavassa standardissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

HUOM 3: Mitattavan aineiston vähimmäismäärä ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

Edellä esitetyt laatutavoitteet on tarkoitettu erityisesti laadunvarmistusohjelmien tueksi. Niitä tulee soveltaa raja- ja tavoitearvojen valvonnassa ja mahdollisuuksiin mukaan muussa ilmanlaadun seurannassa. Mittausten epävarmuuskäsitettä käsitellään liitteessä 8 ISO:n ohjeen mukaisesti. Liitteessä 9 on käsitelty mittalaitteiden mittausominaisuuksista aiheutuvat mittausepävarmuudet, jotka sisältyvät mittausten kokonaisepävarmuusbudjettiin.

Euroopan standardisoiemisjärjestö (CEN) on laatinut kaasumaisten yhdisteiden ja hiukkasten osalta vertailumenetelmistä standardit, jotka on esitetty taulukossa 25. Taulukkoon on lisätty myös standardien soveltamisalue.

Taulukko 25. Kaasumaisten sekä hiukkasmaisten epäpuhtauksien vertailumenetelmät.

Yhdiste	Referenssimenetelmä ja CEN-standardi	CEN-standardin soveltamisala
Rikkidioksidi (SO ₂)	UV-fluoresenssi (EN 14212:2005)	0 - 1 000 µg/m ³
Typpidioksidi (NO ₂)	Kemiluminesenssi (EN 14211:2005)	0 - 500 µg / m ³ NO ₂ 0 - 1 200 µg / m ³ NO
Otsoni (O ₃)	UV-fotometri (EN 14625:2005)	0 - 500 µg / m ³
Hiilimonoksidi (CO)	Ei-dispersiivinen infrapuna (EN 14626:2005)	0 - 100 mg / m ³
Bentseeni	Viisi erilaista menetelmää Osa 1: Pumpattu näyte, lämpökäsittelyerotus (thermal desorption) ja kapillaarikolonilla varustettu kaasukromatografi (prEN 14662-1) Osa 2 2: Pumpattu näyte, liuotin erotus (solvent desorption) (prEN 14662-2) Osa 3 3: Automatisoitu kaasukromatografi (prEN 14662-3) Osa 4: Diffuusiokeräys, lämpökäsittelyerotus (thermal desorption) ja kapillaarikolonilla varustettu kaasukromatografi (prEN 14662-4) Osa 5: Diffuusiokeräys, liuotuserottelu (thermal desorption) ja kapillaarikolonilla varustettu kaasukromatografi (prEN 14662-5)	0.5 - 25 µg / m ³
PM10	Manuaalinen gravimetrinen menetelmä (EN 12341:1998)	
PM2.5	Manuaalinen gravimetrinen menetelmä (prEN 14902)	
Pb, Cd, As, Ni	(prEN 14902)	

Valmisteilla CEN:ssä on myös metallien laskeuman määrittämistä koskeva standardi, jonka on määrä valmistua vuoden 2006 alkupuolella sekä bentso(a)pyreenin määrittämistä koskeva standardi, jonka arvioidaan valmistuvan vuoden 2007 alkupuolella.

6.2 Mittausten laadunvarmennustoimet

Ilmanlaatumittauksille asetetuista laatutavoitteista mittausten kokonaisuvarmuuden arvoon vaikuttavat mittalaitteen mittausominaisuudet sekä laadunvarmennustoimet. Tyypillisesti laadunvarmistustoimet kohdistetaan niihin tekijöihin, joilla voidaan mittauksille asetetut laatutavoitteet täyttää. Tällaisia tekijöitä ovat mittausverkoston suunnittelu, mittausasemien valinta ja pystytys (edustavuuden arviointi), mitattavien epäpuhtauksien, mittausmenetelmien ja mittalaitteiden valinta, mittausten suorittaminen ja ylläpito (huolto ja korjaus), käyttökäytön koulutus, mittalaitteiden kalibrointi (jäljitettävyyden), ohjeistus eri toimenpiteitä varten sekä mittalaitteiden oikean toiminnan varmistaminen.

Laadunohjauksella tarkoitetaan niiden tekniikoiden ja toimintojen joukkoa, joita käytetään laatuvaatimusten täyttämiseksi (SFS-EN ISO 8402, 1995). Laadunohjaus kohdistuu varsinaiseen mittaustulokseen, sen oikeellisuuteen. Tällaisia tekijöitä ovat vertailumittaukset, auditointitulokset, havaintoaineiston vertailu muuhun vastaavaan aineistoon, havaintoaineiston tarkistus sekä laaturyhmän tarkistus ja tulosten lopullinen hyväksyntä (mittaustulosten validointi).

6.2.1 Laadunvarmennustoimet kaasumaisten yhdisteiden jatkuvatoimisille mittauksille

Jatkuvatoimisille kaasumaisia epäpuhtauksia mittaaville analysaattorille suositellaan taulukossa 26 esitettyjä laadunvarmennustoimenpiteitä.

Taulukko 26. Suositeltavat laadunvarmennustoimenpiteet jatkuvatoimisten kaasumaisten epäpuhtauksien mittauksissa (SO_2 -, NO_x - ja O_3 -mittaukset).

Tarkistukset ja kalibroinnit	Toimenpiteen tiheys	Toimenpiteen kriteeri
Analysaattorin kalibrointi	Vähintään joka 3 kk ja aina huollon jälkeen	
Tarkistuskalibrointikaasunormaalien määrittäminen	Vähintään joka 6 kk	Nolla : \geq havaintoraja Span : \pm 5% viimeksi määritetystä arvosta
Nolla- ja spantarkistus	Suositus: vähintään joka toinen viikko ¹⁾	Nolla : \geq 5 ppb Span : \pm 5% span-arvosta
Konverterrin hyötysuhteen määrittäminen (NO_x -analysaattori)	Vähintään kerran vuodessa	tehokkuus \leq 95%
Hiukkassuodattimen vaihto näytteenottolinjassa ²⁾	Vähintään joka 3 kk	Aina kun span-kaasun vaste \leq 97 %
Näytelinjan puhdistus	Vähintään joka 6 kk ³⁾	$>$ 2 % häviö näytelinjassa
Kuivausmateriaalien ym. kulutus- tarvikkeiden vaihto ²⁾	Vähintään joka 6 kk ³⁾	Noudatetaan vaatimusta
Analysaattorin huolto	Noudatetaan valmistajan vaatimusta	Noudatetaan vaatimusta
Lineaarisuuden tarkistus	Vähintään kerran vuodessa ja aina huollon jälkeen	Noudatetaan vaatimusta ja aina kun lineaarisuus \geq 6 % testipitoisuudesta

¹⁾ Suositus on joka 23. tai 25. tunti.

²⁾ Hiukkassuodattimen vaihdetaan säännöllisesti riippuen suodattimen likaisuudesta. Suodattimen vaihdon yhteydessä puhdistetaan suodatinkotelo. Hiukkassuodattimen kunto voi aiheuttaa pitoisuushäviötä analysaattorin vasteessa joko adsorption tai painevastuksen vaikutuksesta.

³⁾ Riippuu aseman sijainnista.

Analysaattorin kalibrointiin käytettävien pitoisuuksien on oltava jäljitettäviä kansallisiin mittanormaaleihin, kansainvälisiin mittanormaaleihin tai yleisesti käytettyihin mittanormaaleihin. Kansallisilta mittanormaaleilta edellytetään jäljitettävyyttä perussuureisiin (SI-suureet) joko suoraan primaarimenetelmän kautta tai vertailumittauksen avulla jonkun toisen maan kansalliseen mittanormaaliin, jossa kytkentä perussuureeseen on tehty. Kaasumaisten epäpuhtauksien mittalaitteiden kalibroinnissa jäljitettävyyttä merkitsee sitä, että pitoisuuksien tuottamiseen käytetty kaasunormaali sekä kalibrointimenetelmässä käytetyt muut apusuureet, esimerkiksi virtausmäärä on kalibroitu kansallista mittanormaalia vastaan. On myös mahdollista jäljittää laimennuslaitteistosta tuotetut kalibrointipitoisuudet sellaisinaan, mikä on hyvä keino silloin kun käytetään aina samoja kalibrointipitoi-

suuksia. Tällöin ei määritetä yksittäisten suureiden tai mittanormaalien arvoa, vaan kalibrointipitoisuudet. Jäljitettävyydestä seuraa, että kalibrointipitoisuuksille voidaan laskea kokonaispävarmuudet.

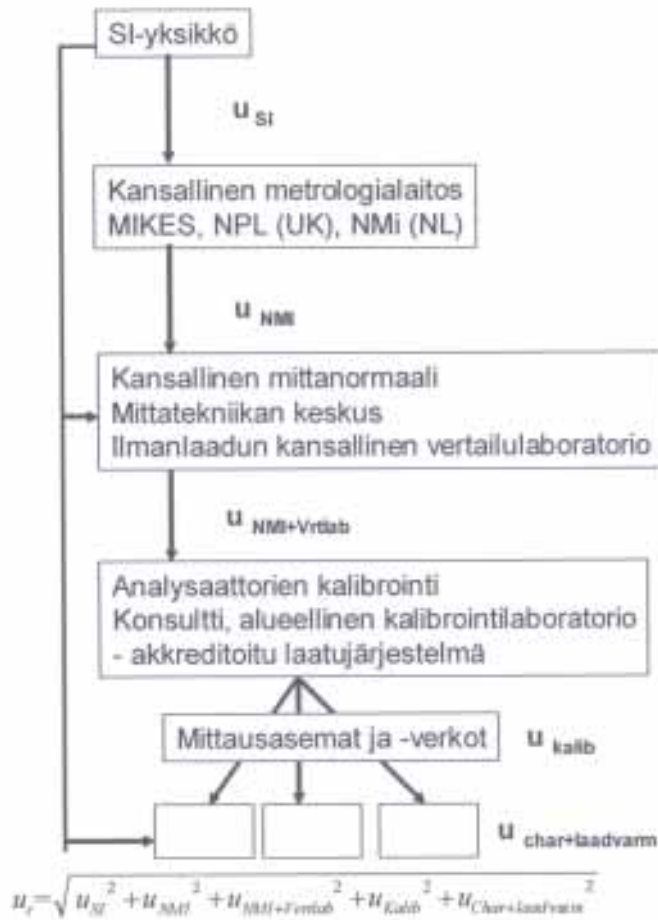
Nolla- ja spantarkistukset suoritetaan vähintään kerran viikossa, mutta suositus on noin kerran vuorokaudessa niin, että tarkistusmittauksen aika on liukuva. Näin voidaan poistaa systemaattisten virheiden mahdollisuus. Tarkistusmittauksella voidaan seurata analysaattorin toimintaa tiheällä aikavälillä ja mikäli tarkistusmittauksissa havaitaan analysaattorin tuloksissa liukumista, voidaan analysaattorin toimintaan puuttua riittävän ajoissa. Tarkistusmittauksissa voidaan analysaattorin mittaamalle tulokselle sallia tietty liukuma, jonka sisällä analysaattorin tuloksen täytyy olla. Tyypillisesti tällaisen liukuman arvoksi voidaan nollapitoisuudessa asettaa 5 ppb:tä ja span-pitoisuudessa 5 % (Taulukko 26). Lisäksi on huomattava, että tarkistusmittaukseen käytettävät kaasunormaalit on tarkistettava kalibrointien yhteydessä, jotta voidaan eliminoida kaasunormaalien oma liukuma pois. Näin siis tarkistusmittauksissa voidaan käyttää alhaisempaa laatutasoa olevia kaasunormaaleja (esimerkiksi permeaatiolähdettä), jonka määrittäminen tehdään kenttäkalibroinnin yhteydessä.

Typen oksidien analysaattoreissa typpidioksidi mitataan konvertoimalla typpidioksidi typpimonoksidiksi erityisessä konvertterissä. Laadunvarmennustoimiteissa konvertterin hyötysuhde so. kuinka tehokkaasti konvertteri muuttaa typpidioksidin typpimonoksidiksi, määritetään ns. kaasufaasititrauksen avulla vähintään kerran vuodessa. Määrittäminen voidaan tehdä myös laboratoriossa analysaattorin huollon yhteydessä. Valtaosassa analysaattoreissa konvertterissa on molybdeeninä, mikä hapettuu typpidioksidin vaikutuksesta korkeassa lämpötilassa erittäin tehokkaasti. Normaalikunnossa olevan Molybdeenikonvertterin hyötysuhde on 95 - 100 % välillä. Tulosten käsittelyn yhteydessä typpidioksidimäärä voidaan korjata, mikäli konvertterin hyötysuhde on välillä 95 - 98 %. Tällöin epävarmuusbudjettiin voidaan sisällyttää 2 % . Mikäli hyötysuhde on alle 95 % on konvertteri vaihdettava.

Analysaattorin lineaarisuuden tarkistus tehdään myös vähintään kerran vuodessa joko kentällä tai laboratoriossa huollon yhteydessä. Lineaarisuus tarkistetaan monipistekalibroinnin yhteydessä (Kartastenpää et al. 2004) sovittamalla ns. pienimmän neliösumman menetelmällä regressiosuora kalibrointipitoisuuksien ja analysaattorin mittaustulosten kesken. Kun lasketaan analysaattorin tulosten poikkeamat jokaisesta kalibrointisuorasta (ns. residuaalit), eivät poikkeamien suhteelliset arvot saa ylittää 6 % mistään kalibrointipitoisuusravosta. Jos arvo ei ylity, täyttää analysaattori lineaarisuusvaatimuksen. Mikäli yksikin arvo ylittyy, on laite huollettava ja testattava uudestaan. Analysaattorin lineaarisuus voidaan tarkistaa myös jokaisen monipistekalibroinnin yhteydessä kentällä.

Laadunvarmennustoimilla varmistetaan analysaattorien oikea toimintakunto, mittausten laatuvaatimusten täyttyminen ja mittausten vertailtavuuden säilyminen. Laadunvarmennustoimien toimivuus mittaasemilla voidaan puolestaan todentaa vertailumittausten avulla (Walden et al. 2004). Kuvassa 48 on esitetty kaaviokuva ilmanlaatumittausten jäljitettävyysetjasta ja mittaasepävarmuuskomponenteista ketjun jokaisesta osasta.

Ilmanlaatumittausten jäljitettävyysetketju ja epävarmuuskomponentit



Kuva 48. Ilmanlaatumittausten jäljitettävyysetketju ja standardiepävarmuudet ketjun jokaisessa osassa kaasumaisten epäpuhtauksien osalta.

6.2.2 Hiukkasmittausten laadunvarmennustoimet

Hiukkasmittausten laadunvarmennustoimet kohdistuvat jatkuvatoimisissa analyysilaitteissa pääasiassa laitevalmistajan suosituksiin virtausnopeuden sekä lämpötila- ja paineanturien kalibroinneista sekä valmistajan kehittämästä mittausmenetelmän kalibrointimenetelmästä.

Manuaalisissa menetelmissä kalibroidaan myös virtausnopeus, punnitukseen käytetty vaaka ja näytteenottolinjan puhdistus määräajoin.



Kuva: Liisa Maria Rautio

7

BIOINDIKAATTORIT LUONTOVAIKUTUSTEN TARKKAILUSSA

Pasi Rautio

7.1 Bioindikaattorimenetelmien taustaa

Bioindikaattori on eliö, eliöyhdyskunta tai näiden osa, jonka avulla tutkitaan ympäristön tilaa. Bioindikaattorin rakenteen, toiminnan, kemiallisen koostumuksen tai alkuainepitoisuuden muutos osoittaa esimerkiksi epäpuhtauksien esiintymistä, levinneisyyttä tai vaikutuksia (SFS 5669). Bioindikaattoreita on käytetty jo vuosikymmeniä ympäristön tilan seurannoissa. Suomessakin bioindikaattoritutkimukset alkoivat suurien väestökeskusten ja teollisuuslaitosten ympäristössä jo 1970-luvun alussa (esim. Kauppi & Mikkonen 1975). Ennen kuin bioindikaattoreista tuli arkipäivän työkalu, esimerkiksi ilman ja vesien laadun tutkimuksiin, oli eri eliöitä ja niiden reagointia erilaisiin epäpuhtauksiin tutkittu jo pitkään. Esimerkiksi jäkälän, erittäin paljon käytetyn bioindikaattorin, reagointi ilman saasteisiin havaittiin jo 1800-luvun lopulla, jolloin huomattiin jäkälän kärsivän huonosta ilmanlaadusta. Myöhemmin havaittiin, että jäkälän herkkyys ilman saasteille vaihtelee lajista riippuen: toiset jäkälälajit reagoivat ilman saasteisiin nopeammin kuin toiset (Hawskworth & Rose 1970, Richardson & Nieboer 1983). Näin, lajista riippuen, jäkälä täyttää hyvälle bioindikaattorille asetetun vaatimuksen: sillä on oltava selvä sietoalue tutkittavan ympäristötekijän suhteen ja sen tulee reagoida tähän ympäristötekijään nopeasti ja samalla tavalla samanlaisissa ympäristöissä. Hyvä bioindikaattori on myös spesifinen eli se reagoi herkästi juuri tiettyyn yhdisteeseen. Useat jäkälälajit ovat herkkiä juuri rikkijyhdisteille. Niiden hienorakenteessa syntyy usein rikin aiheuttamia vaurioita jo ennen kuin jäkälän rikkipitoisuuden nousua on voitu kemiallisesti mitattua (Palomäki & Holopainen 1986).

Jäkälän lisäksi paljon käytettyjä bioindikaattoreita ovat muun muassa puiden lehdet ja neulaset sekä sammalet. Suomessa lehvästönäytteet ovat lähes poikkeuksetta havupuiden neulasia, koska ne ovat alttiina ilman epäpuhtauksille myös talvisaikaan, jolloin rikki- ja typpipäästötkin ovat korkeimmillaan. Sammalet keräävät tarvitsemansa ravinteensa lähinnä sadeveden mukana mikä tekee niistä erinomaisia laskeuman kerääjiä (SFS 5671). Viiden vuoden välein tehtävä Euroopan laajuinen raskasmetallien leviämiskartoitus tehdään määrittämällä raskasmetallipitoisuudet juuri metsäsammalista (Buse ym. 2003). Sammalia voidaan myös siirtää alueille, joilla bioindikaatio ei muuten, esimerkiksi kasvillisuuden puuttumisen vuoksi, ole mahdollista (ns. sammalpallomenetelmä, SFS 5794).

Käytettävää bioindikaattoria valitessa on huomioitava muun muassa mahdollisten päästölähteiden päästöjen laatu (rikki, typpi vai raskasmetallit, kaasumainen vai hiukkasmainen) ja se ovatko päästöt suurimmillaan kasvukaudella vai kenties talvella. Yleisimmin käytettyjen bioindikaattoreiden hyvien ja huonojen ominaisuuksien tunteminen auttaa sopivan bioindikaattorin tai niiden yhdistelmän valinnassa:

Epifyytiset jäkälät:

- + eri lajit reagoivat eri tavalla rikki- ja typpiyhdisteisiin, joten pelkillä lajistomuutoksilla saadaan viitteitä siitä onko ongelmana rikin vai typen yhdisteet
- + keräävät sekä kaasumaista että märkälasseumaa kuten myös hiukkasia, jotka voidaan määrittää kemiallisilla analyyseillä
- eri lajien kyky kerätä saasteita todennäköisesti erilainen: pelkästään morfologia vaikuttaa siihen miten esimerkiksi hiukkasia kertyy jäkälän pinnalle
- puiden latvusto vaikuttaa siihen kuinka paljon rungolla elävät jäkälät keräävät saasteita
- kemiallisia analyysejä varten keruu työlästä ja menetelmän standardointi vaikeaa

Puiden harsuuntuminen

- + kartoitus onnistuu ilman monimutkaisia välineitä ja kemiallisia analyysejä
- + suhteellisen nopea tehdä
- + nykyään luotettava (vaatii hyvin koulutetut kartoittajat)
- + hyvä puiden kunnan yleisindikaattori
- vaatii harjaantuneen "silmän" (eli pitkän kokemuksen ja harjoittelun)
- epäspesifi: harsuuntuneisuuden aiheuttajia useita

Sammalet

- + keräävät tarvitsemansa ravinteet ilmasta, eli soveltuvat sekä kaasumaisen että märkälasseuman kuten myös hiukkasmaisen laskeuman bioindikaatioon
- + eri lajien välillä ei todennäköisesti suurta eroa
- puiden latvuspeittävyys vaikuttaa tuloksiin: luotettavat tulokset vain jos keruu latvuston ulkopuolelta
- altistuvat saasteille vain lumettomana kautena
- tutkittavat lajit saattavat puuttua laajoilta alueilta (sammalia voidaan kuitenkin siirtää tutkittavalle alueelle käytettäessä ns. sammalpallomenetelmää vrt. SFS 5794)

Neulasten ja lehtien kemiallinen analyysi

- + keräävät sekä kaasumaista että märkälasseumaa kuten myös hiukkasia
- + neulaset alttiina saasteille ympäri vuoden
- + samalla analyyseillä saadaan tietoa myös ravinnetilasta (jopa 20 alkuainetta)
- + reagoivat myös otsoniin ajanjaksona jolloin muut bioindikaattorit inaktiivisia (loppupalvi-kevät): näkyvät vauriot
- keruu työlästä (neulasten keruu talvella)
- eri lajit eivät vertailukelpoisia

Huolellisella bioindikaattoreiden valinnalla tutkittavan alueen ympäristön tilasta saadaan kattava ja luotettava kuva. Bioindikaattoritutkimusta suunniteltaessa on kuitenkin syytä pitää mielessä myös aiemmissa tutkimuksissa esille tulleita ongelmia, jotta voisi välttyä niiltä jo suunnitteluvaiheessa. Eri aikoina tehdyt tutkimukset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia, koska jo pelkästään sääolot vaikuttavat siihen missä muodossa saasteet laskeutuvat (sateinen vs. kuiva kesä). Niinpä lähialueiden tulisi vertailukelpoisuuden vuoksi harmonisoida keruunsa samalle vuodelle. Jos seurantatutkimuksen tekijä vaihtuu, olisi huolehdyttävä siitä, että menetelmät pysyvät täsmälleen samoina. Myös seurantatutkimuksissa näytealojen tulisi pysyä samoina. Jos perustetaan uusia näytealoja, niiden tulisi sijaita samanlaisissa metsätyypeissä siten, että metsätyyppi, ikä, laji jne. ovat samoja. Jos halutaan alueellista vertailtavuutta, tulisi samat muuttujat tutkia kaikilta koealoilta. Menetelmien tulisi olla vertailukelpoisia muilla alueilla tehtyjen tutkimusten kanssa (standardoidut menetelmät), ja käytettävissä olevia ilmanlaatu-tietoja olisi syytä hyödyntää riittävästi pisteverkkoa suunnitellessa ja tuloksia tulkittaessa.

Bioindikaatiomenetelmien kirjavuuteen on onneksi viime aikoina reagoitu (Jussila ym. 1999, Airola & Soininen 2000) ja standardointiin on kiinnitetty yhä enemmän huomiota. Menetelmiä on Suomessa standardoitu jo reilu kymmenen vuotta ja käytettävissä on useita standardoituja menetelmiä muunmuassa neulasten kokonaisrikkipitoisuuden analysointiin (SFS 5669), jäkäläkartoitukseen (SFS 5670) ja sammalten kemialliseen analyysiin (SFS 5671). Varsinkin keruumenetelmät ja näytteiden esikäsittely ovat kuitenkin olleet edelleen hyvin kirjavia ja näiden standardoimiseksi sekä esikäsittely- ja laboratoriomenetelmien edelleen kehittämiseksi on tehty paljon työtä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Esimerkiksi YK:n Euroopan talousneuvoston (YK/ECE) alaisuudessa toimivan "Yleiseurooppalainen metsien terveydentilan seurantaohjelman" (ICP-Forests) eri osioissa on kehitetty Euroopan maiden metsäasiantuntijoiden yhteistyönä useita standardoituja menetelmiä (United Nations Economic Commission for Europe 2004).

7.1.1 Standardointi

Bioindikaatiomenetelmissä saataviin tuloksiin vaikuttavia virhelähteitä ovat näytteiden keruuvaiheessa tehtävät virheet sekä laboratoriossa tapahtuvat virheet, silloin kun menetelmään kuuluu laboratorioanalyysijä. Näistä kahdesta ehdottomasti suurempi virhelähde on näytteiden keruussa tapahtuvat virheet (Markert 1993, Draijers ym. 2001). Asiansa osaavien laboratorioiden suorittamien analyysien laatu on ollut jo pitkään hyvällä tasolla. Useat laboratoriot seuraavat analyysiensä tarkkuutta jokaisen määritettävän näytesarjan yhteydessä tehtävillä kontrollinäytteillä ja osallistuvat myös kansainvälisiin laaduntarkkailuohjelmiin. Esimerkiksi ICP-Forests ohjelmassa maa-, sadevesi- ja lehvästönäytteitä analysoivat laboratoriot osallistuvat useita kertoja vuodessa kansainvälisiin vertailunäytetesteihin ja lisäksi nämä laboratoriot osallistuvat ICP-Forests ohjelman sisäisiin vertailunäytetesteihin (ns. ring-testit).

Näytteiden keruuvaiheen aiheuttamat virheet voidaan jakaa kahteen tyyppiin: näytepisteen valinnasta johtuvat virheet sekä näytteiden keruussa tapahtuvat virheet. Näytteiden keruumenetelmiä on onnistuttu standardoimaan muun muassa edellä mainitun ICP-Forests ohjelman toimesta. Standardoinnin lisäksi keruuvaiheen virhettä on pyritty vähentämään henkilöstön koulutuksella. Tällä hetkellä huomattava osa näytteenkeruun ammattilaisista on kurssitettu erikoiskursseilla, jonka lisäksi osa heistä on sertifioituja, tiettyihin bioindikaattoreihin erikoistuneita näytteenkeräjiä. Tällaisen sertifikaatin suorittaneen tulee sertifikaatin säilyttääkseen ylläpitää ammattitaitoaan osallistumalla vuosittain järjes-

tettävään ylläpitokoulutukseen. Vaikka näytteenkeruumenetelmien standardisointi onkin vähentänyt keruuvaiheen virhettä huomattavasti, samaa ei voi valitettavasti sanoa näytepisteiden valinnasta aiheutuvasta virheestä.

Näytepisteiden valinnasta johtuvat virheet eivät ole viimeaikoina juurikaan pienentyneet, osaksi siitä syystä, että kansainvälisissä tutkimusohjelmissa, joissa ympäristön tilaa seurataan bioindikaattoreiden avulla, ei ole monilta osin tarvetta (eikä mahdollista) yhtenäistää näytepisteiden valintaa. Näissä tutkimusohjelmissa ei näytepisteitä voida useinkaan sijoittaa samanlaisiin ympäristöihin: karu metsikkö on hyvin erilainen Pohjois-Suomessa, Sveitsin Alpeilla ja Espanjan Välimeren rannikolla. Tällaisissa kansainvälisissä seurantaohjelmissa, esimerkiksi ICP-Forests seurantaohjelman (Taso I), näytepisteet sijoitetaan usein objektiivisesti kartalle sijoitetulle ruudukolle tasavälein. Tässä ohjelmassa näytepisteet on pyritty sijoittamaan tilastollisella otannalla (pääosin 16 x 16 km ruudukolle) edustamaan kunkin alueen vallitsevaa metsätyyppiä, puulajia tms. Näin esimerkiksi ICP-Forests ohjelman läheisestään näytepisteet eivät siis välttämättä ole vertailukelpoisia, koska seurattava laji saattaa olla erilainen ja eri lajit usein reagoivat ympäristötekijöihin eri tavalla. Kyseinen ohjelma on kuitenkin metsien terveydentilaa seuraava ohjelma ja näytepisteelle osunut laji edustaa juuri kyseessä olevaa ympäristöä. Kun tätä näytepistettä seurataan useita vuosia (ICP-Forests jatkunut jo 20 vuotta) nähdään metsän terveydentilassa mahdollisesti tapahtuvat vuosittaiset muutokset. Lisäksi näytepisteiden suuri määrä, koko Euroopassa yli 8000, kompensoi niiden erilaisuutta.

Paikallisissa ilmanlaadun bioindikaattoritutkimuksissa tutkimusten tavoitteet ovat kuitenkin tyystin toisenlaiset: halutaan saada selville ilman epäpuhtauksien alueelliset luontovaikutukset. Päinvastoin kuin metsien terveydentilassa, jossa muutokset saattavat tapahtua nopeastikin tuholaiten tms. vaikutuksesta, ilman epäpuhtauksien mahdolliset vaikutukset näkyvät metsäluonnossa nykyään hyvin harvoin lyhyellä aikavälillä. Näin vuosittainen seuranta ei ole mielekästä vaan seurantojen välin tulisi olla vähintään viisi vuotta (toisaalta kymmenen vuotta on jo joidenkin muuttujien suhteen liian pitkä aikaväli). Jotta mahdollisten muutosten alueellisuutta voitaisiin seurata, paisuttamatta näytepisteverkkoa kohtuuttomasti, tulisi näytepisteet sijoittaa mahdollisimman samanlaisiin metsiköihin (metsätyyppi, puulaji, ikä, vähimmäispinta-ala). Toisaalta kun näytepisteitä pyritään valitsemaan mahdollisimman samanlaisiin kohteisiin, on vaarana, että näytepisteen valitsijasta johtuvat (subjektiiviset) tekijät tuovat oman virhelähteen tuloksiin. Olisi siis löydettävä objektiivinen (satunnainen) tapa valita sopivat näytepisteet.

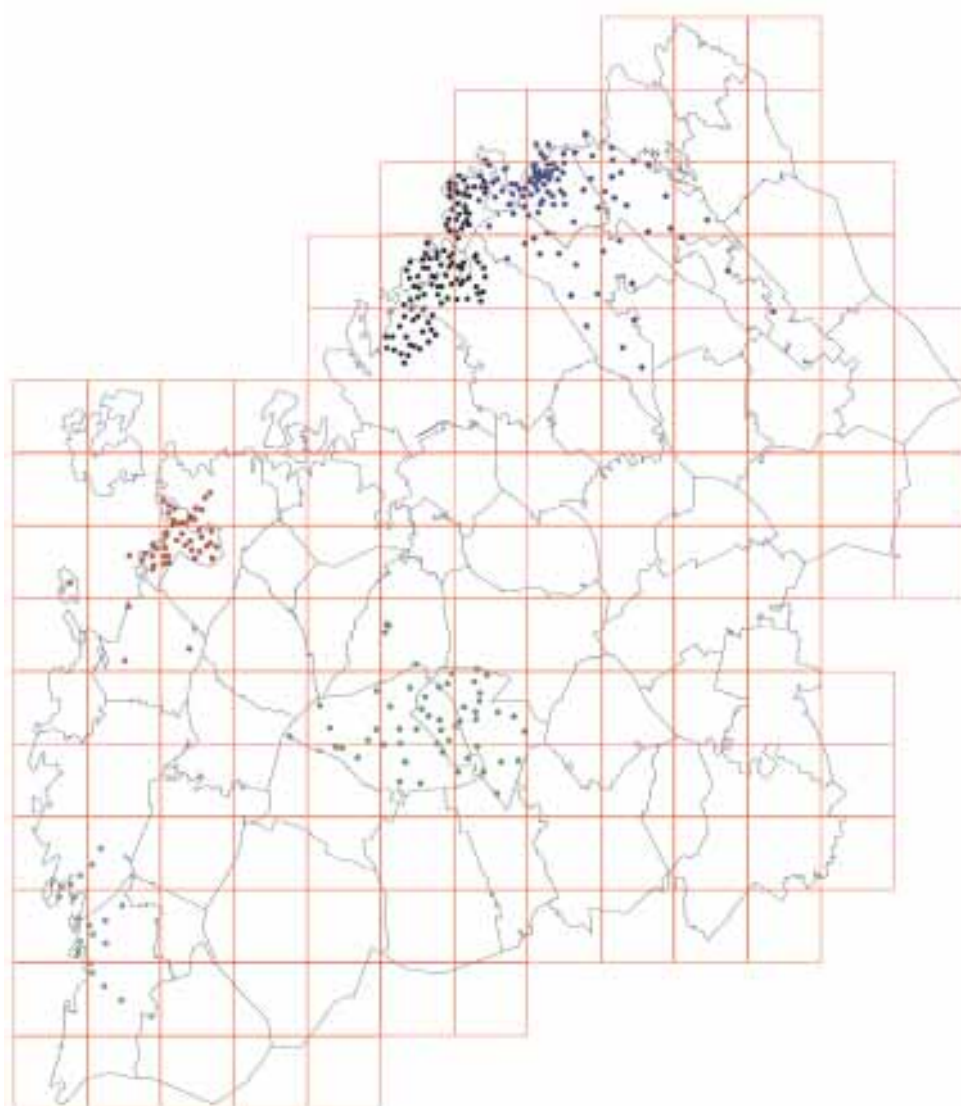
7.1.2 Näytepisteiden valinta

Näytepisteen valinnan tulisi siis olla mahdollisimman satunnainen mutta toisaalta näytepisteeksi tulisi kelpuuttaa vain tietyt kriteerit täyttävät alueet. Jotta tämä onnistuisi ilman laajoja maastoinvestointeja voidaan kriteerit täyttävät metsiköt valita etukäteen paikallisten Metsäkeskusten ja/tai metsänhoitoyhdistysten tietojen pohjalta ja tehdä satunnainen valinta näistä etukäteen valituista metsiköistä maastossa kappaleessa 7.2.1 kuvatulla tavalla. Tällaista kahdessa vaiheessa tapahtuvaa näytepistevalintaa on kokeiltu aiemmin Pietarsaari-Uudenkaarlepyyn alueella vuonna 2000 tehdyssä bioindikaattoritutkimuksessa (Raitio & Kärkkäinen 2002) ja sen todettiin paitsi täyttävän satunnaistamisen kriteerit myös säästävän aikaa maastossa. Tässä esitetty menetelmä on kehitetty yllä mainitun projektin kokemusten pohjalta. Kappaleessa 7.2.1 esitetty malli bioindikaattorinäytepisteverkoksi on tehty Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueelle mutta soveltuu sellaisenaan myös muualle.

7.2 Luontovaikutusten seuranta Länsi-Suomen alueella

7.2.1 Näytestiverkko tausta-alueella

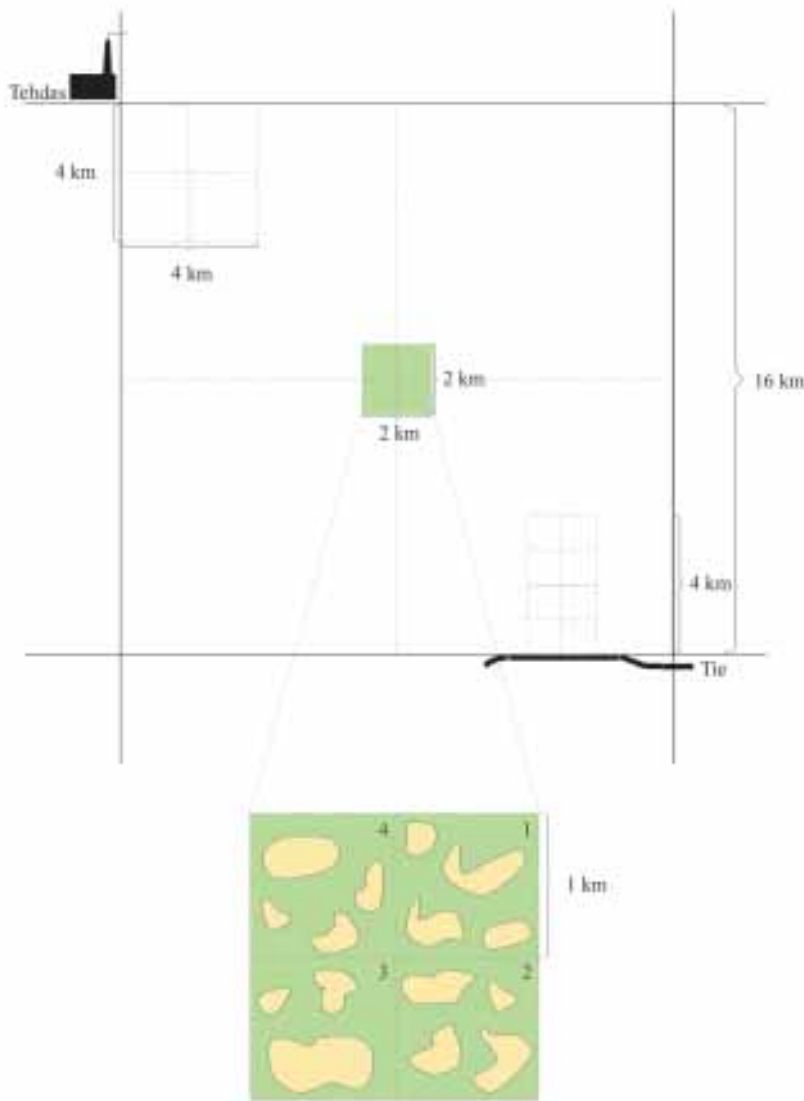
Mikäli tutkimusalueella on aiemmin toteutettu bioindikaattoritutkimus hyödynnetään aiemmin perustetut näytestipisteet, koska aiemmin kerätyn tiedon pohjalta nähdään mahdollinen muutos ajassa. Jos alue on etupäässä tausta-alueita eli suuria asutuskeskuksia tai pistepäästölähteitä ei juuri ole, uudet näytealat voidaan perustaa harvempaan, kuin jos tutkimusalueella sijaitsee suuria päästölähteitä. Kuvassa 49 kuvatulla alueella uusien näytealojen perustamista varten alue jaetaan 16 x 16 km ruutuihin.



16 x 16 km

- Pietarsaari - Uusikaarlepyy (n=103)
- Seinäjoki (n=53)
- Suupohja (n=20)
- Vaasa (n=50)
- Kokkolan seutu (n=105)

Kuva 49. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueelle sijoitettu 16 x 16 km näytestiverkko.



Kuva 50. 16 x 16 km ruudun keskelle sijoitetun pisteen ympärille perustettu 2 x 2 km ruutu, joka jakautuu neljään peruskarttaruutuun (1 x 1 km). Näille peruskarttaruuduille on kuvattu tietyt ehdot täyttävät metsikkökuviot (tässä keltaisella), jotka haetaan esimerkiksi Metsäkeskusten paikkatietojärjestelmästä. Tämä kuvitteellinen näyteala sijaitsee tarvittavan välimatkan päässä alueella sijaitsevasta pistepäästölähteestä (kts. myös Kuva 52-54).

Ruudukon lähtöpisteeksi valitaan jokin kiintopiste esimerkiksi satunnainen koordinaattipiste alueen luoteisnurkasta. Kun kiintopisteeksi valitaan jokin peruskartan pohjois-eteläkoordinaattien risteyskohta, voidaan peruskartan neliökilometrin ruudukkoita hyödyntää suoraan näyteruutujen valinnassa. Näin saadun ruudukon jokaisen ruudun keskipisteeseen perustetaan 2 x 2 km ruutu, joka jaetaan edelleen neljään 1 x 1 km ruutuun (Kuva 50).

Näille ruuduille haetaan tietyt kriteerit täyttävät metsikkökuviotiedot paikalliselta Metsäkeskukselta tai metsänhoitoyhdistykseltä. Kriteerit riippuvat tutkittavasta alueesta mutta mäntyvoittoisalla alueella kriteerien tulisi olla lähellä seuraavaa: kasvullinen kangasmaan metsämaa jossa männyn osuus puustosta on yli 50%, metsätyypiltään kanerva- (CT) tai puolukkatyyppin (VT) metsikkö, puusto iältään noin 50-70 vuotiasta ja metsikön koko vähintään hehtaari. Jos näytepisteiltä aiotaan kerätä sammalnäytteet on järkevämpää valita metsiköt hieman rehevämmästä puolukkatyyppin (VT) metsiköstä kuin karummalta kanervatyyppiltä (CT).

Seurattavien muuttujien lisäksi valintakriteereissä tulisi ottaa huomioon myös seurannan kesto. Jos seurantaa aiotaan tulevaisuudessa jatkaa, mikä lienee seurannan tarkoitus, on parempi valita metsikköjä, joissa ei todennäköisesti suoriteta hakuita seuraavan 10-20 vuoden aikana. Tästä johtuen esimerkiksi 90 vuotta vanha metsikkö ei ole yhtä hyvä vaihtoehto kuin 70 vuotta vanha vaikka tuloksiin tällä erolla ei suurta merkitystä olisikaan.

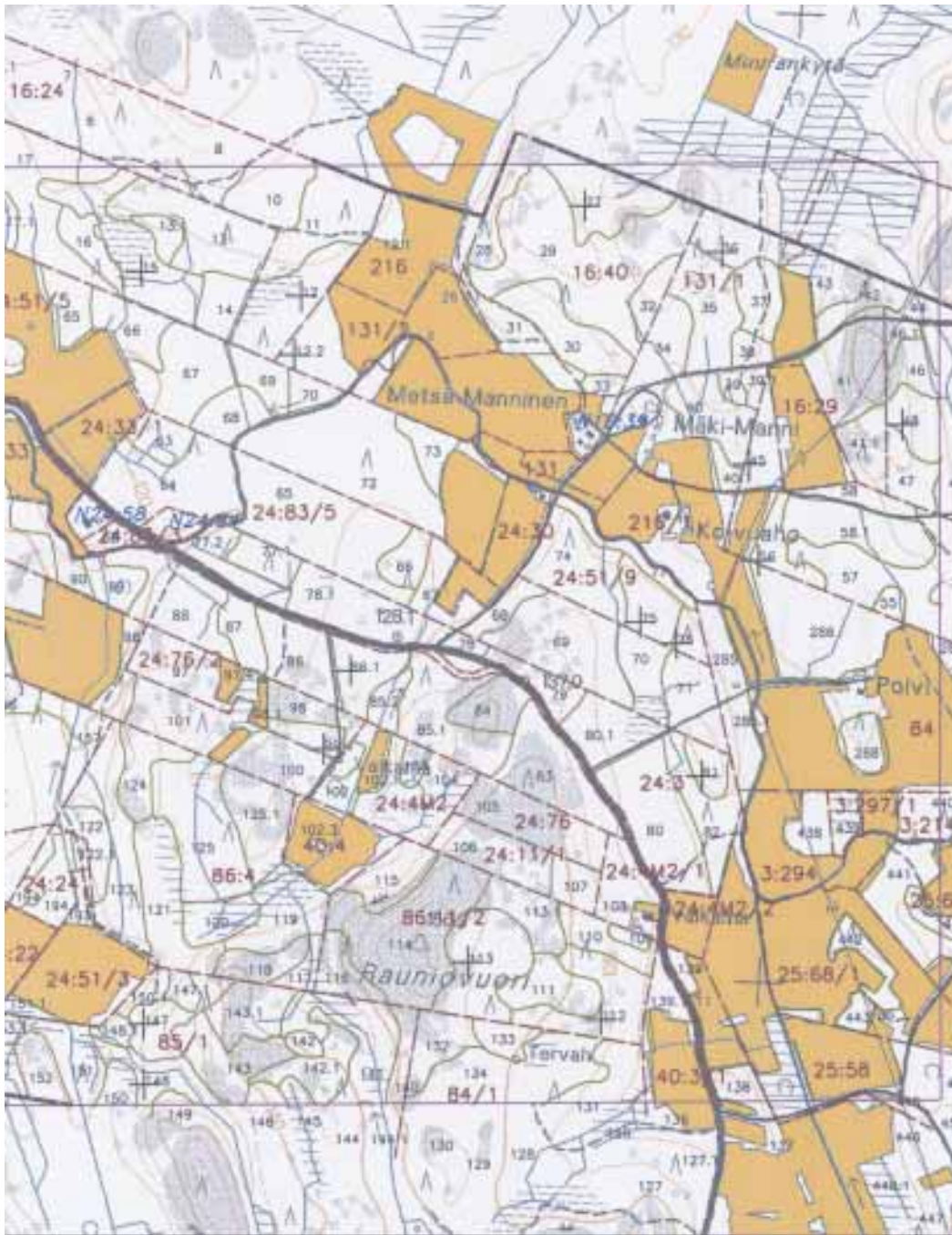
Koska näytepisteet osuvat todennäköisemmin talousmetsiin kuin luonnontilaisiin metsiin, voidaan metsikön iän sijasta valintaperusteena käyttää metsäkuvion kehitysluokkaa. Tämä siksi, että jos metsää ei ole harvennettu ajoissa, vanhakin metsikkö voi olla liian tiheä, millä on taas vaikutusta latvuspeittävyteen sekä puuston järeyteen ja tätä kautta edelleen muun muassa puiden runkojen epifyyttisiin jäkäliin. Bioindikaatiotutkimuksiin sopiva metsikkö on varttunutta kasvatusmetsää (kehitysluokka 3), jossa tukkipuun osuus puustosta on yli 30 prosenttia.

Jos tutkimusalue on kuusivaltaista, on sopivia alueita haettava metsikkökuvioista, joilla kuusi on valtapuu ja metsätyypiksi voidaan valita tarvittaessa myös mustikkatyyppi (MT). Tausta-alueen luonteen säilyttämiseksi näytepisteen etäisyys pääteistä ja asutuskeskuksista pitäisi olla vähintään 300 metriä. Pienempiin teihin ja yksittäisiin asuinrakennuksiin tulisi etäisyyttä olla vähintään 100 metriä (vrt. Buse ym. 2003). Lisäksi on syytä muistaa, että teollisuus- ja energiantuotantolaitokset vaikuttavat yllättävän kaukana sijaintipaikastaan: jo 20 MW öljyä käyttävän lämpövoimalan vaikutus näkyy rikkidioksidin vuosikeskiarvoissa yli kilometrin päässä (Kuva 53) ja tuntikeskiarvoissa vaikutus näkyy useamman kilometrin päässä (Ilmatieteen laitos, T. Rasila, henkilökohtainen tiedonanto).

Jotta näytepisteen valinnan satunnaisuus toteutuisi valitaan lopullinen näytepiste ylläkuvatulta 2 x 2 km ruudukolta siten, että sopivia metsikkökuvioita etsitään ruudukon neljältä yhden neliökilometrin ruudulta (Kuva 50) myötäpäivään. Ensin siis tarkistetaan metsikkökuviot koilliskulmasta ruudulta 1, jos nämä metsikkökuviot eivät täytä vaatimuksia siirrytään ruutuun 2 ja jos täältäkin ei kriteerit täyttävää metsikköä löydy siirrytään edelleen ruutuun 3 ja viimein ruutuun 4. Mikäli kriteerit täyttävää metsikkökuvioita ei näiltä neljältä ruudulta löydy näytepiste voidaan hylätä. Jos näytepiste pitää edustavuuden takia kuitenkin tälle alueelle perustaa voidaan sopivaa metsikköä etsiä ruudun 1 itäpuolelta, jonka jälkeen ruudun 2 itäpuolelta, ruudun 3 länsipuolelta ja viimein ruudun 4 länsipuolelta. Tätäkin työtä voidaan helpottaa jo pisteiden esivalintavaiheessa: jos huomataan, että tuolle 2 x 2 km ruudulle ei potentiaalisia metsikkökuvioita montaa osu, on syytä valita sopivia kuvioita tuon 2 x 2 km ruudukon ulkopuolelta.

7.2.2 Esimerkkitapaus

Ylläkuvatun menetelmää testattiin Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskuksen ylläpitämien kuviotietojen pohjalta. Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskuksella oli alueensa kuviotiedoista saatavissa hakuhetkellä 2/3 (pinta-alasta) paikkatietojärjestelmästä ja loput manuaalisesti haettavissa kuviotietokartoista. Tätä esimerkkiä varten haku tehtiin paikkatietojärjestelmästä ja sopivan metsikkökuvion hakuehdoiksi asetettiin: metsämaa, kangas, metsätyypiltään puolukkatyyppi (VT), kehitysluokka 3 ja mäntyvaltainen (Kuva 51). Tällä alueella metsikön kehitysluokka sopi ennakkovalinnan perusteeksi paremmin kuin ikä. Muutaman koehaun perusteella hakuehdot täyttävien kuvioiden määrä vaihteli eri kohteissa paljon johtuen muun muassa siitä, että tällä alueella on paljon peltoja ja paikoin myös turvemaita. Jollekin alueelle saattaa osua myös paljon taimikoita, jolloin sopivia metsikkökuvioita ei alueella ole vaikka alue olisikin metsämaaltaan sopivaa. Kuvan 51 esimerkkitaupauksessa 2 x 2 km ruudukolle Alavudella osui 17 ylläkuvatut ehdot täyttävää



Kuva 51. Esimerkki havaintometsiköiden ennakkovalinnasta Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskuskuviotiedoista (paikkatietojärjestelmä).

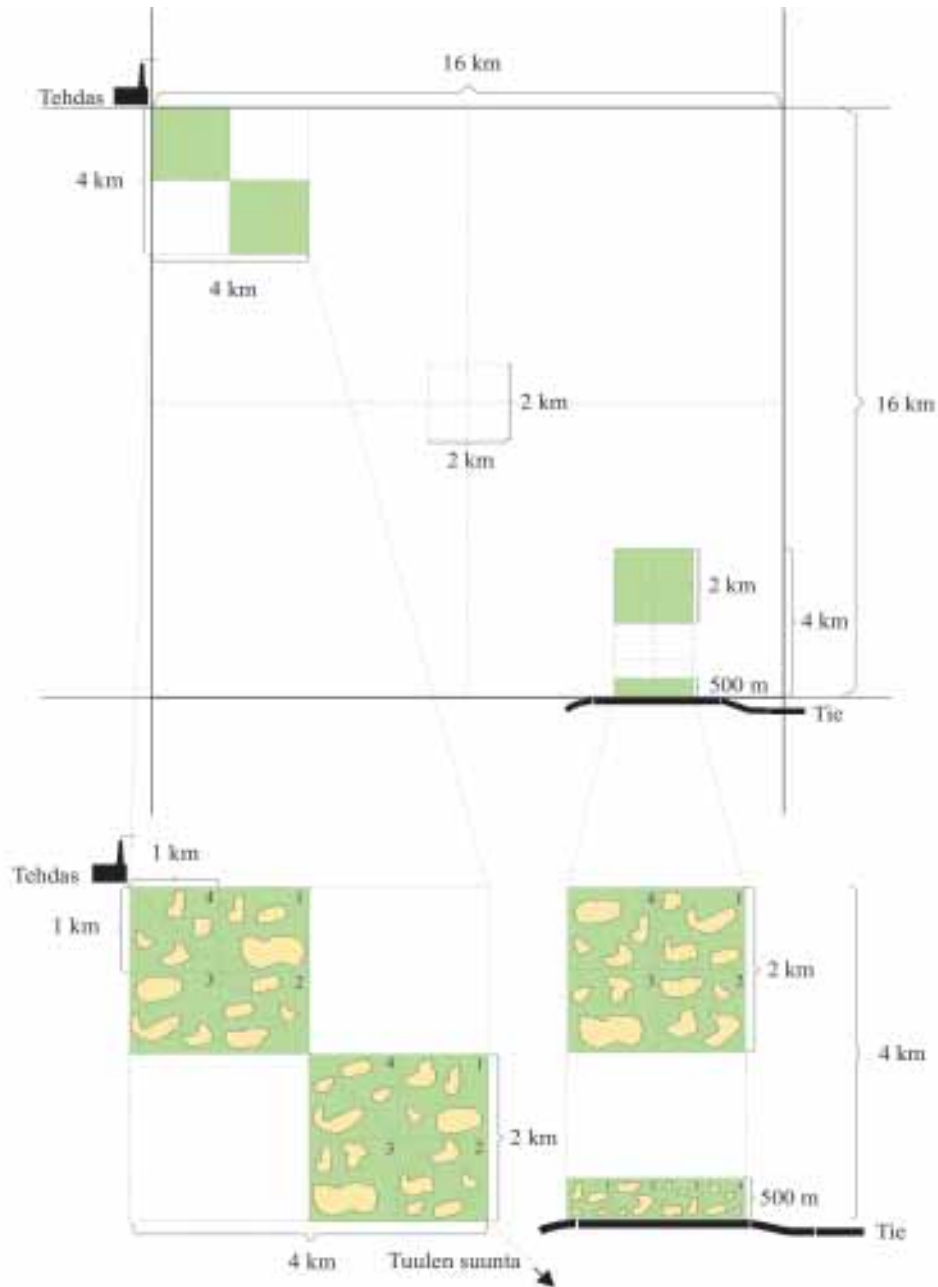
Tutkittu 2 x 2 km ruutu merkitty vaaleanpunaisella viivalla (alueen vasen raja rajoittuu kartan reunaan). Ruudun keskipisteessä on yhtenäiskoordinaattipiste (3329000, 6941000), joten ruutu koostuu neljästä peruskarttaruudusta (kuin siis 1 x 1 km) Metsikkökuvioiden rajat merkitty vihreällä viivalla. Metsikkökuviot voivat rajautua myös teihin (mustat viivat) tai tilarajoihin (punaiset katkoviivat). Metsikkökuviot numeroitu (mustat numerot) ja ehdot täyttävät kuviot merkitty mustilla risteillä. Ehdot (metsämaa, kangas, viljavuustaso VT, kehitysluokka 3 [vartunut kasvatusmetsä], mäntyvaltainen) täyttäviä kuvioita löytyy kartalta 17 kpl: 12, 12.2, 15, 27, 36, 45, 48, 56, 75, 76, 81, 86.1, 99, 112, 113, 147 ja 148. Näistä kolme (76, 81 ja 99) ovat alle hehtaarin suuruisia. Alle hehtaarin suuruiset kuviot on otettu tulostukseen mukaan sen vuoksi, että alueen rajan tai metsätilan rajan katkaisema alue saattaa jatkaa samanlaisena rajan toisellakin puolella, jolloin sen kokonaisala voi kasvaa yli hehtaarin.

metsäkuviota (merkitty ristillä karttaan). Yllä kuvatun menetelmän mukaan näistä kuvioista käytäisiin ensimmäiseksi tarkastamassa kuviot jotka ovat 2 x 2 km ruudukon koilliskulmassa, eli kuviot 27, 36, 48, 45, 56 ja 75. Jos mikään näistä kuvioista ei jostain syystä täytäkään sopivan metsikön vaatimuksia, haettaisiin sopivaa metsikköä ruudun kaakkoiskulmassa sijaitsevien kuvioiden joukosta, jonka jälkeen siirryttäisiin lounaiskulmaan ja viimein luoteiskulmaan.

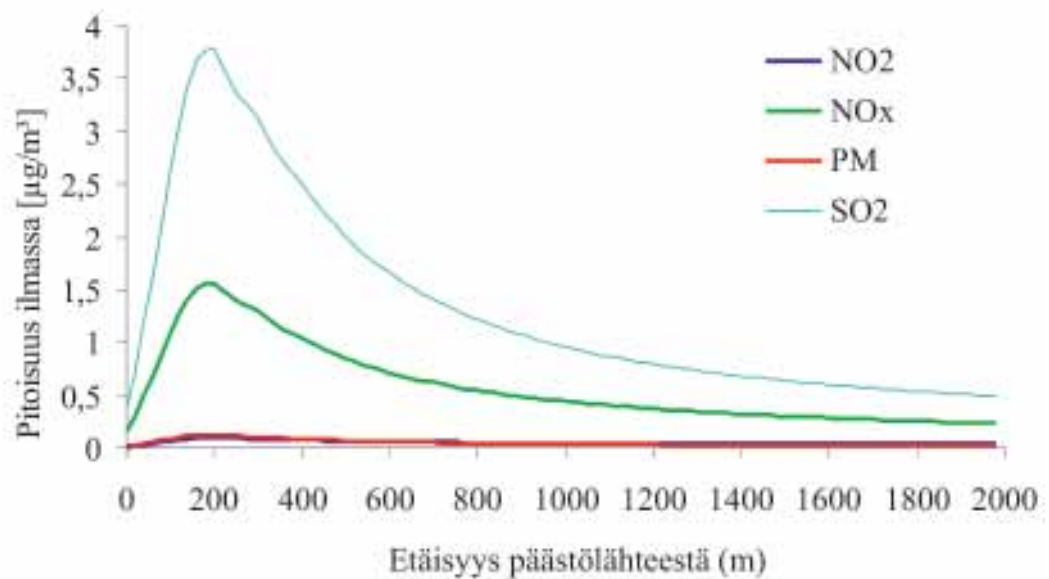
7.2.3 Näytepisteverkko päästölähteiden ja asutuskeskusten lähistöllä

Mikäli näytepiste osuu suuren päästölähteen lähistölle ei aluetta voida alunperinkään pitää tausta-alueena ja näin näytepisteen hylkääminen tai siirtäminen kauemmas päästölähteestä ei ole perusteltua. Toisaalta yksittäinen näytepiste suuren päästölähteen lähistöllä ei anna luotettavaa tietoa kyseisen päästölähteen ympäristövaikutuksista. Niinpä jos päästölähteen luontovaikutuksia halutaan arvioida tulee se tehdä tiheämmällä näytepisteverkolla. Usein etenkin suurten teollisuuslaitosten vaikutuksia ilman laatuun ja laskeumaan arvioidaan leviämismallilaskelmilla. Mikäli tällaisia tietoja on tutkittavalta alueelta käytössä voidaan niitä hyödyntää näytepisteiden sijoittelussa. Yleissääntönä voidaan pitää, että tiheämmin asutulla alueella, jossa on jo runsaammin teollisuutta ja liikennettä voidaan näytepisteverkko suunnitella alunperin tiheämmäksi, vaikkei ilmanlaadusta olisikaan tarkkoja ennakkotietoja. Esimerkiksi edellä mainitussa Pietarsaaren-Uudenkaarlepyyn bioindikaattori-tutkimuksessa (Raitio & Kärkkäinen 2002) alue jaettiin jo alunperin 2 x 2 km ruutuihin (joilla kullakin sijaitti sitten nuo neljä neliökilometrin ruutua, vrt. Kuvat 50 ja 52), joilta haettiin näytepiste yllä kuvatulla tavalla.

Jos kyseessä on yksittäinen pistepäästölähde, jonka ympäristövaikutuksia halutaan tutkia, voidaan sen ympärille oletetulle vaikutusalueelle sijoittaa 2 x 2 km ruudukko, jolla tutkimus tehdään. Esimerkiksi 20 MW lämpövoimalaitoksen vaikutukset ilmanlaatuun kuitenkin laskevat kahden kilometrin matkalla voimakkaasti (Kuva 53). Joten jos halutaan selvittää vaikutuksia alueella jossa vaikutus on suurin, voidaan näytepisteet sijoittaa vallitsevan tuulen suuntaan Kuvan 52 osoittamalla tavalla. Mikäli tarkoituksena on selvittää kuinka kauas vaikutukset ulottuvat (ja halutaan pitää näytepisteiden määrä minimissään) voidaan näytepisteet valita suoraan tuulen alapuolelle osuville neliökilometrin ruuduille (eli ruudut no 4 ja 2 tehtaasta vallitsevan tuulen suuntaan kuvassa 52).



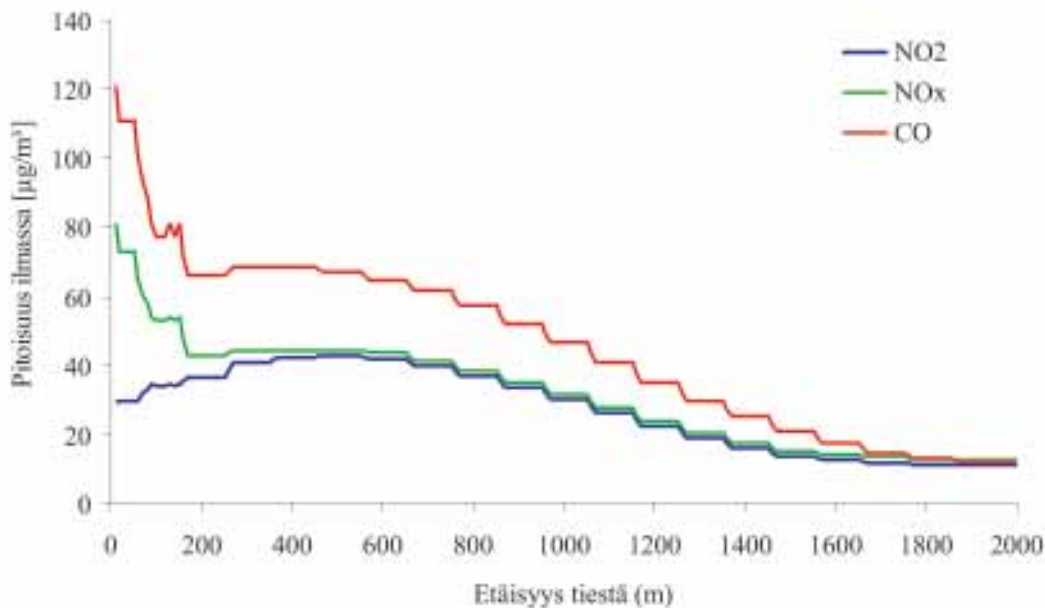
Kuva 52. Näytepisteiden sijoittelu pistepäätölähteen tai tien vaikutusta tutkittaessa (kts. myös Kuvat 53 ja 54 päästöjen leviämismalleista). Keltaisella on kuvattu hakuehdot täyttävät metsikkökuviot. Vallitseva tuulen suunta merkitty nuolella.



Kuva 53. Lämpökeskuksen mallinnettu vaikutus typen (NO_2 ja NO_x), rikin (SO_2) sekä hiukkasten (pm) pitoisuuksiin ilmassa (vuosikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) eri etäisyyksillä päästölähteestä. Laskentamallin oletusarvot: Polttoaineteho 20 MW, polttoaine raskas polttoöljy (rikkipitoisuus 0,75 %), piipun korkeus 30 m, savukaasujen nousunopeus 15 m/s, savukaasujen lämpötila 100 °C, laitos käy joka tunti vuoden ajan, ympäristö metsää (Lähde: Ilmatieteen laitos, T. Rasila).

Teiden vaikutusta pyritään bioindikaattoritutkimuksissa yleensä välttämään, mutta jos liikenteen luontovaikutuksia halutaan selvittää tulee näytepisteet sijoittaa suhteellisen lähelle tietä. Vilkkaastikin liikennöidyn tien vaikutus ilmanlaatuun laskee hyvin voimakkaasti 500 metrin matkalla (Kuva 54), joten jos tätä vaikutusta halutaan tutkia on lähimmät näytepisteet sijoitettava tälle 500 metrin alueelle. Toisaalta jo kahden kilometrin päässä tiestä ollaan tausta-alueiden ilmanlaadun tasolla tai lähellä sitä.

Tien vaikutusta tutkittaessa lähimmät näytepisteet tulee siis sijoittaa tuolle edellä mainitulle etäisyydelle tiestä. Jos halutaan tutkia jotain tiettyä kohtaa tiestä voidaan näytepisteitä sijoittaa lyhyelle matkalle useita (500 x 500 metrin ruudut 1-4 tien vieressä kuvassa 52). Jos sen sijaan halutaan katsoa tien vaikutusta pidemmältä matkalta, mikä on tilastollisen otannan kannalta järkevämpää, voidaan tällaisia neljän 500 x 500 metrin ruudun ryppäitä sijoittaa tien varteen tietysin välimatkoin. Näistä neljästä ruudusta valitaan jälleen lopullinen näytepiste yllä kuvatun menetelmän mukaisesti, eli ensin etsitään näytepistettä ruudusta 1, sitten ruudusta 2 jne. On muistettava, että tällaiselle pisteelle pitää olla vastaava tausta-aluepiste, joka voidaan valita esimerkiksi kahden kilometrin päästä tiestä vastaavalta kohdalta kuin kyseinen "tiepiste" (Kuva 52). Tämä siksi, että vaikka vuosikeskiarvot laskevat lähelle tausta-alueen tasoa jo 500 metrin matkalla saattavat tuntikeskiarvot olla kohonneita yli kilometrin päässä tiestä (Kuva 54).



Kuva 54. Vilkaasti liikennöidyn tien mallinnettu vaikutus typen oksidien (NO_2 ja NO_x) ja hiilimonoksidin pitoisuuteen (tuntikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tien lähistöllä. Laskentamallin oletusarvot: KVL 8000, raskaan liikenteen osuus 8 %, nopeus 100 km/h (Lähde: Ilmatieteen laitos, T. Rasila).

7.2.4 Näytteiden keruu ja analysointi

Näytteiden keruu, esikäsittely ja analysointi tehdään voimassa olevien standardien ja jo vakiintuneiden menetelmien (SFS 5669-5671, Buse ym. 2003, United Nations Economic Commission for Europe 2004) mukaisesti, joten tässä ei kuvailla menetelmiä tarkemmin.

7.2.5 Tulosten raportointi

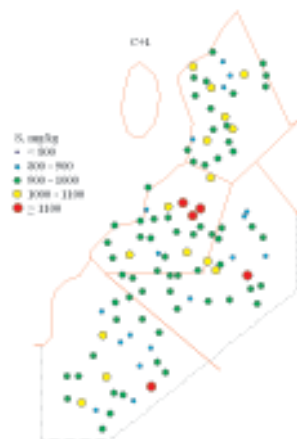
Koska bioindikaattoritutkimukset keskittyvät selvittämään alueellisia vaikutuksia tulokset ilmoitetaan yleensä, paitsi keskilukuina (lähinnä keskiarvot ja mediaanit) hajontoineen, myös sidottuna karttaan. Paljon käytetty menetelmä ovat ns. samanarvokäyrät (isokliinikäyrät), jossa mittausarvoiltaan samanlaiset (tai lähellä toisiaan olevat) alueet esitetään esimerkiksi samoilla väreillä, varjostuksella tms. Vaikkakin tämä menetelmä on hyvin havainnollinen, on se saanut osakseen myös paljon kritiikkiä. Etenkin jos pisteverkko on suhteellisen harva ja tutkittu alue laaja, kuten esimerkiksi laajoissa kansallisissa ja etenkin kansainvälisissä tutkimuksissa, voi yhden näytepisteen painoarvo korostua liikaa.

Tausta-alueella sijaitseva yksittäinen pistepäästölähde saattaa aiheuttaa laajojen alueiden "värjäytymisen punaiseksi" vaikka alue suurelta osalta edustaisikin tyypillistä puhdasta tausta-aluetta. Niinpä esimerkiksi Euroopan laajuudessa samalanalyysiin perustuvassa raskasmetallikartoituksessa näytepisteiden analyysiarvot on viimeisimmässä raportissa esitetty kartoilla pistekohtaisina erivärisinä tai rasteroituina pisteinä (Buse ym. 2003). Vaikka kyse onkin vain esitystekniikasta on väärinymmärryksen vaara suurempi käytettäessä samanarvonkäyriä, kuin jos analyysiarvot esitetään kartalla näytepistekohtaisilla esitystekniikoilla. Samanarvonkäyräkartojen antamaa informaatiota voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä karttaan näytepisteiden sijainti, jolloin lukija näkee suoraan millaisella näyte-

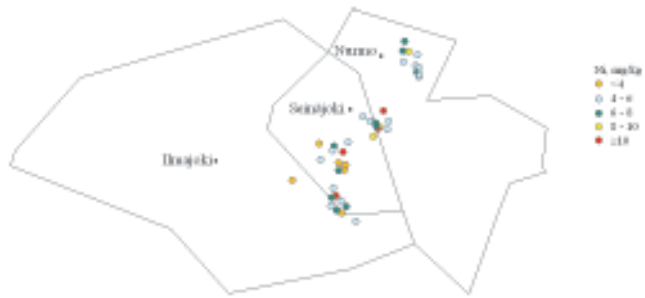
pistetiheydellä kartat on tehty. Jos tulokset halutaan kartalle samanarvonkäyrinä, tulisi tämän esityksen perustua esimerkiksi "kringing" tms. matemaattiseen (objektiiviseen) tekniikkaan. Käytetty menetelmä on myös selostettava tarkoin, jotta samoilla kriteereillä voidaan tehdä vastaavanlainen kartta esimerkiksi lähialueille tai samalle alueelle myöhemmin tehtävien tutkimustulosten pohjalta. Täytyy kuitenkin muistaa, että kehittyneetkin laskentamenetelmät eivät poista harvaan näytepisteverkkoon liittyvää epävarmuutta vaan harvalla näytepisteverkolla yksittäisen pisteen vaikutus saattaa painottua kohtuuttomasti. Esimerkkejä eri esitystavoista näkyy kuvista 55-56 (näytepistekohtainen esitys) sekä 57 (samanarvonkäyrät).

7.2.6 Esimerkkejä alueella tehdyistä bioindikaatiotutkimuksista

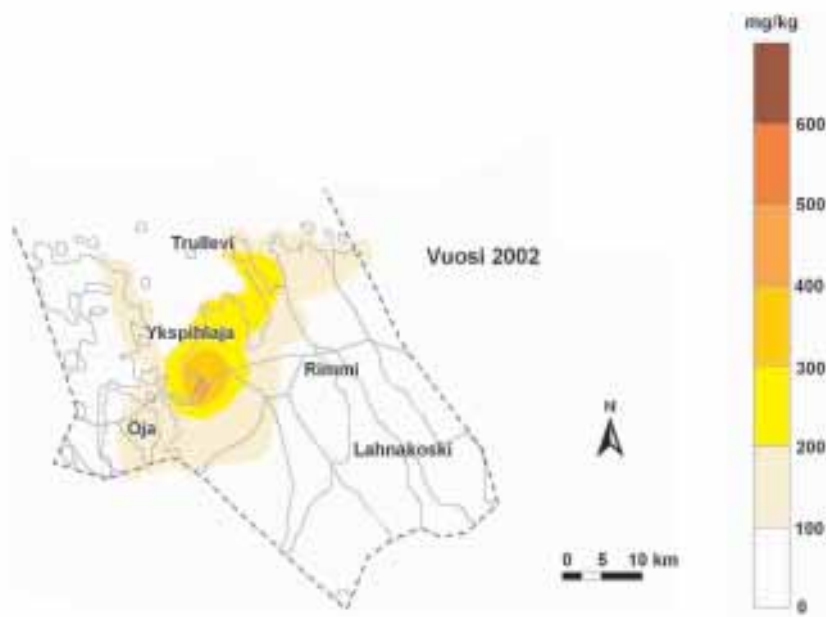
Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella on viimeisten viiden vuoden aikana tehty bioindikaattoritutkimuksia lähinnä suurimpien asutuskeskusten ympäristöissä. Tausta-alueita hieman korkeampia neulasten rikkipitoisuuksia havaittiin esimerkiksi joillakin näytepisteillä vuonna 2000 Pietarsaaren-Uudenkaarlepyyn alueella tehdyssä tutkimuksessa (Kuva 55). Seinäjoen ympäristöstä kerättyjen sammalnäytteiden raskasmetallipitoisuudet puolestaan olivat pääosin alhaisella tasolla mutta muutamalta näytepisteeltä löydettiin esimerkiksi hieman kohonneita nikkelpitoisuuksia (Kuva 56). Kuitenkin, vaikkapa Harjavallan kupari-nikkelisulaton ympäristöstä kerättyihin sammalnäytteisiin verrattuna, nikkelpitoisuudet olivat Seinäjoen ympäristössä korkeimmillaan noin puolet siitä mitä ne olivat Harjavallan ympäristössä (Buse ym. 2003). Sinkin suhteen Kokkolan seutu on yleensä erottunut muusta Länsi-Suomesta hieman kohonneiden pitoisuuksien vuoksi, tosin viimeksi tehdyssä yleisurooppalaisessa sammalten raskasmetallikartoituksessa (vuonna 2000) sinkkilaskeuman rasittama alue oli pienentynyt vuodesta 1995 (Kubin ym. 2001). Kokkolan seudulla vuonna 2002 toteutetussa bioindikaatiotutkimuksesta (Niskanen ym. 2003) käy ilmi, että kohonneita sammalten sinkkipitoisuuksia löytyy enää suhteellisen rajatulta alueelta Ykspihlajan teollisuuslaitosten ympäristöstä (Kuva 57).



Kuva 55. Männyn vuotta vanhempien (C+I) neulasten rikkipitoisuudet Pietarsaaren-Uudenkaarlepyyn alueella vuonna 2000 (Raitio ja Kärkkäinen 2002).



Kuva 56. Sammalten nikkelipitoisuuksia Seinäjoella, Ilmajoella ja Nurmossa vuonna 2000 (Raitio 2001).



Kuva 57. Seinäsammalen sinkkipitoisuudet (mg/kg kuiva-aineessa) Kokkolan seudulla vuonna 2002 (Niskanen ym 2003).



Kuva: Liisa Maria Rautio

8

LÄNSI-SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN ALUEEN ILMANLAADUN JA SEN LUONTOVAIKUTUSTEN SEURANTASUUNNITELMA

Harri Pietarila, Pasi Rautio & Jarmo Osmo

8.1 Päästötilanteen kartoittaminen

Päästötietojen kartoittaminen on välttämätön lähtökohta kaikille ilmanlaadun seurannan jatkotoimille. Tärkeimpien päästölähderyhmiä päästömääristä tulee hankkia ainakin karkea arvio, jotta päästölähteen merkitystä seuranta-alueella voidaan arvioida. Päästötilanteen tulkinnan avuksi tarvitaan taustatietoa toimintojen sijoittumisesta, alueen ominaispiirteistä ja päästöjen leviämiseen vaikuttavista tekijöistä.

Päästötilanteen kartoitus on suositeltavaa tehdä vuosittain niiden kuntien alueella, joissa ilmanlaatua mitataan jatkuvatoimisesti. Päästötietoja tarvitaan ilmanlaadun mittaustulosten tulkinnassa, ja tiedot on luontevaa koota ilmanlaadun tarkkailun vuosiraportteihin. Päästöjä voidaan esittää raporteissa yleisimmille epäpuhtauskomponenteille laitoksittain ja kunnittain. Lyhyemmän aikajakson tai jopa reaaliaikaista päästötietoa voidaan tarvita tilanteissa, joissa halutaan seurata yhden päästölähteen merkittävää vaikutusta ilmanlaatuun.

Alueilla, joissa ilman laatua seurataan ainoastaan muilla menetelmillä kuin mittaamalla, päästötilanteen kartoittaminen viiden vuoden välein on useimmiten riittävää. Jos alueen päästötilanteessa tapahtuu huomattavia muutoksia, on syytä arvioida niiden vaikutusta erikseen. Myös erityisten kampanjoiden yhteydessä, joissa ilmanlaatuutilannetta selvitetään malleilla tai suuntaa-antavilla mittauksilla, päästötietojen selvittäminen on tarpeen.

Tärkeimmät päästötietojen lähteet muodostavat ympäristönsuojelun tietojärjestelmä VAHTI, Valtion teknisen tutkimuskeskuksen tieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä LIISA sekä arviot kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkohteiden päästöistä. VAHTI on sekä valtion että kuntien ympäristönsuojeluviran-

omaisten käytettävissä ja sieltä saadaan teollisuuden ja laitospäätö- ja lämmityksen päästötietoja. Tieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmän kuntakohtaisia tuloksia voi hakea VTT:n julkisilta internet-sivuilta. Edellä mainitut tietolähteet päivitetään vuosittain. Sitä vastoin tietoja kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden kuntakohtaisista päästöistä ei automaattisesti ole saatavissa. Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästötietoja on tuotettu Suomen ympäristökeskuksessa kansallisten päästötietojen raportoinnin yhteydessä ja työkoneiden päästötietoja VTT:n TYKO-laskentamallin avulla. Resurssien salliessa kiinteistökohtaisen lämmityksen ja työkoneiden päästöjen kuntakohtainen selvittäminen parantaa päästötiedon laatua huomattavasti.

Varsinaisen erillisen päästörekisteriohjelmiston hankintaan ei Länsi-Suomen ilmanlaadun seurannassa ole tarvetta, vaan päästötietoja voidaan ylläpitää toimistokäyttöön tarkoitettussa taulukkolaskentaohjelmassa. Tietoja päivitetäisiin keran vuodessa tai mahdollisesti useamminkin, kun uutta päästötietoa saadaan esimerkiksi lupa-asioiden käsittelyn yhteydessä. Päästötietoja voisi täydentää jakamalla ne rekisterissä teollisuuslaitosten eri prosesseille ja energiantuotantolaitosten eri kattiloille. Myös päästökorkeustiedot olisi suositeltavaa sisällyttää päästörekisteriin. Näillä tiedoilla saadaan suuntaa-antavat arviot paikalliseen ilmanlaatuun vaikuttavasta päästökuormituksesta muun muassa lupa- ja kaavoitusasioiden käsittelyä varten.

8.2 Ilmanlaadun seuranta mittaamalla

Ilmanlaatuasetuksen mukainen raja-arvojen ylittymisen valvominen on ilmanlaadun seurannan vähimmäistaso, joka on samoilla periaatteella voimassa koko Euroopan unionin alueella. Tämä ei ole useinkaan kuntien ilmanlaadun seurannassa riittävä laajuus, kun otetaan huomioon esimerkiksi ympäristönsuojelulaissa kunnille annettu velvoite huolehtia alueellaan paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta ja toiminnanharjoittajien velvollisuudesta olla selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista.

Ilmanlaadun mittaussuunnitelmaa on perusteltua pohtia kokonaisuutena, jolloin raja-, kynnys- tai ohjearvojen valvonta yhdistetään muihin mahdollisiin mitaustavoitteisiin. Yleisimpiä mittauksille asetettuja tavoitteita ovat:

- ilmanlaadun raja-, ohje-, tavoite- ja kynnysarvojen valvonta
- ilmanlaadun arvioiminen paikallisella, kansallisella tai kansainvälisellä tasolla
- ilmanlaadun kehityksen arviointi
- väestön epäpuhtauksille altistumisen ja viihtyvyyshaittojen arviointi
- yhden tai useamman päästölähteen ilmanlaatuvaikutusten arviointi
- laitosten lupaehtojen täyttymisen seuranta
- ilmanlaatu- ja lämpöenergian tuottamien maankäytön suunnittelun tarpeisiin
- ilmanlaatu- ja lämpöenergian tuottamien toimien suunnittelu ja niiden tehokkuuden arviointi
- päästöhäiriöiden tai -muutosten aiheuttamien ilmanlaatuvaikutusten seuranta
- vertailu- ja lähtöaineistojen tuottaminen leviämismallien tarpeisiin
- ilmanlaatu- ja lämpöenergian tuottamien terveys- ja kasvillisuusvaikutustutkimuksiin
- ilmanlaatu- ja lämpöenergian tuottamien kansainvälisiin seurantaohjelmiin

Olipa ilmanlaatumittausten tavoite mikä tahansa edellä esitetystä, on suositeltavaa, että mittausten toteutuksessa huomioitaisiin ilmanlaatuasetuksessa esitetyt periaatteet ja menettelyt tulosten vertailukelpoisuuden ja laadun varmistamiseksi.

Ilmanlaatuasetuksen mukaisessa ilmanlaadun seurannan suunnittelussa ja mittausasemien vähimmäismäärän arvioinnissa seuranta-alueilla tulee ottaa huomioon alueella havaitut korkeimmat pitoisuudet ja niiden suhde arviointikynnyksiin. Ilmanlaatuasetuksen mukaan mittausasemien lukumäärän on oltava riittävä ilmanlaadun arvioimiseksi alueilla, joilla väestön altistuminen suoraan tai epäsuorasti ilman epäpuhtauksille on suurinta ja altistumisen kesto on merkityksellistä raja-arvon laskenta-aikaan nähden. Lisäksi mittauksia tulisi tehdä alueilla, jotka edustavat väestön yleistä altistumista. Suurinta väestön altistusta edustavat asetuksen ohjeiden mukaan sijoitetut kaupunkiliikenneasemat ja joissakin tapauksissa teollisuusasemat. Yleistä väestön altistumista edustavat parhaiten kaupunkitausta-asemat. Ilmanlaadun mittauksista tai mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa myös muiden oloiltaan vastaavanlaisten alueiden ilmanlaatua.

Direktiivin 1999/30/EY liitteen VII mukaan rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, lyijyn sekä direktiivin 2000/69/EY liitteen V mukaan hiilimonoksidin ja bentseenin raja-arvojen valvontaan tarvittavien mittausten vähimmäismäärään seuranta-alueella vaikuttaa pitoisuustason lisäksi seuranta-alueen asukasluku (LIITTEET 1-2). Väestömäärään perustuvaa sääntöä mittausasemien vähimmäismäärälle ei ole kirjattu kansalliseen ilmanlaatuasetukseen, mutta sitä voi käyttää ohjeena mittausasemien vähimmäismäärälle seuranta-alueilla. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen seuranta-alueen väestömäärä oli vuonna 2004 noin 438 000. Niille ilman epäpuhtauksille, joilla mittaukset ovat ainoa tiedon lähde ja pitoisuus on alemman ja ylemmän arviointikynnyksen välissä, riittää tässä tapauksessa yksi jatkuvia mittauksia tekevä mittausasema koko alueella. Jos pitoisuustaso ylittää ylemmän arviointikynnyksen, tarvitaan alueella vähintään kaksi jatkuvia mittauksia tekevää mittausasemaa. Typpidioksidille ja hengitettäville hiukkasille toisen pitäisi olla silloin kaupunkitaustaa edustava mittausasema ja toisen liikenneympäristöä edustava mittausasema.

Niille ilman epäpuhtauksille, joilla korkeimmat pitoisuustasot aiheuttaa liikenne, tulisi raja-arvoja valvoa ensisijaisesti ilmanlaadun seuranta-alueen suurimmissa kaupungeissa (liikenne- ja kaupunkitausta-asemat), missä todennäköisimmin esiintyy terveydelle haitallisia pitoisuuksia ja korkeille pitoisuuksille altistuvien ihmisten määrä on samalla suurin. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen seuranta-alueella Vaasa (57 000 asukasta vuonna 2004) on asukasluvultaan suurin kunta ennen Kokkolaa (35 800 asukasta), Seinäjokea (31 700 asukasta) ja Pietarsaarta (19 400 asukasta).

Bentseenin seurannassa Etelä-Suomen seuranta-alueella kyseeseen tulevia kuntia olisivat suurimmista kaupungeista esimerkiksi Tampere, Turku ja Lahti, mutta todennäköisimmin jatkuvia mittauksia tullaan tekemään pääkaupunkiseutua lukuun ottamatta hyvin rajoitetusti. Länsi-Suomen alueella bentseenin jatkuvaan seurantaan ei ole erityistä tarvetta. Otsonin pitoisuusseurantaan Länsi-Suomen alueella riittäisivät periaatteessa Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-aseman jatkuvat mittaukset.

Suomi raportoi vuosittain Euroopan komissiolle tiedot raja-arvojen valvontaan käytetyistä mittauksista. Vuoden 2003 tiedoissa Länsi-Suomen ympäristökeskuksen ilmanlaadun seuranta-alueella raportoitiin tietoja kolmelta raja-arvoa valvovalta mittausasemalta, joilla mittaukset olivat jatkuvia. Raportoidut asemat olivat Vaasan keskustan kaupunkiliikenneasema (PM_{10}), Kokkolan keskustan Pitkäsillankadun kaupunkiliikenneasema (PM_{10}) sekä Pietarsaaren Bottenviksvägenin kaupunkiliikenneasema (PM_{10} ja NO_2). Näillä asemilla mitattiin seuranta-

alueen korkeimmat typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuonna 2003. Mittaustulosten perusteella nämä kolme asemaa edustavat suurin piirtein samaa pitoisuustasoa sekä hengitettävien hiukkasten että typpidioksidin suhteen. Typpidioksidin vuosikeskiarvo on kuitenkin ollut Vaasan keskustan asemalla jonkin verran korkeampi kuin Pietarsaassa ja Kokkolassa johtuen ehkä osittain Vaasan aseman sijainnista lähempänä ydinkeskustaa, missä kaupunkitaustapitoisuus on yleensä korkein.

Seuranta-alueelta puuttuu raja-arvovalvontaan soveltuva väestön yleistä altistumista edustava kaupunkitausta-asema, jossa tulisi mitata typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Raja-arvovalvonnan minimitaso ei siten vielä täyty Länsi-Suomen seuranta-alueella.

Seuraavassa on arvioitu sekä raja-arvojen valvontatarvetta että muuta ilmanlaadun mittaustarvetta erityisesti Länsi-Suomen seuranta-alueella perustuen kappaleessa 5.5 esitettyihin ilmanlaatutietoihin.

8.2.1 Rikkidioksidi

Rikkidioksidipitoisuudet eivät ole viime vuosina ylittäneet terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja ekosysteemien suojelemiseksi säädettyjä raja-arvoja eivätkä arviointikynnyksiä yhdelläkään mittauspaikekunnalla Suomessa, eivät myöskään Länsi-Suomen ilmanlaadun seuranta-alueella (Pietarila et al. 2001). Suomessa rikkidioksidin raja-arvoseurantaa varten tehtävät mittaukset ovat tarpeen lähinnä vain eräillä teollisuuspaikkakunnilla, esimerkiksi Harjavallassa, Imatralla ja Raahessa.

Rikkidioksidipitoisuuksia on mitattu tarkastelujaksolla 1999-2003 Länsi-Suomessa 12 mittausasemalla, joista yksi on Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-asema. Mittaasemia on vähennetty niin, että vuonna 2003 pitoisuusmittauksia tehtiin viidellä asemalla. Mittaasemilla havaitut pitoisuudet alittavat selvästi sekä terveyden että ekosysteemien suojelemiseksi annetut raja-arvot ja arviointikynnykset. Myös ilmanlaadun ohjearvot ovat alittuneet selvästi.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella mitatut rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet viime vuosina pääsääntöisesti samalla tasolla kuin Ilmatieteen laitoksen Ähtärin taustamittaasemalla. Tämän perusteella voitaisiin arvioida, että rikkidioksidin pitoisuusmittaukset eivät ole enää tarpeellisia ilmanlaadun velvoitetarkkailussa eivätkä päästöhäiriöiden valvonnassa eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta. Kun rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat tasolla noin $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuten Kokkolan keskustassa ja Luodossa viime vuosina, on varsin todennäköistä, että mittauksissa käytettyjen analysaattoreiden herkkyys ei ole enää riittävä havainnoimaan tarkasti esiintyviä matalia pitoisuustasoja. Tehtyjen leviämisselvitysten mukaan muun muassa Kokkolassa ja Pietarsaassa voivat häiriöpäästöt aiheuttaa satunnaisesti lähellä päästölähteitä varsin korkeitakin rikkidioksidin lyhytaikaispitoisuuksia. Lyhytkestoisia pitoisuushuippuja ei kuitenkaan kyetä havaitsemaan mittaamalla, jos esimerkiksi tuulen suunta ei ole häiriön sattua päästölähteestä mittaaseman suuntaan.

Edellä tehdyn tarkastelun kriteerein arvioituna Länsi-Suomen seuranta-alueella ei ole tarvetta rikkidioksidipitoisuuden raja-arvovalvontaan. Rikkidioksidin pitoisuusmittauksia voidaan edelleen vähentää Länsi-Suomen seuranta-alueella niin, että Kokkolan keskustan mittaukset voidaan lopettaa. Kokkolan Ykspihlajan mittaukset ovat perusteltuja lähellä olevan teollisuuden päästöjen aiheuttamien ilmanlaatuvaikutusten tarkkailussa ja Pietarsaaren ja Kaskisten mittauksia voidaan myös perustellusti jatkaa teollisuuden päästöjen tarkkailun tarpeita ajatellen. Rikkidioksidin pitoisuusmittauksia voidaan niin ikään jatkaa asemilla, joilla mittaukset suoritetaan osana TRS-mittauksia.

Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-aseman mittaustietoja voidaan tarvittaessa käyttää Länsi-Suomen alueen rikkidioksidipitoisuuksien ja niiden tulevan kehityksen yleiseen arviointiin. Alueen yleistä tilannetta edustavia rikkidioksidin pitoisuustietoja on saatavilla melko hyvällä alueellisella tarkkuudella myös EMEP-ohjelman ja Ilmatieteen laitoksen mallilaskelmien tuloksina.

8.2.2 Typpidioksidi

Ilmatieteen laitoksen tekemän valtakunnallisen ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al., 2001) mukaan terveyshaittojen ehkäisemiseksi säädettyt raja-arvot eivät ole Suomessa ylittyneet viime vuosina kiinteillä mittausasemilla tehdyissä jatkuvissa mittauksissa. Sen sijaan typpidioksidin ylempi arviointikynnys ylittyi ainakin pääkaupunkiseudulla, Turun seudulla, Tampereella, Oulussa, Lahdessa ja Kuopiossa ja mahdollisesti myös Jyväskylässä. Alempi arviointikynnys voi ylittyä suhteellisen pienienkin kaupunkien keskusta-alueilla, joita ovat muun muassa Pori, Lappeenranta, Imatra, Kotka, Vaasa, Joensuu, Hämeenlinna, Porvoo, Hyvinkää ja Tornio. Tuntipitoisuuksien arviointikynnykset ylittyvät herkemmin kuin vastaavat kynnykset vuorokausipitoisuuksilla. Arviointikynnysten ylittymisen pääsääntöinen syy ovat autoliikenteen päästöt. Tausta-alueilla, missä sovelletaan kasvillisuuden suojelemiseksi säädettyä typenoksidien raja-arvoa, pitoisuudet ovat olleet selvästi alle raja-arvon sekä ylempään ja alemman arviointikynnyksen

Länsi-Suomen seuranta-alueella typpidioksidipitoisuuksia on mitattu tarkastelujaksolla 1999-2003 seitsemällä mittausasemalla. Havaitut pitoisuudet ovat alittaneet typpidioksidille annetut raja-arvot ja ylempät arviointikynnykset (arviointikynnyksen ylittymiseen vaaditaan ylitys kolmena vuotena viidestä) kaikilla asemilla. Tuntiarvojen alempi arviointikynnys on ylittynyt kolmena vuotena viidestä Vaasassa kaupunkiliikenneasemilla (mittauspaikan sijainti muuttunut kesken tarkastelujakson). Muilla seuranta-alueen mittausasemilla myös alempi arviointikynnys alittuu ja Kristiinankaupungin asemalla pitoisuudet ovat likimain Ähtärin taustamittausaseman tasolla.

Edellä esitettyjen tietojen perusteella voitaisiin tehdä johtopäätös typpidioksidin tuntipitoisuuden alemman arviointikynnyksen ylittymisestä Vaasassa jaksolla 1999-2003. Toisin sanoen pitoisuudet olisivat alemman ja ylempään arviointikynnyksen välissä, mikä edellyttäisi seuranta-alueella joko jatkuvia mittauksia tai suuntaa-antavia mittauksia täydennettyinä leviämismallilaskelmilla. Länsi-Suomen alueelle ei kuitenkaan ole tehty liikenteen typenoksidipäästöt huomioon otettavia leviämismallilaskelmia, joten ei voida täysin luotettavasti arvioida, edustavatko nykyiset mittauspaikat typpidioksidin kannalta suurimpien pitoisuuksien tasoa seuranta-alueella.

Länsi-Suomen seuranta-alueella typpidioksidin pitoisuusmittauksia olisi suositeltavaa tehdä tulevina vuosina jatkuvan raja-arvovalvonnan tasoisena seuranta-alueena ainakin kahdella mittausasemalla, eli kaupunkiliikenneasemalla ja kaupunkitausta-alueella. Suositeltavana sijaintipaikkakuntana raja-arvovalvonnan kannalta olisi Vaasa väestömäärältään alueen suurimpana kaupunkina. Typpidioksidin pitoisuusmittauksia suositellaan kuitenkin jatkettavaksi muissakin alueen kaupunkeissa yleisen ilmanlaadun seurannan lähtökohdista ja mahdollista ilmanlaadusta tiedottamista varten. Kristiinankaupungin typpidioksidipitoisuudet ovat niin alhaisia, ettei mittauksen jatkaminen ole ainakaan nykyisessä mittauspaikassa ihmisten terveyden suojelun kannalta tarpeellisia.

8.2.3 Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})

Ilmatieteen laitoksen tekemän koko Suomea koskeneen ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al. 2001) ja viime vuosien mittaustulosten perusteella hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ylittävät useilla maamme paikkakunnilla, myös Länsi-Suomen seuranta-alueella, lähinnä liikenneympäristöissä (liikenneasemilla) vuosi- ja vuorokausipitoisuuksien ylemmät arviointikynnykset. Hengitettävien hiukkasten raja-arvot, jotka tuli saavuttaa 1.1.2005 mennessä, eivät ole ylittyneet kiinteillä mittausasemilla tehdyissä jatkuvissa mittauksissa.

Länsi-Suomen seuranta-alueella hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on mitattu tarkastelujaksolla 1999-2003 kahdeksalla eri mittauspaikalla. Vuonna 2003 jatkuvia hiukkaspitoisuuden mittauksia tehtiin kuudella asemalla.

Raja-arvo- ja arviointikynnystarkastelun perusteella, hengitettävien hiukkasten jatkuvat pitoisuusmittaukset raja-arvovalvonnan tasoisena seurantana ainakin kahdella mittausasemalla ovat tarpeen Länsi-Suomen seuranta-alueella. Toisen aseman tulisi olla kaupunkiliikenneasema ja toisen kaupunkitausta-asema, jollainen puuttuu nykyisin seuranta-alueelta. Suositeltavin kaupunki hengitettävien hiukkasten raja-arvovalvontaan olisi Vaasa. Liikenneasemana olisi Vaasan keskustan asema. Lisäksi kaupunkitausta-aseman perustaminen Vaasaan olisi suositeltavaa hiukkasten mittauksiin Vaasan keskusta-alueelle väestön yleisen altistumisen arvioimiseksi. Vaasan lisäksi hiukkaspitoisuuksien mittaamisen jatkaminen on suositeltavaan muillakin alueen nykyisillä asemilla ilmanlaadusta tiedottamista varten.

8.2.4 Lyijy

Ilmatieteen laitoksen tekemän valtakunnallisen ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al. 2001) mukaan ulkoilman lyijypitoisuudet alittavat koko Suomessa alemman arviointikynnyksen. Lyijypitoisuuden mittauksiin raja-arvovalvonnan lähtökohdista ei ole maassamme osana paikallista ilmanlaadun seurantaa välttämätöntä tarvetta. Lyijypitoisuuksia mitataan Suomessa enää lähinnä teollisuuden päästövaikutusten seurannassa velvoitetarkkailuna.

8.2.5 Hiilimonoksidi

Hiilimonoksidipitoisuuden ylempi arviointikynnys näyttäisi Ilmatieteen laitoksen Suomen alueelle tekemän ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al., 2002) tulosten ja viime vuosien mittaustulosten mukaan alittuvan maamme kaupungeissa ja taajama-alueilla yleisesti arvioinnissa sovellettavia kriteereitä tarkastellen. Suurimmissa kaupungeissa ylemmän arviointikynnyksen ylittyminen on mahdollista yksittäisinä vuosina pienillä alueilla kaupunkien vilkkaissa liikenneympäristöissä. Hiilimonoksidin jatkuvia mittauksia tehdään kuitenkin Suomen suurimmissa kaupungeissa ns. liikenneasemilla tulevana vuosinakin. Alustavan arvioinnin tulosten mukaan hiilimonoksidipitoisuudet ylittävät alemman arviointikynnyksen useissa maamme kaupungeissa, mikä edellyttäisi selvityksiä esimerkiksi leviämismallilaskelmin ja suuntaa-antavien mittauksin. Vuosina 1999-2003 alemman arviointikynnyksen raja ylittyi vähintään kolmena vuonna Suomessa vain Oulun keskustan mittausasemalla, joka raportoitiin EU:n komissiolle ainoana hiilimonoksidin raja-arvoja valvovana mittausasemana vuonna 2003.

Länsi-Suomen seuranta-alueella mitataan hiilimonoksidipitoisuuksia nykyisin Vaasan ja Kokkolan keskustan liikenneasemilla. Mittausasemilla ei ole viime vuosina havaittu ylemmän arviointikynnyksen ylityksiä. Vaasassa ja Kokkolassa on havaittu alemman arviointikynnyksen ylitys kahtena vuonna ajanjaksolla 1999-2003.

Edellä tehdyn tarkastelun kriteerein arvioituna Länsi-Suomen seuranta-alueella ei ole tarvetta hiilimonoksidipitoisuuden raja-arvovalvontaan jatkuvilla mitauksilla. Hiilimonoksidin pitoisuusmittauksia voidaan kuitenkin perustellusti jatkaa nykyisellä tasollaan yleisen ilmanlaadun seurannan lähtökohdista ja mahdollista ilmanlaadusta tiedottamista varten.

8.2.6 Bentseeni

Ilmatieteen laitoksen tekemän bentseeniä koskeneen ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al., 2002) tulokset osoittavat, että pitoisuus voi ylittää alemman arviointikynnyksen maamme suurimmissa kaupungeissa vilkkaasti liikennöidyllä alueilla, mutta raja-arvo ja ylempi arviointikynnys alittunevat kaikkialla. Arvioinnin tulosten perusteella pelkkää asiantuntija-arviota tarkempi bentseenin pitoisuusseuranta esimerkiksi leviämismallilaskelmin ja suuntaa-antavien mittauksien on tarpeellista kaikilla bentseenin kolmella seuranta-alueella (Pohjois-Suomi, Etelä-Suomi ja pääkaupunkiseudun kuntien muodostama YTV-alue). Alustavassa arvioinnissa on suositeltu bentseenipitoisuuksien seurantaan pääkaupunkiseudun lisäksi Oulussa, Tampereella ja Kuopiossa. Lisäksi on suositeltu bentseenin päästö-tietojen tarkentamista tärkeimmille yksittäisille pistelähteille ja alueellisesti koko Suomea koskien sekä leviämismallilaskelmia tärkeimmille päästölähteille. Tähän asti Suomen kunnista on käytettävissä vain hyvin vähän bentseenin pitoisuustietoja.

Länsi-Suomen alueella on bentseenipitoisuuksia mitattu ainoastaan Kokkolassa ja sielläkin vain yhden lyhyen mittausajanjakson aikana yhdeksällä mittauspaikalla. Mitatut pitoisuudet olivat yhdellä mittauspaikalla alemman arviointikynnyksen tasolla. Muilla paikoilla pitoisuudet alittivat selvästi alemman arviointikynnyksen.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alue kuuluu bentseenipitoisuuksien arvioimisessa ja raja-arvovalvonnassa Etelä-Suomen seuranta-alueeseen. Bentseenipitoisuudet saattavat Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen suurimmissa taajamissa Vaasassa, Kokkolassa ja Seinäjoellakin olla suurimmillaan yli alemman arviointikynnyksen, jolloin pelkkää asiantuntija-arviota tarkempia bentseenin pitoisuus selvityksiä esimerkiksi suuntaa-antavien mittauksien tai mallilaskelmin olisi suositeltavaa tehdä myös Länsi-Suomen alueella. Länsi-Suomen alueella bentseenipitoisuuksiin vaikuttanee merkittävämmän kuin esimerkiksi pääkaupunkiseudulla liikenteen päästöjen lisäksi puun pienpolton päästöt. Bentseenipitoisuuksien tasoa voidaan kartoittaa muutamassa mittauspisteessä tehtävillä, kustannuksiltaan edullisilla passiivikeräinmittauksilla, jotka soveltuvat hyvin myös erityiskohteiden, kuten polttoaineiden varastoinnin ja jakelun tai merkittävien kemikaali- ja liuotinpäästölähteiden aiheuttaman bentseenikuormituksen määrittämiseen. Myös leviämismallilaskelmat ovat em. tarkoituksiin varteenotettava vaihtoehto bentseenipitoisuuksien tasojen arvioinnissa.

8.2.7 Otsoni

Ilmatieteen laitos teki vuosina 2002-2003 Suomen otsonipitoisuuksista ja otsonin muodostukseen vaikuttavista yhdisteistä (ns. prekursoriaineet) ilmanlaadun alustavan arvioinnin (Pietarila et al. 2003). Maamme otsonipitoisuuksia verrattiin direktiivin mukaisiin ihmisten terveyden ja kasvillisuuden suojelemiseksi annettuihin pitkän ajan tavoitteisiin ja tavoitearvoihin vuodelle 2010.

Ulkoilman otsonipitoisuudet ovat maassamme nykyisin korkeahkoja suhteessa pitkän ajan tavoitteisiin. Otsoniasetuksen mukainen pitoisuusseuranta (mukaan lukien otsonia muodostavien yhdisteiden mittaaminen) keskittyy Suomessa kuitenkin pääasiassa Ilmatieteen laitoksen tausta-asemille, eikä mittausten lisäämiseen taajama-alueilla ole erityistä tarvetta. Jos kunnissa tarkkaillaan otsonipitoisuuksia, olisi mittaukset suositeltavaa sijoittaa ns. kaupunkitausta-asemille.

Otsonia mitataan Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella nykyisin Vaasan Kirkkopuistikon liikenneasemalla. Kokkolan keskustan Pitkäsillankadun liikenneasemalla otsonia mitattiin vuosina 2003-2004. Myös Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-aseman mittaustiedot ovat käytettävissä alueen otsonipitoisuustilanteen arviointia varten.

Koska otsonin muodostus on laaja alueellinen ilmiö muun muassa kaukokulkeuman johdosta, kuvaavat Ähtärin otsonimittaustulokset hyvin myös Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen otsonipitoisuuksien tasoja ja siinä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia. Mikäli otsonipitoisuuksien seuranta halutaan Länsi-Suomen alueella edelleen jatkaa esimerkiksi ajantasaisen tiedon antamiseksi väestölle, olisi asemien sijoittelua suositeltavaa muuttaa niin, että otsonia mitattaisiin liikenneasemien sijasta kaupunkitausta-asemilla.

8.2.8 Haisevat rikkiyhdisteet

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella tehdään haisevien rikkiyhdisteiden (TRS = Total Reduced Sulphur) mittauksia sellutehtaiden päästövaikutusten arvioimiseksi nykyisin Pietarsaaren, Luodon ja Kaskisten asemilla. Suomessa on annettu haisevien rikkiyhdisteiden kokonaismäärälle vuorokausipitoisuuden ohjearvo, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on määritelty rikkinä ilmaistuna kuukauden toiseksi korkeimmille vuorokausiarvoille. Kaskisten asemalla ohjearvo on ylittynyt useana vuonna. Muilla mittausasemilla ohjearvo on sen sijaan alittunut.

Edellä esitetty TRS-pitoisuuden vertailu vuorokausiohjearvoon, ei anna kaikilta osin riittävää kuvaa pelkistyneiden rikkiyhdisteiden hajuvaikutuksista, sillä hajuaistimukset syntyvät ihmisillä jo hyvin lyhytaikaisten, alle minuutin kestävien kohonneiden hajupitoisuuksien aikana. Lisäksi ihmisillä hajukynnys on huomattavasti matalampi kuin kyseinen terveydellisin perustein säädetty ohjearvo. Vaikka ohjearvo on alittunut Kaskisten asemaa lukuun ottamatta muilla mittausasemilla, suositellaan haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuusmittauksia jatkettavaksi nykyisen tasoisesti kolmella mittausasemalla sellutehtaiden päästöjen vaikutusalueilla.

8.2.9 Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)

Euroopan komissiossa on valmisteilla ehdotus ilmanlaatua koskevan lainsäädännön uudistamiseksi. On mahdollista, että ilmanlaadun puitedirektiivin ja tytärdirektiivien säännökset yhdistetään lukuun ottamatta uusinta, metalleja ja PAH-yhdisteitä koskevaa direktiiviä. Uudessa direktiivissä tullaan todennäköisesti antaman määräyksiä pienten, alle 2,5 mikrometrin kokoisten hiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) pitoisuuksista ja seurannan järjestämisestä.

Pienhiukkasten jatkuvia mittauksia tehdään jo muutamissa Suomen kunnissa. Myös Ilmatieteen laitos on toteuttanut pienhiukkasten mittauskampanjoita eräillä Suomen paikkakunnilla. Vuonna 2001 voimaan tullessa ilmanlaatuasetuksessa todetaan, että vaikka pienhiukkasille ei ole vielä säädetty raja-arvoja, tulisi kunnissa hankkia pienhiukkasten pitoisuuksista mahdollisuuksien mukaan tietoa. Lisäksi todetaan, että hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin kohdistuvilla ohjelmilla ja määräyksillä on pyrittävä alentamaan myös pienhiukkasten pitoisuuksia.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella mitataan pienhiukkasia tällä hetkellä Vaasan keskustan liikenneasemalla. Vaasan mittauksia on suositeltavaa jatkaa tulevaisuudessakin, mutta mittausten mahdollista laajentamista uusille asemille voidaan lykätä kunnes tulevasta pienhiukkasista koskevasta sääntelystä saadaan varmempaa tietoa.

8.2.10 Kokonaisleijuma

Kokonaisleijumaan kuuluvien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävästi viihtyvyyteen ja aiheuttavat ympäristön likaantumista pääasiassa keväisin, kun hiekoitushiekasta ja muun muassa asfaltin kulumisesta peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Kokonaisleijumamittaukset osana jatkuvaa ilmanlaadun seurantaa ovat vähentyneet Suomessa viime vuosina ja kehitys jatkuu todennäköisesti samansuuntaisena. Muutosta voidaan perustella sekä terveydellisillä syillä että resurssikysymyksenä. Leijumapitoisuuksien yhteys mahdollisiin terveysvaikutuksiin on melko epämääräinen, sillä suuri osa kokonaisleijuman hiukkasista on isoja, usein kymmenien mikrometrien kokoisia, jolloin ne jäävät ihmisten lähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Koska leijumamittaukset perustuvat vuorokausinäytteisiin, ei mittaustuloksia voida hyödyntää ilmanlaadun ajantasaisessa tiedottamisessa. Menetelmästä ja näytteenottotavasta johtuen (toteutus, näytechuolto, punnitus ja tulosten käsittely) kokonaisleijumamittausten työvoimakustannukset ovat korkeat menetelmällä saatavaan tietoon nähden. Leijumamittauksiin liittyy myös paljon virhelähteitä, ja mittalaitteiden toimintavarmuus on koetuksella varsinkin poikkeuksellisten sääolojen aikana. Lainsäädännön osalta tilanne on muuttunut siten, että kokonaisleijumapitoisuuksia koskeva raja-arvo kumoutui 1.1.2005. Kansallinen ohjearvo sen sijaan on edelleen voimassa.

Kokonaisleijumaa ei mitata nykyisin Länsi-Suomen alueella kiinteillä asemilla. Lyhytaikaiset kokonaisleijumamittaukset voivat joissain tapauksissa kuitenkin olla perusteltuja, kun arvioidaan mahdollista viihtyvyyshaittaa esimerkiksi murskaamoiden tai turvesoiden lähiympäristössä.

8.2.11 Arseeni, raskasmetallit ja PAH-yhdisteet

Ilmanlaadun neljäs tytärdirektiivi arseenin, kadmiumin, nikkelin ja polysyklisiin aromaattisiin hiilivetyihin (PAH-yhdisteet) kuuluvan bentso(a)pyreenin tavoitearvoista sekä seurannan järjestämisestä tuli voimaan helmikuussa 2005, ja se on pantava kansallisesti täytäntöön kahden vuoden kuluessa voimaantulosta. Direktiivi edellyttää, että pitoisuuksien lisäksi on seurattava myös kyseisten aineiden ja yhdisteiden kokonaislaskeumia sekä elohopean pitoisuuksia ja laskeumia. Laskeumamittauksia vaaditaan vain tausta-alueilla. Suomessa tausta-alue seuranta on tarkoitus aloittaa muutaman vuoden kuluessa Ilmatieteen laitoksen toimesta.

Muu kuin tausta-alueilla tapahtuva seuranta tulee jatkossa kyseeseen lähinnä eräillä metalliteollisuuspaikkakunnilla ja mahdollisesti joissakin suurimpien kaupunkien liikenneympäristöissä, joissa voi esiintyä kohonneita arseenin, raskasmetallien ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. PAH-päästöjä muodostuu runsaasti myös pienpoltossa muun muassa talokohtaisesta lämmityksestä. Arseenin, kadmiumin, nikkelin, elohopean ja polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet ovat suppean mittausaineiston perusteella arvioituina Suomessa yleisesti melko matalia.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella raskasmetalleja mitataan ainoastaan Kokkolassa. Mittauksia on suositeltavaa edelleen jatkaa, mutta mittausten tarve tarkentuu vasta kansallisen lainsäädännön valmistelun yhteydessä ja alustavan arvioinnin tulosten valmistuttua. Samassa yhteydessä arvioidaan myös täytävätkö nykyiset mittausmenetelmät direktiivissä annetut suositukset.

8.2.12 Laskeumien seuranta

Rikki- ja typpilaskeumat ylittävät vielä nykyisin Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella herkimmille metsämailla ja vesistöille määritetyt elollisen luonnon kriittiset kuormitusarvot. Rikkilaskeuma on vähentynyt koko Suomessa kansainvälisten päästörajoitussopimusten ja kansallisten päästövähennysten seurauksena. Typpilaskeuman merkitys happamoittavana tekijänä on tämän kehityksen myötä lisääntynyt ja typpilaskeuma on merkittävä tekijä rehevöitymisen kannalta.

Laskeumamittauksia tehdään Suomessa nykyisin enää vain hyvin harvoissa kunnissa. Tällöin on useimmiten kyse kampanjatyypisistä, esimerkiksi viiden vuoden välein tehtävistä laitosten velvoitetarkkailuun kuuluvista arseenin ja raskasmetallien laskeumaseurannoista eräillä metalliteollisuuspaikkakunnilla. Velvoitetarkkailun lisäksi laskeumaseuranta soveltuu laajojen alueiden päästömuutoksista aiheutuvan kaukokulkeuman kehitystrendien tutkimiseen. Tällaisia mittauksia tehdään Suomessa muun muassa Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tausta-asemilla.

Laskeumamittauksissa on pyrkimyksenä saada esiin pitkän havaintojakson aikana muutokset ilman kautta tapahtuvassa kuormituksessa niin, että säätekijöiden vaikutus laskeumamäärien satunnaisvaihteluun ja niiden ajalliseen kehitykseen ei vaikuta tuloksiin. Laskeumalla tarkoitetaan ilman epäpuhtauksien poistumista ilmasta maahan, kasvillisuuteen tai veteen. Poistuminen tapahtuu kahdella tavalla: märkälasseumana, jossa sadepisaroihin sitoutuneet aineet tulevat sateen mukana alas ja kuivalasseumana, jossa aineet sitoutuvat kasvillisuuteen, liukenevat maan ja kasvien pinnalla olevaan veteen tai reagoivat suoraan maanpinnan mineraalien kanssa. Laskeumamittausten tulokset edustavat lähinnä märkälasseumaa, sillä yleisesti käytössä oleviin keruuastioihin saadaan vain hyvin vähän kuivalasseumaa.

Laskeumatuloksiin vaikuttaa merkittävimmin sademäärän ajallinen ja paikallinen vaihtelu. Eri yhdisteiden määrä laskeumassa vaihtelee päästölähteiden ympäristössä voimakkaasti eri kuukausina ja eri mittauspisteissä johtuen mittausaikana vallinneista tuulen suunnista ja ilmakehän pyörteisyyden vaihteluista. Myös keräintyyppi ja mittauspaikan ympäristön ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi laskeumatuloksiin. Laskeumamittausten tulosten luotettavuuteen vaikuttavat analyysitarkkuuden lisäksi sademäärätietojen oikellisuus ja alueellinen edustavuus, haihdunta keräysastioista, keräysastioiden puhtaus, orgaaninen toiminta keruuastioissa varsinkin kesäisin sekä itse näytteiden keräykseen liittyvät virhetekijät. Laadunvarmistustoimina suositellaan käytettäväksi erikseen kesä- ja talvikeräimiä, kuukautta lyhyempiä näytteenottoaikoja (ns. keräilynäytteet) ja rinnakkaisnäytteenottoa.

Rikki- ja typpilaskeuman seuranta laskeumamittauksin ei ole tarpeen osana Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueellista ilmanlaadun seurantaa. Länsi-Suomen alueen tilannetta riittävän hyvin edustavia laskeumatietoja on saatavilla tarvittaessa Ilmatieteen laitoksen Ähtärin tausta-aseman mittauksista ja nykyisin jo melko hyvällä alueellisella tarkkuudella EMEP-ohjelman ja Ilmatieteen laitoksen mallilaskelmien tuloksina. Seuranta-alueen omien päästöjen laskeumavaikutukset voidaan selvittää tarvittaessa leviämismalleilla.

8.3 Muu ilmanlaadun seuranta

Seuraavassa esitetään prioriteettijärjestyksessä sellaisia ilmanlaatuselvityksiä, joita Länsi-Suomen alueella suositellaan tehtäväksi lähiaikoina, tai joiden toteuttamisesta tulisi harkita pidemmällä aikavälillä.

8.3.1 Alueellisten typenoksidi- ja hiukkaspitoisuuksien arviointi leviämismalleilla

Länsi-Suomen ilmanlaadun seuranta-alueella suositellaan tehtäväksi leviämismallitutkimus typen oksideille ja hengitettävälle hiukkasille (PM_{10}) alueellisen kuvan saamiseksi kyseisten epäpuhtauksien pitoisuustilanteesta. Mallilaskelmissa otettaisiin huomioon alueen energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen lisäksi autoliikenteen päästöt ja taustapitoisuudet. Tutkimus tehtäisiin Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen suurimpien asutustaajamien Vaasan, Kokkolan, Seinäjoen ja Pietarsaaren alueilla niin, että laskelmissa huomioitaisiin myös lähialueiden tieliikenne. Tarvittaessa tutkimukseen voidaan sisällyttää myös pienempien asutuskeskusten tarkasteluja. Tutkimuksen tuloksina saadaan ajantasainen kuva mallilaskelmissa tarkasteltavien ilman epäpuhtauksien kuormituksen jakautumisesta ja väestön altistumisesta typen oksideille ja hiukkasille.

Hankkeeseen voidaan tarvittaessa liittää tulevan tilanteen tarkasteluja ja pitoisuusennusteita esimerkiksi laitosten odotettavissa olevien prosessi- ja päästömuutosten tai suunniteltujen muuttuvien liikennejärjestelyjen, kuten uusien teiden rakentamisen vaikutusten tarkasteluja. Mallilaskelmien tulokset ovat hyvin havainnollisia, sillä ne esitetään karttapohjalla, ja alueelliset pitoisuuserot voidaan kuvata tarkasti samanarvokäyrinä. Mallilaskelmat täydentävät tietoja, jotka saadaan alueen typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksista mittauksin ja ilmanlaadun seuranta-alueen kaikki kunnat voidaan ottaa tarkasteluihin jatkuviin ilmanlaatu mittauksiin verrattuna kohtuullisin kustannuksin.

8.3.2 Erilliselvityksinä tehtävät päästöjen leviämistutkimukset

Kunnissa tehdään nykyisin runsaasti suppeampia leviämiselvityksiä, jotka liittyvät kaavoitukseen, liikennejärjestelyjen muutoksiin, pysäköintitilojen ilmastointipäästöjen vaikutusarvioihin, teollisuus- ja energialaitosten tuotantoyksiköiden suunnitteluun, piippujen mitoituksiin ja polttoainevalintojen vaikutusten arviointiin tai esimerkiksi jätteiden ja jätevedenkäsittelyn hajuhaittojen määrittämiseen. Tällaisten selvitysten teettäminen ja teettämisen edistäminen ovat suositeltavia myös Länsi-Suomen seuranta-alueella ja niitä on tehtykin jonkin verran lähinnä paikallisen teollisuuden toiminnanharjoittajien tilauksesta. Samalla alueella toimivien laitosten leviämismallinnukset olisi suositeltavaa toteuttaa samanaikaisesti samoilla menetelmillä niin, että tuloksena saadaan samalla myös tutkimusalueen kokonaispitoisuuksien taso. Tällaisen tarkastelun tekeminen esimerkiksi

Vaasan, Kokkolan ja Pietarsaaren alueen rikkidioksidipitoisuuksista olisi suositeltavaa. Näille paikkakunnille tehtyjen yksittäisten päästölähteiden leviämismallien tulosten perusteella etenkin rikkidioksidipitoisuuksien lyhytaikaispitoisuudet voivat ajoittain kohota suhteellisen suuriksi. Kaikkien alueen pitoisuuksiin vaikuttavien päästölähteiden yhteisvaikutusta ei ole kuitenkaan selvitetty.

Erillisselvitykset, joiden kustannuksista vastaavat yleensä yritykset tai esimerkiksi liikenne-, rakennus- ja aluesuunnittelun ollessa kyseessä myös viranomaiset, rakennuttaja tai kaavoituksesta etua saava taho, antavat hyödyllistä lisätietoa alueen ilmanlaadusta ja erilaisten ilmanlaatuun vaikuttavien päästökohteiden osuudesta kuormituksesta. Leviämismallilaskelmat ovat ainoa keino ennakoita päästöjen tulevia vaikutuksia uusien toimintoja tai alueita suunniteltaessa ja päästötilanteen muuttuessa. Mallilaskelmin voidaan arvioida myös hajujen esiintymistä eri laitosten ja toimintojen ympäristössä. Mallilaskelmat täydentävät tietoja alueellisesta ilmanlaadusta, jos alueen ilmanlaadun mittausverkkoa supistetaan seurantasuunnitelmassa esitetyn mukaisesti.

Erillisselvityksinä voivat lisäksi tulla kyseeseen alueella toimivien vaarallisia kemikaaleja käyttävien tai varastoitujen yritysten onnettomuus selvitykset, joissa on mahdollista tarkastella putki- ja säiliörikkojen, tulipalojen ja räjähdysten ilmanlaatuvaikutuksia. Nämä selvitykset palvelevat samalla sekä yritysten että koko tarkastelualueen yleistä turvallisuussuunnittelua.

8.3.3 Hiilivedyt, pölyt ja hajut

Kuntien ilmansuojelussa ovat yleisiä valitukset hajuista, pölyistä ja ilman epäpuhtauksista johtuvasta likaisuudesta. Näistä tekijöistä johtuvien epäkohtien korjaamiseen ei usein ole olemassa kovin helppoja ratkaisuja, mutta niiden pohdintaa tulisi jatkaa. Muun muassa katujen ja jalkakäytävien puhtaanapitoa tehostamalla on kaupungeissa todettu saatavan ilmanlaatuun selviä parannuksia. Liikenteen aiheuttamiin hiukkaspitoisuuksiin tulee pyrkiä vaikuttamaan muun muassa kehittämällä edelleen tehokkaampia kunnossa- ja puhtaanapidon keinoja. Työ on varsin haasteellista, koska esimerkiksi puhtaanapidon oikeaan ajoittamiseen liittyy ongelmia etenkin keväisin muun muassa säätilan äkillisen vaihtelun vuoksi. Lisäksi etenkin pienhiukkasten pitoisuuksiin on vaikea vaikuttaa, eikä hiukkaspitoisuuksissa ole havaittavissa selvää muutosta parempaan.

Pölyjen aiheuttamat ilmanlaatuvaikutukset nousevat usein esille myös esimerkiksi murskaamojen, kaivosten, turvesoiden, varikko- ja varastoalueiden sekä satamien lähialueilla. Käyttökelpoisin menetelmä selvittää näiden kohteiden pölyhaittoja on useimmiten lyhytaikaisten (usein kuitenkin vähintään 2 kk) pitoisuusmittausten tekeminen eri puolilla ja eri etäisyyksillä päästökohdetta. Useimmiten hiukkasmittaukset on suositeltavaa tehdä jatkuvatoimisilla PM₁₀-analysaattoreilla, mutta joissain tapauksissa kyseeseen tulevat myös keräävä näytteenotto (esim. jos halutaan selvittää raskasmetallipitoisuuksia) ja kokonaisleijuman mitaus. Erikoiskohteiden tarkkailusuunnitelma tulee arvioida tapauskohtaisesti mieluiten hyödyntäen ilmanlaadun asiantuntijoiden kokemuksia vastaavista päästölähteistä.

Esimerkiksi satamatoiminnan, lentoliikenteen ja pienpolton ilmanlaadun vaikutusten arviointiin voidaan mittausten lisäksi käyttää leviämismalleja. Leviämismallit soveltuvat esimerkiksi satamien osalta erinomaisesti kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuuksien arviointiin. Hiukkasten osalta mallilaskelmien ongelmana on luotettavien päästötietojen hankinta etenkin, jos tarkastelualueella sijaitsee hajapäästölähteitä, esimerkiksi lastaustoimintaa tai pölyäviä kasoja.

Varsinkin kaavoituksessa on viime aikoina noussut voimakkaasti esille haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja hajujen aiheuttamien haittojen arviointi. Tähän tarpeeseen on käytettävissä leviämismalleja, joita voidaan käyttää muun muassa

kemikaalien ja polttoaineiden valmistuksen ja varastoinnin, liuottimien käsittelyn, jätevedenkäsittelyn, kaatopaikkojen ja elintarviketuotannon päästölähteille. Hajuhaittaa voidaan arvioida leviämismallilaskelmien lisäksi kenttähavainnointien eli ns. hajupaneelin, asukaspaneelin tai kyselytutkimusten avulla.

Hajupaneelissa tehtävään koulutettu asiantuntijaryhmä tekee hajuhavaintoja aistinvaraisesti eri etäisyyksillä ja eri puolilla hajulähteen ympäristössä. Havainnoiteja tulisi lisäksi tehdä erilaisissa sääolosuhteissa muun muassa eri vuodenaikoina, jotta saataisiin tietoa meteorologisten olosuhteiden vaikutuksista hajujen esiintymiseen. Kenttähavainnoinnin tuloksena saadaan tietoa hajun esiintymistiheydestä (% kokonaisajasta) ja hajun voimakkuudesta (häiritsevyys). Kenttähavainnoinneissa hajun havainnointiaika yhdessä paikassa jää usein varsin lyhyeksi tutkimukseen käytettävissä olevan ajan ja resurssien niukkuuden vuoksi. Eri puolilla ja eri etäisyyksillä tutkittavaa hajupäästölähdettä saadut hajuhavainnot eivät myöskään välttämättä ole suoraan vertailukelpoisia keskenään, koska samojen henkilöiden ei ole mahdollista tehdä eri paikoissa havainnoiteja samaan aikaan tai samanlaisissa meteorologisissa olosuhteissa.

Asukaspaneelitutkimuksessa ja kyselytutkimuksissa hajujen havainnoitsijana toimivat hajulähteen ympäristön asukkaat. Asukaspaneelitutkimus mahdollistaa pitempiäaikaisen seurannan kuin koulutettujen henkilöiden tekemät kenttähavainnointit. Tyypillisesti kertaluonteisissa asukaspaneelitutkimuksissa seuranta-aikana on esimerkiksi kuusi kuukautta tai yksi vuosi. Asukaspaneelitutkimuksissa määritetään hajun esiintymistä (% kokonaisajasta) ja viihtyvyyshaittaa (% asukkaista, joka koki hajun häiritseväksi). Asukaspaneelitutkimuksissa eri havainnoitsijoiden kyky haistaa hajuja ei luonnollisesti ole samanlainen, joten eri puolilla ja etäisyyksissä tehdyt havainnot eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään. Myös esimerkiksi eri havainnoitsijoiden havainnointiajat voivat vaihdella, mikä vaikeuttaa tulosten vertailtavuutta. Sekä kenttähavainnointit että asukaspaneelitutkimus soveltuvat nykytilanteen hajujen arviointiin, mutta niitä ei voi käyttää ennustettaessa tulevaa hajutilannetta esimerkiksi päästöjen muuttuessa. Käytännössä ainoa luotettava keino tulevan hajutilanteen arvioimiseen on hajumallin käyttäminen.

Hajumallia voidaan käyttää joko yksistään tai perinteisten kenttähavainnointien ja asukaspaneelitutkimusten rinnalla, kun arvioidaan olemassa olevan tilanteen alueellisia hajuvaikutuksia. Luotettavin kuva alueen hajutilanteesta saadaan, kun hyödynnetään useampaa menetelmää samaan kohteeseen, esimerkiksi kenttähavainnoiteja ja mallilaskelmia tai asukaspaneelia ja mallilaskelmia. Hajumallilaskelmien avulla voidaan lisäksi ennakoida hajuvaikutusten muuttumista erilaisissa tulevaisuuden jätteenkäsittelyvaihtoehdoissa ja millaisia vaikutuksia suunnitelluilla toimenpiteillä on ilmanlaatuun päästöjen muuttuessa. Hajumallin tuloksia voidaan hyödyntää, kun arvioidaan eri hajupäästölähteiden vaikutusosuutta kokonaishajukuormasta ja mietitään, mitkä toimenpiteet ovat tehokkaimpia ympäristön hajukuormituksen pienentämisen kannalta.

8.4 Tutkimusalueen ilmanlaadun parantaminen

Autoliikenne on yleensä merkittävin taajamien ilmanlaatuun vaikuttava tekijä Suomessa. Autoliikenne vaikuttaa merkittävästi typen oksidien pitoisuuksien lisäksi myös hiilimonoksidi-, hiilivety-, bentseeni- ja hiukkaspäästöihin ja -pitoisuuksiin sekä pölyämiseen. Liikenteen päästöjen ja ihmisten altistumisen kannalta olennaisimpia alueita ovat yleensä taajamien keskustat ympäristöineen sekä vilkkaimpien teiden lähialueet. Liikenteen aiheuttamat ympäristöhaitat tulee ottaa huomioon muun muassa uusien väylähankkeiden ja liikennejärjestelyjen suunnittelun yhteydessä.

Valtakunnalliset sekä Euroopan Unionin päätösten ja strategioiden perusteella toteutettavat liikenne- ja ympäristöpoliittiset toimenpiteet vaikuttavat lähivuosi- na myös kuntien ilmansuojeluun ja liikennesuunnitteluun. Lisäksi kotimaiset ilmanlaadun ohjearvot, joilla ilmaistaan ilmanlaadun parantamisen tavoitteet, on valtioneuvoston päätöksen mukaisesti otettava huomioon ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi muun muassa maankäytön ja liikenteen suunnittelussa sekä rakentamisen muussa ohjauksessa ja toimintojen sijoittamisessa. Ohjearvoista todetaan valtioneuvoston päätöksessä painokkaasti, että tavoitteena on estää ohje- arvojen ylittyminen ennakolta. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi.

Liikenteen kasvun hillitseminen on yleensä tehokkain ja varmin tapa vähentää autoliikenteen päästöjen aiheuttamia haittoja. Ympäristönsuojelulaissa on annettu kunnille velvoitteet, mutta toisaalta myös toimintamahdollisuudet liikenteen ja päästöjen rajoittamiseksi viimeistään silloin, kun ulkoilman epäpuhtauspi- toisuudet kohoavat huomattavan suuriksi esimerkiksi poikkeuksellisten sääolo- jen vuoksi.

Liikenteen ja tuulen maasta nostattama pöly heikentää merkittävästi ilman- laatua keväisin jopa varsin pienissäkin kunnissa. Kevätpölyongelman torjumiseen olisikin suositeltavaa kiinnittää huomioita käytännössä kaikissa Suomen kunnis- sa. Ongelmaa voidaan helpottaa muun muassa ohjeistamalla ja tehostamalla katu- jen puhdistamista sekä käyttämällä oikeita puhdistustekniikoita ja hiekoitusma- teriaaleja .

8.5 Ilmanlaadusta tiedottaminen

Ympäristönsuojelulain mukaan kuntien ympäristön tilan seurantatiedot on julkis- tettava ja niistä on tiedotettava tarvittavassa laajuudessa. Ilmanlaatuasetus mää- rittelee, kuinka usein ilmanlaadun tarkkailutiedot on päivitettävä raja-arvoja val- vovilla mittausasemilla. Päivitettyjen tietojen on oltava yleisesti kuntalaisten, jär- jestöjen ja terveydenhuollon viranomaisten saatavilla esimerkiksi tietoverkko- palvelujen kautta ja niissä tulisi olla tietoa myös ilman epäpuhtauksien vaikutuk- sista. Tämä koskee raja-arvojen valvontaa, mutta on suositeltavaa yleistää koske- maan muitakin ilmanlaatumittauksia.

Raja-arvojen tunti- ja vuorokausipitoisuuksien numeroarvon ylityksistä sekä rikkidioksidin ja typpidioksidin varoituskynnysten ylityksistä tulee tiedottaa vä- estölle viipymättä, käytännössä enintään vuorokauden kuluessa ylitysten totea- misesta. Otsolin kynnyksarvojen ylittyessä kunnan viranomaisen on myös tiedo- tettava asiasta ja annettava tarpeelliset varoitukset. Lisäksi on esitettävä myös ennakoarvot ilmanlaadun kehittymisestä lähitunteina ja -vuorokausina.

Suomessa käytetään ilmanlaadusta tiedottamiseen usein ilmanlaatuindeksiä, joka on yksinkertainen ja helppo käyttää. Indeksillä avulla voidaan myös esittää havainnollisesti ilmanlaadussa tapahtuvia muutoksia, mutta se ei anna suoraa tie- toa pitoisuuksista. Pelkkä ilmanlaatuindeksin laskenta ja sen esittäminen julkises- ti ei ole yleensä riittävä tapa tiedottaa ilmanlaadusta. Sopivia kanavia tietojen antamiseen ovat esimerkiksi kuntien omat verkkosivut sekä paikallinen lehdistö ja paikallisradiot. Lähitulevaisuudessa kunnille tarjoutunee mahdollisuus esittää ilmanlaadun mittaustuloksiaan reaaliaikaisesti valtakunnallisessa ilmanlaatuporta- alissa. Varsinainen tiedotusvelvollisuus jää kuitenkin kunnille.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella on erillisenä hankkeena valmis- teltu ilmanlaadun tiedotussuunnitelma, jossa määritellään periaatteet, joilla ilman- laadusta tiedotetaan viranomaisille, asukkaille ja yhteistyötahoille. Tiedotuksen tehostamiseksi tiedotussuunnitelmaan on liitetty myös valmiit tiedotuspohjat il-

manlaatuasetuksen vaatimiin tiedotustilanteisiin molemmilla kotimaisilla kielillä sekä lisäksi yhteystiedot asukastiedotuksen, viranomaistiedotuksen ja yhteistyötahoille tiedottamisen osalta.

Asukastiedotus on suunnattu kaikille alueen asukkaille antamaan tietoa alueen ilmanlaadusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Asukastiedotusta pyritään antamaan molemmilla kotimaisilla kielillä. Asukastiedotusta pyritään suuntaamaan myös erityisryhmille, kuten terveysongelmista kärsiville, joille tieto ilmanlaadusta saattaa olla muita tärkeämpää etenkin tilanteissa, joissa ilmanlaatu on heikkoa. Asukastiedotuksessa käytetään pääsääntöisesti tiedotusvälineitä (radio, sanomalehdet) ja tietoa välitetään lisäksi internetin välityksellä (tiedotteet, vuosiraportit).

Länsi-Suomen alueella käytetään asukkaille suunnatussa ilmanlaatu tiedotuksessa Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan ympäristötoimiston kehittämää ilmanlaatuindeksiä. Indeksiluokittelee ilmanlaadun rikkidioksidi-, typpidioksidi-, hiilimonoksidi-, otsoni- ja hengitettävien hiukkasen pitoisuuksien mukaisesti ilmanlaatu luokkiin. Näitä luokkia ovat hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono ja erittäin huono. Indeksiluokkiin liittyy myös värikoodi, joka vaihtuu vihreästä keltaisen, oranssin ja punaisen kautta violettiin. Indeksillä on kehitetty tiedotukselliseksi ja sen luokitukset perustuvat vain väljästi ilmanlaadun ohje- ja raja-arvotasoisiin. Indeksitiedon lisäksi on asukkaille suunnattavassa tiedotuksessa käytettävä myös eri epäpuhtauksien pitoisuusarvoja ja niiden vertaamista raja-arvoihin ja tiedostus- ja varoituskynnyksiin.

Ilmanlaadun aktiivisen viranomaistiedotuksen kohderyhmänä ovat erityisesti paikalliset ympäristönsuojelu- ja terveydensuojeluviranomaiset ja Länsi-Suomen ympäristökeskus. Ilmanlaatuasetuksen vaatimusten mukaisesti ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan raportoidaan vuosittain 15.4. mennessä edellisen vuoden yksityiskohtaiset mittaustiedot sekä mahdolliset raja-arvojen ylitykset. Tiedotus- ja varoituskynnysten ylityksistä on ilmanlaatuasetuksen mukaisesti raportoitava kuukauden kuluessa.

Ilmanlaadun seurannassa muita yhteistyötahoja ovat ilmanlaadun yhteistarkkailun osapuolet, eli merkittäviä ilmapäästöjä aiheuttavat laitokset. Tällaiset laitokset tarvitsevat ilmanlaatu tietoja arvioidessaan ja raportoidessaan oman laitoksensa vaikutuksista paikalliseen ilmanlaatuun. Yhteistyötahoille tiedotetaan tarkkailusuunnitelman ja -sopimusten mukaan. Lisäksi yhteistyötahoille toimitetaan pyydettäessä muita yksityiskohtaisia ilmanlaatu tietoja erikseen pyydettäessä.

8.6 Luontovaikutusten selvittäminen

Bioindikaattoritutkimuksilla selvitetään ilman epäpuhtauksien luontovaikutuksia. Bioindikaattoreiden reaktioista voidaan päätellä onko paikallisessa ilmanlaadussa komponentteja, mitkä aiheuttavat juuri kyseessä olevalla alueella rehevöitymistä tai kasvillisuusvaurioita (esim. satotappioita). Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella on seurattu ilmanlaadun luontovaikutuksia bioindikaattoritutkimusten avulla useiden kuntien alueella viimeisten viiden vuoden aikana. Nämä seurannat eivät ole kuitenkaan toteutuneet samanaikaisesti, mikä vaikeuttaa huomattavasti eri alueiden vertailua. Niinpä suunniteltaessa seuraavaa alueella toteutettavaa seuranta on luotettavan, koko alueen kattavan, kuvan saamiseksi lähtöoletukseksi otettava eri kuntien alueella toteutettavien bioindikaattori-seurantojen harmonisointi samanaikaiseksi.

Suurimmassa osassa alueen 56 kunnassa ei ilmanlaadun luontovaikutuksia ole vielä tutkittu ja näiden kuntien alueelle perustetaan näytealaverkko tässä raportissa (kappaleessa 7.2.) kuvatulla tavalla. Jo olemassa olevat näytealat Kokkolassa (105 näytealaa), Pietarsaari-Uusikaarlepyy alueella (103 näytealaa), Seinäjo-

ella (53 näytealaa), Suupohjassa (20 näytealaa) ja Vaasassa (50 näytealaa) tulee kuitenkin säilyttää, jotta niistä jo olemassa oleva tieto voidaan hyödyntää. Suupohjan alueella on yllämainittujen, vuonna 2000 perustettujen, 20 näytepisteen lisäksi vanhempia, vuonna 1989 perustettuja pisteitä, joita niitäkin voidaan hyödyntää esimerkiksi jäkäläkartoituksessa, jos halutaan seurata pitkän aikavälin muutoksia. Uusia näytealoja perustetaan siis vain niille alueille, joissa ei ole jo olemassa olevia näytealoja tai alueille joilla vanhat näytealat ovat käyttökelvottomia (puusto on hakattu, näytealan lähistölle on tehty uusi tie, alueelle lähistölle on rakennettu uutta asutusta tai teollisuutta tms.).

Uusia näytealoja perustettaessa on syytä korostaa kahta olennaista seikkaa. Ensinnäkin, jotta seurannan toteutus olisi ylipäätään mahdollista, näytealojen (ja näytealoilla sijaitsevien tutkimuspuiden) on oltava löydettävissä myöhemmin tehtäviä tutkimuksia varten. Tätä varten näytealojen koordinaatit paikannetaan GPS:llä mahdollisimman tarkasti (± 1 m). Koordinaatin lisäksi näyteala merkitään maastossa näytealalle tiettyyn koordinaattipisteeseen (jälleen määrittäminen GPS:n avulla) upotettavalla muoviputkella. Näytepuut merkitään maalaamalla puun numero puun runkoon. Toiseksi eri näytealojen tulisi olla sekä kasvupaikkatyypiltään että puustoltaan mahdollisimman samanlaisia, muutoin näytepisteiden vertailukelpoisuus kärsii. Varsinkin jäkäläkartoituksen tuloksiin vaikuttaa hyvin pitkälle juuri näytealojen ja näytepuiden vertailukelpoisuus.

Koska uudet näytealat sijaitsevat etupäässä tausta-alueella (eivät suurien päästölähteiden välittömässä läheisyydessä), perustetaan ne sijoittamalla kartalle 16x16 km ruudukko, jonka jokaiseen ruutuun sijoitetaan yksi näyteala. Jos näytealaverkkoa halutaan tihentää jonkin alueen osalta, esimerkiksi jonkin pistepäästölähteen ympärillä, voidaan kyseessä oleva 16 x 16 km ruutu jakaa edelleen pienempiin osiin. Lopullinen näytepiste valitaan kunkin 16x16 km ruudun keskipisteen ympärille perustettavalta 2 x 2 km ruudulta kappaleessa 7.2.1. kuvattulla tavalla. Lopullinen näytepisteen valinta tapahtuu maastossa mutta tälle 2 x 2 km ruudulle haetaan etukäteen metsikkökuviokohtaiset tiedot paikalliselta metsänhoitoyhdistykseltä tai Metsäkeskukselta, jolloin tiedetään etukäteen metsikkökuviot, jotka täyttävät seuraavat kriteerit:

- kasvullista kangasmaan metsää
- metsätyypiltään kanerva- (CT) tai puolukkatyyppi (VT)
- koko vähintään 1 hehtaari
- metsikön ikä 50-70 vuotta tai vaihtoehtoisesti metsikkö valitaan kehitysluokan mukaan (kehitysluokka 3 eli varttunut kasvatusmetsä)
- puusto mäntyvaltaista (mäntyä > 50%)

Jos tutkittava alue on kuusivaltaista (lähinnä rannikon kunnat) voidaan metsätyyppejä vaihtaa astetta rehevämmäksi ja valita metsäkuvioita joissa kuusi on valtapuu. Näytealoilla tutkittavia indikaattoreita voivat olla esimerkiksi puiden neulaskato (harsuuntumisaste), neulasten alkuainepitoisuudet, sekä mäntyjen runkojäkäläkartoitus. Muita mahdollisia indikaattoreita ovat muun muassa sammalten ja maaperän (humus) alkuainepitoisuudet. Tutkittavaa indikaattoria valittaessa on otettava huomioon paitsi alueen ilmanlaatu (onko alue tausta-alueita vai sijaitseeko siellä jokin pistepäästölähde) myös alueella mahdollisesti aikaisemmin jo tehdyt bioindikaattoritutkimukset.

Jotta viimeisin tieto paikallisesta ilmanlaadusta, päästölähteistä ja mahdollisista alueelle tehdyistä leviämismalleista tulisi otettua huomioon näytealoja ja seurattavia indikaattoreita valittaessa, on bioindikaattoritutkimuksen toteuttajan oltava jo suunnitteluvaiheessa kiinteässä yhteistyössä paikallisten ympäristöviranomaisten kanssa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella ei todennäköisesti ole tausta-alueella odotettavissa mitään niin merkittäviä päästölähteitä, että nii-

den vaikutus näkyisi kuin korkeintaan hyvin paikallisesti. Niinpä edellä esitetty 16x16 km ruudukko on riittävän tiheä tämän alueen tausta-alueiden bioindikaattoreiden tilan selvittämiseksi.

Koska oletettavissa on, että suurimpien päästölähteiden (asutuskeskukset ja teollisuuslaitokset) vaikutukset rajoittuvat suhteellisen lähelle näitä päästölähteitä, tulee koko alueella käytettäväksi bioindikaattoriksi valita ilmansaasteille herkkä indikaattori. Mäntyjen runkojäkäläkartoitus on yleisesti käytetty, herkästi ilmanlaadun muutoksiin reagoiva bioindikaattori ja soveltuu hyvin myös tälle alueelle. Neulaskato (harsuuntuminen) puolestaan on hyvä puiden yleiskunnon indikaattori ja paljastaa mikäli tutkimusalueen puuston kuntoa heikentää jokin tekijä. Neulasten kemiallinen analyysi, sisältäen paitsi pääravinteet (mm. rikki, typpi, kalium ja fosfori) myös esimerkiksi raskasmetallit (kupari, kromi, nikkeli ja sinkki) on syytä tehdä alueilla, joilla on aikaisemmin havaittu tai joilla epäillään näiden alkuaineiden laskeuman olevan merkittävä. Sama koskee sammalten raskasmetallikartoitusta.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella tutkittavia bioindikaattoreita olisivat näin: mäntyjen runkojäkäläkartoitus ja neulaskato koko tutkimusalueella sekä neulasten kemiallinen analyysi ja sammalten raskasmetallikartoitus niillä alueilla joilla on aikaisemmin havaittu tai nykyisten tietojen perusteella epäillään havaittavan kohonneita pitoisuuksia.



Kuva: Kirsti Sundback

LÄHTEET

9

- Airola, H. & Soininen, J. 2000: Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta metsäympäristössä: tarkkailuohjelma Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueelle. Uudenmaan ympäristökeskus, Monisteita nro 66. 69 s.
- Buse, A., Norris, D., Harmens, H., Büker, P., Ashenden, T. & Mills, G. 2003: Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey. UNECE ICP Vegetation. CEH Bangor. 46 s. (http://icpvegetation.ceh.ac.uk/metals_report_pdf.htm).
- Determination and Evaluation of Ambient Air Quality: - Manual of Ambient Air Monitoring in Germany. Umweltbundesamt, UBA-FB 97-055e. ISSN 0722-186X.
- Drajers, G.P.J., Bleeker, A., van der Veen, D., Erisman, J.W., Möls, H., Fonteijn, P. & Geusenbroeck, M. 2001: Field inter-comparison of throughfall, stemflow and precipitation measurement performed within the framework of the Pan-European Intensive Monitoring Program of EU/ICP-Forests. TNO report R2001/140. 226 s + liitteet.
- EMEP 1996: EMEP Manual for Sampling and Chemical Analysis, 1996. NILU/CCC-Report 1/95, Norwegian Institute for Air Research (www.nilu.no).
- EN-report " Approach to uncertainty estimation for ambient air measurement methods"
- EURACHEM 2002: Citac Guide, Quantifying uncertainty in analytical measurement, 2nd edition.
- Hawksworth, D.L. & Rose, F. 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227: 145-148
- Hongisto, M. 2004: HILATAR-mallin tulokset, Ilmatieteen laitos
- Ilmatieteen laitos 2000: Ilmanlaatumittauksia 1999. Toim. Liisa Leinonen. 254 s.
- Ilmatieteen laitos 2001: Ilmanlaatumittauksia 2000. Toim. Liisa Leinonen.. 224 s.
- ILSE 2004: Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmä
- International vocabulary of basic and general terms in metrology, 2nd ed 1993. ISO
- ISO 1995: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)
- ISO 14956:2002, Air quality - Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a stated measurement uncertainty.
- ISO 5725: 1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
- Jussila, I., Joensuu, E. & Laiho, P. 1999: Ilman laadun bioindikaattorisuranta metsäympäristössä. Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 59. 57 s.
- Kartastenpää, R., Pohjola, V., Walden, J., Salmi, T., & Saari, H. 2004. Ilmanlaadun mittaussuositukset 1.0. Ilmatieteen laitos, Helsinki. (http://www.fmi.fi/ilmanlaatu/ilatausta_18.html)
- Karvosenoja, N. & Johansson, M. 2003: The Finnish Regional Emission Scenario model - a base year calculation. -Proceedings of Air Pollution XI Conference, Catalonia, Italy, pp 315-324.
- Kauhaniemi, M. & Alaviippola, B., 2005. Vaasan, Kokkolan ja Seinäjoen katukuilulaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki.

- Kauppi, M. & Mikkonen, 1975: Kristiinankaupungin höyryvoimalaitoksen ympäristötutkimus, perustilanne vuosina 1972-74. Oulun yliopisto ja Pohjolan Voima Oy. 127 s.
- Kubin, E., Piispanen, Piispanen, J. & Poikolainen, J. 2001: Raskasmetallikartoitus - raskasmetallilaskeuma Suomessa 1985-2000. Metsäntutkimuslaitos. <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/raskasmetalli/>
- Laininen, P. 1975. Todennäköisyyslaskenta ja tilastolliset menetelmät. Kurssimoniste 346. Ota-kustantamo.
- Markert, B. 1993: Instrumental analysis of plants. Teoksessa Markert, B. (toim.): Plants as bio-monitors. Weinheim, VCH. s. 65-103.
- Niskanen, I., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. & Laitakari, V. 2003: Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 156. 111 s.
- Palomäki, V. & Holopainen, T. 1986: Rikin ja fluorin kertymisen ja hienorakennevaurioiden vertailu jäkälien transplantaatiokokeessa Siilinjärven Kemiran tehtaiden ja kaivoksen ympäristössä. *Aquilo Ser. Botanica* 25(1): 142-146.
- Pietarila, H., Alaviippola, B., Hellén, H., Salmi, T., Laurila, T. & Hakola, H. 2002: Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa, Hiilimonoksidi ja bentseeni. -Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, 46 s.
- Pietarila, H., Alaviippola, B., Salmi, T., Laurila, T. & Tuovinen, J-P. 2003: Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa, Otsoni. -Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, 50 s.
- Pietarila, H., Salmi, T., Saari, H. & Pesonen, R. 2001: Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa, Rikkidioksidi, typen oksidit, PM10 ja lyijy. -Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, 51 s.
- Raitio, H. & Kärkkäinen, K. 2002: Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pietarsaaren - Uudenkaarlepyyn alueella vuonna 2000. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.
- Raitio, H. 2001: Seinäjoen seudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä vuonna 2000. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.
- Richardson, D.H.S. & Nieboer, E. 1983: Ecophysiological responses of lichens to sulphur dioxide. *Journal Hattori Bot. Lab.* 54: 331-351.
- SFS 5669: Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Havupuiden neulasten kokonaisrikkipitoisuus. Näytteenotto, esikäsittely ja tulosten esittäminen. Suomen standardioismisliitto SFS 1990. 5 s.
- SFS 5670: Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkäläkartoitus. Suomen standardioismisliitto SFS 1990. 9 s.
- SFS 5671: Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Sammalten kemiallinen analyysi. Näytteenotto, esikäsittely ja tulosten esittäminen. Suomen standardioismisliitto SFS 1990. 4 s.
- SFS 5794: Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Sammalpallo menetelmä. Suomen standardioismisliitto SFS 1990. 3 s.
- Tuominen, P. & Norlamo, P. 1974. Todennäköisyyslaskenta 1 - 2. Limes ry, Helsinki.
- United Nations Economic Commission for Europe 2004: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UN/ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. (<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>)
- UBA 1996: Über die Eignungsprüfung des Immissionsmeßgerätes für Stickoxide. Modell APNA360 E. Testbericht-Nummer 24.
- Waldén, J., Talka, M., Pohjola V., Häkkinen T., Lusa, K., Sassi M-K. & Laurila S., 2004. Ensimmäinen kansallinen rikkidioksidi-, hiilimonoksidi- ja typpimonoksidimittausten vertailumittaus ja kenttäauditointi 2002-2003. Ilmanlaadun julkaisuja no. 34, s. 50 Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Van Aalst, R., Edwards, L., Pulles, T., De Saeger, E., Tombrou, M., Tønnesen, D., 1998. Guidance report on preliminary assessment under EC air quality directives. Technical report No 11, European Environmental Agency, Copenhagen.

Ilmanlaatudirektiivien arviointikynnykset**Rikkidioksidi**

	Terveyden suojeleminen	Ekosysteemin suojeleminen
Ylempi arviointikynnys	60 % vuorokausiraja-arvosta, (75 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 3 kertaa kalenterivuoden aikana)	60 % talven raja-arvosta (12 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	40 % vuorokausiraja-arvosta (50 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 3 kertaa kalenterivuoden aikana)	40 % talven raja-arvosta (8 µg/m ³)

Typpidioksidi ja typen oksidit

	Tuntiraja-arvo ihmisten terveyden suojelemiseksi (NO ₂)	Vuosiraja-arvo ihmisten terveyden suojelemiseksi (NO ₂)	Vuosiraja-arvo kasvillisuuden suojelemiseksi (NO _x)
Ylempi arviointikynnys	70 % raja-arvosta, (140 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 18 kertaa kalenterivuoden aikana)	80 % raja-arvosta (32 µg/m ³)	80 % raja-arvosta (24 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	50 % raja-arvosta (100 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 18 kertaa kalenterivuoden aikana)	65 % raja-arvosta (26 µg/m ³)	65 % raja-arvosta (19,5 µg/m ³)

Hiukkaset (PM₁₀)

PM₁₀-hiukkasten ylempät ja alemmat arviointikynnykset perustuvat vuoden 2010 tammikuun ensimmäisen päivä ohjeellisiin raja-arvoihin.

	Vuorokausikeskiarvo	Vuosikeskiarvo
Ylempi arviointikynnys	60 % raja-arvosta, (30 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 7 kertaa kalenterivuoden aikana)	70 % raja-arvosta (14 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	40 % raja-arvosta (20 µg/m ³ , saa ylittyä enintään 7 kertaa kalenterivuoden aikana)	55 % raja-arvosta (10 µg/m ³)

Lyijy

Vuosikeskiarvo	
Ylempi arviointikynnys	70 %raja-arvosta (0,35 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	50 %raja-arvosta (0,25 µg/m ³)

Bentseeni

Vuosittainen keskiarvo	
Ylempi arviointikynnys	70 %raja-arvosta (3,5 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	40 %raja-arvosta (2 µg/m ³)

Hiilimonoksidi

8 tunnin keskiarvo	
Ylempi arviointikynnys	70 %raja-arvosta (7 mg/m ³)
Alempi arviointikynnys	50 %raja-arvosta (5 mg/m ³)

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen määrittäminen

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden aikana saatujen pitoisuuksien pohjalta, joista on riittävät tiedot. Arviointikynnys katsotaan ylitetyksi silloin, kun se on ylittynyt ainakin kolmena eri kalenterivuonna kyseisten viiden edellisen vuoden aikana.

Jos tietoja on käytettävissä lyhyemmältä ajalta kuin viideltä vuodelta, jäsenvaltiot voivat yhdistää lyhyet mittausjaksot, jotka on toteutettu sellaisina ajanjaksoina ja sellaisissa paikoissa, joille korkeimmat epäpuhtaustasot todennäköisesti ovat tyypillisiä, sekä päästöjen kartoitusta ja mallintamista koskevat tiedot ja määrittää näiden perusteella ylempien ja alempien arviointikynnysten ylitykset.

ILMASSA OLEVIEN RIKKIDIOKSIDIN (SO₂), TYPPIDIOKSIDIN (NO₂) JA TY-PEN OKSIDIEN, HIUKKASTEN JA LYIJYN PITOISUUKSIEN JATKUVASSA MITTAUKSESSA KÄYTETTÄVIEN NÄYTTEENOTTOPAIKKOJEN VÄHIMMÄISLUKUMÄÄRÄN MÄÄRITTÄMISPERUSTEET

1. Jatkuissa mittauksissa käytettävien näytteenottopaikkojen vähimmäislukumäärä ihmisten suojelemiseksi asetettujen raja-arvojen ja varoituskynnysten noudattamisen arvioimiseksi niillä alueilla ja niissä taajamissa, joissa jatkuvat mittaukset ovat ainoa tiedon lähde.

a) Hajakuormituslähteet

Taajaman tai alueen asukasluku (tuhatta)	Jos pitoisuudet ylittävät ylemmän arviointikynnyksen	Jos pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välillä	SO ₂ ja NO ₂ taajamissa, joissa pitoisuudet ovat alemmaa arviointikynnystä alhaisempia
0 - 250	1	1	ei sovelleta
250 - 499	2	1	1
500 - 749	2	1	1
750 - 999	3	1	1
1 000 - 1 499	4	2	1
1 500 - 1 999	5	2	1
2 000 - 2 749	6	3	2
2 750 - 3 749	7	3	2
3 750 - 4 749	8	4	2
4 750 - 5 999	9	4	2
> 6 000	10	5	3

NO₂ ja hiukkaset:
mittausasemiin on kuuluttava vähintään yksi kaupunki-taustaa edustava asema ja yksi liikennepäristöä edustava asema.

b) Pistekuormituslähteet

Kun arvioidaan epäpuhtauksien määrää pistekuormituslähteiden läheisyydessä, jatkuissa mittauksissa käytettävien näytteenottopaikkojen lukumäärä olisi laskettava ottaen huomioon päästömäärät, ilman epäpuhtauksien todennäköinen leviäminen sekä väestön mahdollinen altistuminen.

2. Jatkuissa mittauksissa käytettävien näytteenottopaikkojen vähimmäislukumäärä ekosysteemien tai kasvillisuuden suojelemiseksi asetettujen raja-arvojen noudattamisen arvioimiseksi muilla alueilla kuin taajamissa.

Jos pitoisuudet ylittävät ylemmän arviointikynnyksen	Jos pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välillä
1 mittausasema 20 000 neliökilometriä kohden	1 mittausasema 40 000 neliökilometriä kohden

Saaristoalueilla jatkuissa mittauksissa käytettävien näytteenottopaikkojen lukumäärä pitäisi laskea ottaen huomioon ilman epäpuhtauksien todennäköinen leviäminen sekä ekosysteemien ja kasvillisuuden mahdollinen altistuminen.

ILMAN BENTSEENI- JA HIILIMONOKSIDIPITOISUUKSIEN KIINTEIDEN MITTAUSTEN NÄYTTEENOTTOPAIKKOJEN LUKUMÄÄRÄN MÄÄRITTÄMISPELUSTEET

Kiinteiden mittausten näytteenottopaikkojen vähimmäismäärä valvottaessa raja-arvojen noudattamista ihmisten terveyden suojelemiseksi alueilla, joissa kiinteämittaus on ainoa tietolähde.

a) Hajakuormituslähteet

Taajaman tai alueen asukasluvu (tuhatta)	Kun pitoisuudet ylittävät ylemmän arviointikynnyksen arviointikynnyksen välissä	Kun enimmäispitoisuudet ovat ylemmän ja alemman
0 - 249	1	1
250 - 499	2	1
500 - 749	2	1
750 - 999	3	1
1 000 - 1 499	4	2
1 500 - 1 999	5	2
2 000 - 2 749	6	3
2 750 - 3 749	7	3
3 750 - 4 749	8	4
4 750 - 5 999	9	4
> 6 000	10	5

Kuuluttava vähintään yksi kaupunkitaustaa edustava mittausasema ja yksi liikenneympäristöä edustava mittausasema edellyttäen, että näytteenottopaikkojen lukumäärää ei tarvitse nostaa.

b) Pistekuormituslähteet

Pistekuormituslähteiden läheisyydessä tapahtuvan pilaantumisen arvioimiseksi lasketaan kiinteiden mittausten näytteenottopaikkojen lukumäärä siten, että otetaan huomioon päästötiheydet, ilman epäpuhtauksien todennäköinen leviäminen sekä väestön mahdollinen altistuminen.

	Väestö 31.12.2000	Asukkaita/km ² (maa)	Tieliikenteen liikennesuorite milj. ajon. km
Vaasa - Vasa	56 737	310,0	313,288
Kokkola - Karleby	35 539	108,5	233,224
Seinäjäki	30 290	235,0	183,074
Pietarsaari - Jakobstad	19 636	221,2	94,436
Mustasaari - Korsholm	16 614	20,0	243,122
Kauhajoki	14 831	11,4	160,786
Lapua - Lappo	14 055	19,1	183,684
Ilmajoki	11 832	19,5	178,852
Nurmo	10 904	31,4	133,407
Kurikka	10 708	23,1	106,951
Pedersören kunta - Pedersöre	10 258	13,0	136,252
Alavus (- Alavo)	9 930	12,6	121,708
Närpiö - Närpes	9 769	10,1	144,661
Alajärvi	9 370	12,7	107,825
Jalasjärvi	8 924	10,9	152,559
Kauhava	8 387	17,3	101,543
Kristiinankaupunki - Kristinestad	8 084	11,9	93,179
Uusikaarlepyy - Nykarleby	7 492	10,4	118,061
Laihia - Laihela	7 414	14,6	89,879
Ähtäri - Etseri	7 215	9,0	83,254
Kruunupyö - Kronoby	6 846	9,6	102,326
Teuva - Östermark	6 620	11,9	63,564
Kannus	6 106	15,0	65,392
Ylistaro	5 668	11,8	90,267
Maalahti - Malax	5 638	11,0	77,737
Isokyrö - Storkyro	5 151	14,5	62,334
Alahärmä	4 916	14,0	61,611
Jurva	4 774	10,8	46,987
Vähäkyrö - Lillkyro	4 733	26,9	48,588
Kälviä - Kelviä	4 598	6,9	70,179
Kuortane	4 457	9,6	67,963
Kaustinen - Kaustby	4 414	12,5	54,775
Luoto - Larsmo	4 111	29,9	45,326
Lappajärvi	4 051	9,6	46,906
Veteli - Vetil	3 811	7,5	50,040
Peräseinäjoki	3 808	8,6	49,270
Toholampi	3 797	6,7	48,259
Vimpeli (- Vindala)	3 553	12,3	36,319
Vöyri - Vörå	3 551	8,4	53,722
Himanka	3 240	14,2	38,621
Töysä	3 205	10,7	51,977
Perho	3 155	4,2	34,289
Ylihärmä	3 122	20,6	32,133
Evijärvi	3 067	8,6	43,605
Lohtaja - Lochteå	2 950	7,1	48,555
Soini	2 799	5,1	26,587
Isojoki - Storå	2 694	4,2	26,100

	Väestö 31.12.2000	Asukkaita/km ² (maa)	Tieliikenteen liikennesuorite milj. ajon. km
Kortesjärvi	2 542	7,8	30,454
Oravainen - Oravais	2 290	11,3	32,179
Korsnäs	2 246	9,8	24,128
Lehtimäki	2 133	7,8	25,082
Karjoki - Bötom	1 760	9,5	15,946
Kaskinen - Kaskö	1 564	155,2	7,276
Halsua	1 547	3,7	15,390
Ullava	1 095	6,7	13,811
Maksamaa - Maxmo	1 094	7,5	18,881
Lestijärvi	1 040	2,2	13,288
Yhteensä	440 135		313,288

Euroopan komissiolle ja Euroopan ympäristökeskukselle raportoidut vuoden 2003 ilmanlaadun seurantatiedot ja mitaustulokset

- Komponenttisarakeisiin on merkitty seuraavilla lyhenteillä mittausohjelmat, joiden mukaisina mitaustulokset on raportoitu
- 1 Direktiivi 1999/30/EY (SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb)
 - 2 Direktiivi 2000/69/EY (CO, C₆H₆)
 - 3 Direktiivi 2002/3/EY (O₃)
- T Neuvoston tietojenvaihtopäätös 97/101/EY (muttettu 2001/752/EY)
- E EuroAirnet ohjelma (<http://air-climate.eionet.eu.int/databases/EuroAirnet/>)

Alue	Kunta	Mittausaseman nimi	Alueyyppi	Päästö-tyyppi	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	O ₃	TSP	Pb	VOC
YTV	Espoo	Leppävaara 2	esikaupunki	liikenne	E	E	E	E	E	E		E		3
YTV	Espoo	Luukki	maaseutu	tausta	TE	3TE	3TE	TE			3TE			
YTV	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta		3TE	3TE	ITE	ITE		3TE			3
YTV	Helsinki	Runeberginkatu	kaupunki	liikenne		T	T	T	T					
YTV	Helsinki	Toölä	kaupunki	liikenne		TE	TE	E		E	E	TE	TE	
YTV	Helsinki	Vallila 1	kaupunki	liikenne	ITE	ITE	TE	ITE	ITE	TE				
YTV	Helsinki	Vallila 2	kaupunki	tausta				E						E
YTV	Vantaa	Tikkurila 2	esikaupunki	tausta							3TE			
YTV	Vantaa	Tikkurila 3	esikaupunki	liikenne		ITE	TE	ITE		TE		E		3
UUS	Lohja	Nahkurintori	kaupunki	tausta				IT		TE				
UUS	Porvoo	Mustijoki	maaseutu	teollisuus	T									
LOU	Hajavalka	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	T									
LOU	Korpoo	Uti	maaseutu	tausta	TE	3TE	3TE				3TE	T		3
LOU	Turku	Aninkaistennäki	kaupunki	liikenne				IT		IT				
LOU	Turku	Aninkaistensilta	kaupunki	liikenne				IT		IT		T		
LOU	Turku	Ruissalo Saaronniemi	maaseutu	teollisuus							3T			
LOU	Turku	Turun kauppatori	kaupunki	liikenne	IT			IT		IT		T		

Alue	Kunta	Mittausaseman nimi	Alueyyppi	Päästö-tyyppi	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	O ₃	TSP	Pb	VOC
HAM	Jokioinen	Jokioinen	maaseutu	tausta							3TE			
HAM	Lahti	Kisapuisto	kaupunki	tausta		IT								
HAM	Lahti	Laune	esikaupunki	liikenne				IT						
HAM	Lahti	Metsäkangas	esikaupunki	tausta							3T			
HAM	Lahti	Tori	kaupunki	liikenne				IT						
HAM	Lahti	Vesku II	kaupunki	liikenne		IT				T				
HAM	Lammi	Evo (Lammi)	maaseutu	tausta							3TE			
PIR	Tampere	Lielahdi, Isoniemenkatu	esikaupunki	teollisuus		3T	3T				3T			
PIR	Tampere	Linnainmaa	esikaupunki	liikenne		IT		IT						
PIR	Valkeakoski	Hiekkatekonurmi	esikaupunki	liikenne				IT						
KAS	Imatra	Imatrankoski	esikaupunki	liikenne								E		
KAS	Imatra	Mansikkala	esikaupunki	tausta		E	E	E						
KAS	Imatra	Pelkolan tulliasema, Raja	maaseutu	teollisuus		E	E							
KAS	Imatra	Rautionkylä	esikaupunki	teollisuus	TE	E	E	E				E		
KAS	Joutseno	Joutsenen keskusta	esikaupunki	liikenne				E				E		
KAS	Joutseno	Pulpin K-lähikauppa	esikaupunki	teollisuus								E		
KAS	Kouvola	Kouvolan keskusta	kaupunki	liikenne				IT						
KAS	Lappeenranta	Ihalainen	esikaupunki	teollisuus								E		
KAS	Lappeenranta	Lappeenrannan keskusta 2	kaupunki	liikenne		E		ITE						
KAS	Lappeenranta	Lauritsala	esikaupunki	teollisuus		E	E					E		
KAS	Lappeenranta	Mäntylän sairaala	esikaupunki	teollisuus								E		
KAS	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	TE	3TE	3TE	TE			3TE			

Alue	Kunta	Mittausaseman nimi	Alueyyppi	Päästö-tyyppi	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	O ₃	TSP	Pb	VOC
ESA	Mikkeli	Porrassalmenkatu	kaupunki	liikenne				IT						
PSA	Kuopio	Itkonniemi	esikaupunki	liikenne				IT						
PSA	Kuopio	Kuopion keskusta 2	kaupunki	tausta		13T	3T	IT		T	3T			
PKA	Ilomantsi	Ilomantsi	maaseutu	tausta				IT			3TE			
PKA	Joensuu	Koskikatu 1	kaupunki	liikenne				IT		T				
KSU	Jyväskylä	Lyseo 2	kaupunki	liikenne				IT		T				
KSU	Jyväskylä	Palokka 2	esikaupunki	tausta				IT		T				
LSU	Kokkola	Keskusta, Pitkänsilänkatu	kaupunki	liikenne				IT						
LSU	Pietarsaari	Botterviksvägen	kaupunki	liikenne				IT						
LSU	Vaasa	Vaasan keskusta	kaupunki	liikenne				IT		T				
LSU	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	TE	3TE	3TE				3TE			
PP0	Kuusamo	Oulanka	maaseutu	tausta		3TE	3TE				3TE			
PP0	Oulu	Nokela	esikaupunki	teollisuus	T									
PP0	Oulu	Oulun keskusta 2	kaupunki	liikenne		IT		IT		2T				
PP0	Oulu	Pykköjärvi	esikaupunki	tausta				IT						
PP0	Raahе	Saloinen	esikaupunki	teollisuus	T									
KAI	Kajaani	Kajaanin keskusta 2	kaupunki	liikenne				IT						
LAP	Inari	Raja-Jooseppi	maaseutu	tausta	E						3TE			
LAP	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta	E	3TE	3TE				3TE			3



Osoite: Vaasanpuistikko 18-20
 Koordinaatit (YKJ): 701051 :322859, 15 m merenpinnan yläpuolella
 Alueen tyyppi: Kaupunki
 Aseman tyyppi: Liikenne

MITTAUKSET 2004

Parametri	Alkoi	Päättyi	Näytteenotto-korkeus (m)	Menetelmä
NO ₂ /NO/NO _x	1.9.2001		4,0	Kemiluminesenssi
Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀	1.9.2001		4,0	Värähtelytaajuuden muutos
Pienet hiukkaset PM _{2,5}	1.9.2001		4,0	b -säteilyn absorptio
Hiilimonoksidi CO	1.9.2001		4,0	IR -absorptio

Sijainti ja ympäristö: Keskikaupunki, vilkasliikenteisten katujen läheisyydessä. Lähin katu (etäisyys, 3 m) Vaasanpuistikko, keskimääräinen vuorokausiliikenne 16 000 ajoneuvoa. Teollisuus/voimalaitos: Wärtsilä Oy, konepajateollisuus, 1 km. Vaskiluodon Voima Oy, lämpövoimala, 3 km.

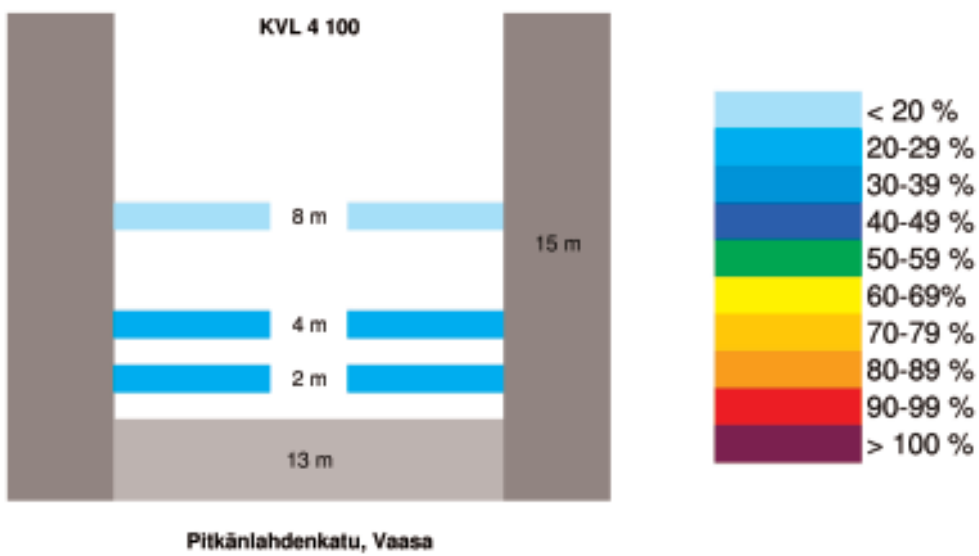
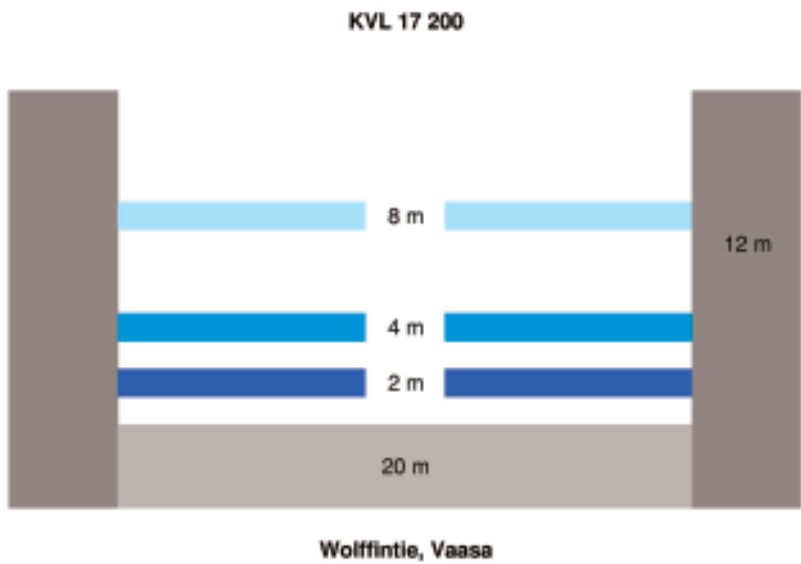
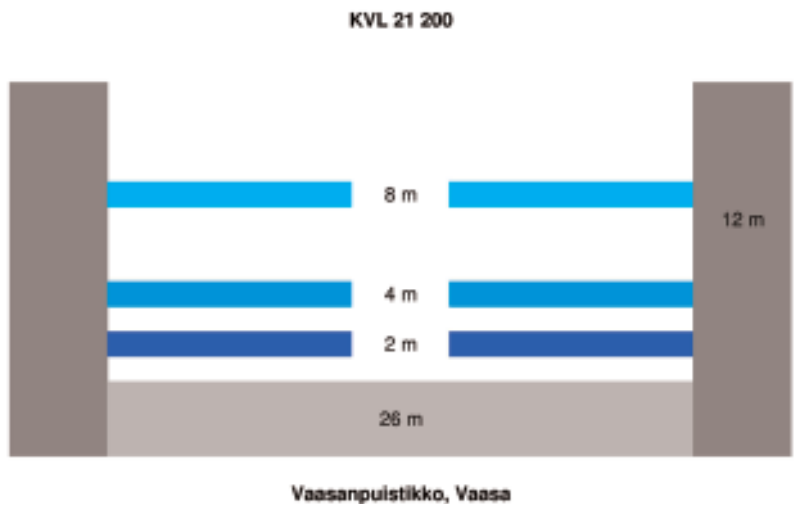
Aseman edustavuus väestön altistumisen suhteen: Asema kuvaa vilkkaasti liikennöityä kaupungin keskusta-aluetta, jossa väestön altistuminen on suurinta.

Pitoisuustasot suhteessa ilmanlaadun tavoitteisiin:

- NO₂ tuntiarvot: ~AAK, <OA; vuorokausiarvot: ~OA; vuosiarvot: <AAK
- PM₁₀ vuorokausiarvot: >YAK, <RA, ~OA; vuosiarvot: >YAK, <RA.
- CO 8h arvot: <AAK

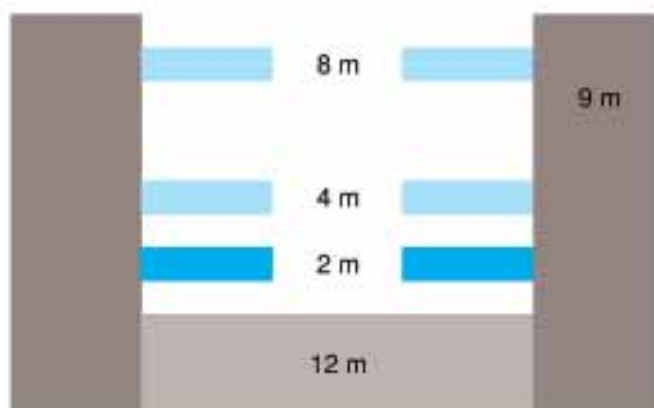
Mittausten tavoitteet ja kuuluminen mittausohjelmiin:

Raja-arvovalvonta/direktiivi 1999/30/EY : NO₂ ja PM₁₀ alkaen 2001
 Neuvoston tietojenvaihtopäätös NO₂ ja PM₁₀ alkaen 2001,
 CO alkaen 2003



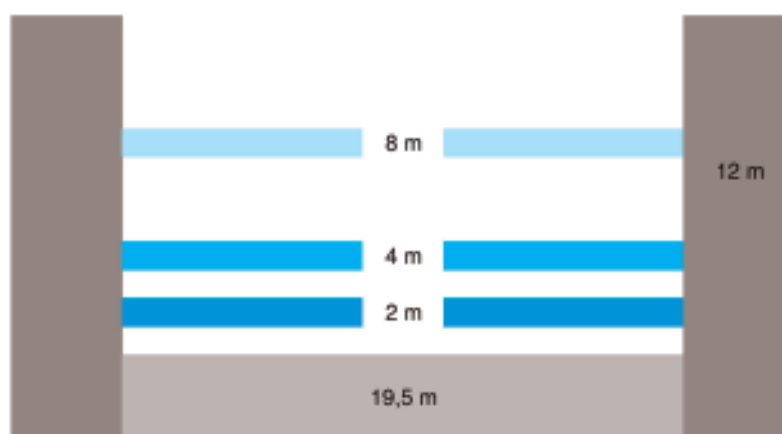
Kolmelle korkeudelle mallinnetut typpidioksidipitoisuudet suhteessa typpidioksidin vuosiraja-arvoon Vaasan katukuiluissa (KVL=keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä)

KVL 6 000

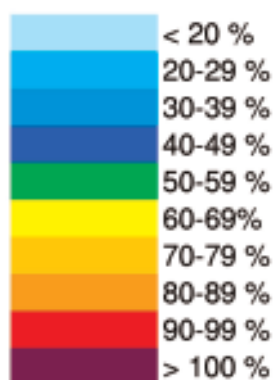


Torikatu, Kokkola

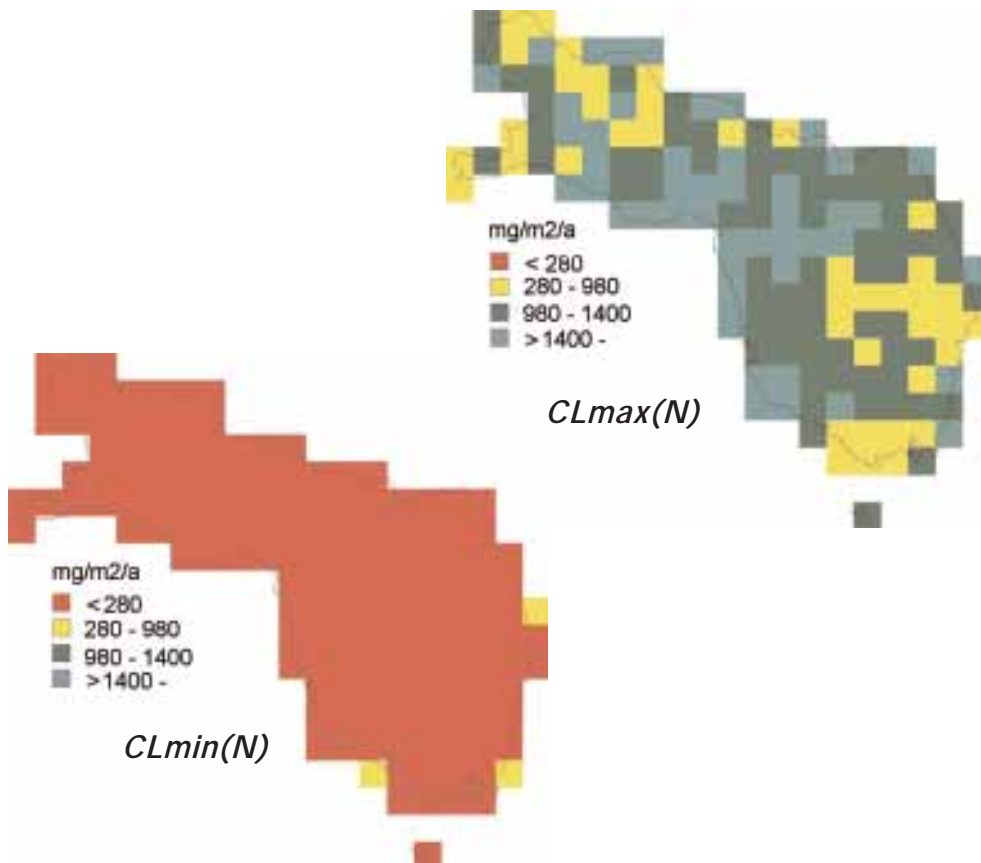
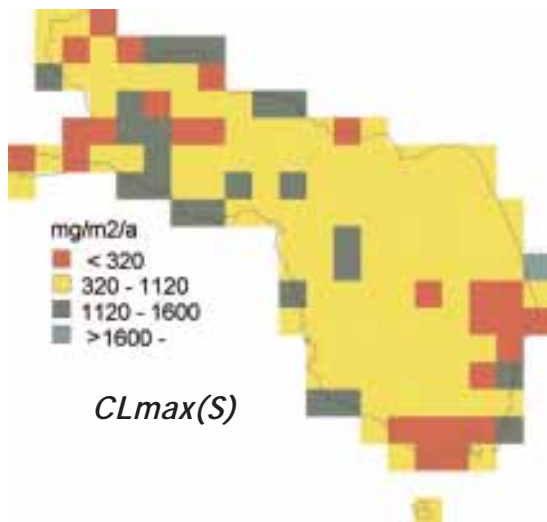
KVL 11 928



Vapaudentie, Seinäjoki



Kolmelle korkeudelle mallinnetut typpidioksidipitoisuudet suhteessa typpidioksidin vuosiraja-arvoon Kokkolan ja Seinäjoen katukuiluissa (KVL=keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä).



Rikin ja typen kriittiset kuormitukset happamoittavalle laskeumalle on laskettu metsämaalle ja järville. Alueellinen yleistäminen on tehty 50 x 50km² ruudukossa. Joka ruudulle on esitetty laskeumataso, joka vastaa tilannetta, jossa 95% ruudun metsä- ja järvipinta-alasta on suojattu happamoitumiselta. Happamoitumisen suhteen otetaan huomioon sekä rikin että typen laskeuma ja laskeuman vähentämistarve määritellään rikin maksimilaskeuman *CLmax(S)* sekä typen maksimi- ja minimilaskeuman *CLmax(N)*, *CLmin(N)* funktiona. Kriittiset kuormat on arvioitu ottaen huomioon nitraattitypen happamoittava vaikutus. (Lähde: Johansson, M. 1999: *Integrated models for the assessment of air pollution control requirements*. Väitöskirja. TKK. Monographs of the Boreal Environment Research 13, 73 ss.)

Yksittäiseen mittaustulokseen liittyy aina virhettä, joka vääristää saatua tulosta. Kun mitattavasta suureesta tehdään useampia mittauksia, mittaustulos tarkentuu. Mittaustulosten hajonnasta saadaan selvyyttä mittaajärjestelmän toistettavuudesta ja millä tavalla ulkoiset olosuhteet vaikuttavat tulokseen. Mittausten oikeellisuudella tarkoitetaan sitä kuinka lähellä arvot ovat tunnustettuun referenssiin perustuvaa arvoa *i.* referenssarvoa. Mittausvirheet on perinteisesti jaettu systemaattisiin ja satunnaisiin virheisiin. Systemaattiset virheet pyritään eliminoimaan muun muassa kalibroinnilla, mittaussysteemiä parantamalla ja esimerkiksi ympäristöolosuhteita vakioimalla. Satunnaisvirheitä voidaan myös pienentää mittaajärjestelmää parantamalla, mutta satunnaisvirheistä ei kokonaan päästä eroon. Satunnaisvirhe voi myös aiheuttaa systemaattisen virheen, jos mittaukseen liittyviä virhelähteitä ei riittävästi tunneta tai oteta huomioon. Mittaustulos onkin aina approksimaatio mitattavasta suureesta ja se esitetään muodossa $y = a \pm e$, missä *a* kuvaa mittaustulosta tai niiden keskiarvoa ja *e* mittauksiin liittyvää virhettä. Mittaustuloksen arvioiva luonne käy ilmi siitä, että mittausta on hetkellinen (äärellinen) tapahtuma ja että näytteenotto aiheuttaa aina häiriötä itse tutkittavaan ilmiöön.

Mittaussysteemistä pyritään virheet eliminoimaan mahdollisimman kattavasti. Mittaussysteemin validoinnilla saadaan tietoa mittaussysteemiin liittyvistä systemaattisista ja satunnaisista virheistä. Näiden täydelliseen poistamiseen ei päästä, vaan parhaimmassakin tapauksessa mittaustulos sisältää osan satunnaisvirheistä ja systemaattisista virheistä. Mittaussysteemiä on kuitenkin voitu parantaa huomattavastikin: yksittäisen mittaustuloksen sijasta mittaussysteemiin liittyy tietty epävarmuus, jonka luotettavuutta kuvataan todennäköisyysjakauman tiheysfunktiolla - ja itse mittaustulosta kuvataan arvioksi *i.* estimaatiksi mitattavasta suureesta.

Kansainvälinen standardisointielin (International organization for Standardization, ISO) julkaisi oppaan epävarmuuskäsitteestä (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM) (ISO, 1995) ja sitä noudatetaan mm CEN:n ilmanlaatustandardissa. Eurooppalainen kattojärjestö, jonka tehtävänä on luoda kemiallisille mittaauksille jäljitettävyys ja edistää hyvää laadunvarmennuskäytäntöä (A Focus for Analytical Chemistry in Europe, EURACHEM) ja kansainvälinen kemiallisten mittausten vertailtavuutta kehittävä yhteistyöelin (The Co-operation on International Traceability in Analytical Chemistry, CITAC) valmistasivat raportin (EURACHEM 2002) epävarmuuden arvioinnista ja laskemisesta kemiallisissa analyyseissä. Tämä raportti pohjautuu GUM-oppaaseen ja raportti sisältää useita yksityiskohtaisia esimerkkejä mittausten kokonaisepävarmuuteen vaikuttavista tekijöistä sekä kokonaisepävarmuuden laskemisesta eri tilanteissa. Seuraavassa käydään läpi tilastomatematiikan peruskäsitteitä sekä epävarmuuskäsitettä. Tilastomatematiisessa käsittelyssä lähdekirjallisuutena on käytetty kurssikirjoja (Laininen 1975, Tuominen & Norlamo 1974). Epävarmuuskäsitettä käydään läpi GUM-oppaan mukaisesti. Oppaassa epävarmuuslähteet jaetaan kahteen luokkaan riippuen siitä, miten niiden numeroarvo on arvioitu:

Tyyppi A: Tilastollisten menetelmien avulla määritetyt arvot

Tyyppi B: Muilla kuin tilastollisten menetelmien avulla määritetyt arvot

Tyyppiä A tai tyyppiä B vastaavat epävarmuudet eivät täysin ole samaistettavissa satunnaisiin ja systemaattisiin epävarmuuksiin.

Olkoon suure *Y*, joka riippuu muista suureista X_i ($i = 1, \dots, N$) esitettävissä funktio-naalisessa muodossa:

$$(L.1)$$

Suureen Y arvoa mittausten perusteella kuvataan estimaatilla y . Tällöin y :lle pätee sama funktionaalinen riippuvuus kuin Y :lle, jossa suureet X_i esitetään vastaavasti estimaateilla x_i . Y :n estimaatti y voidaan laskea esimerkiksi aritmeettisena keskiarvona

$$y = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(X_{1,k}, X_{2,k}, \dots, X_{N,k}) \quad (L.2)$$

ts. y on toistokokein saatujen arvojen keskiarvo. Saadun estimaatin hyvyttä kuvata suure Y on pystyttävä myös arvioimaan. Yksinkertainen tapa on laskea toistokokeiden standardipoikkeama $\sqrt{s^2(x)}$:

$$s(x) = \sqrt{s^2(x)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (L.3)$$

missä x_k ovat tehtyjen toistokokeiden tulokset (otos) ja \bar{x} on niiden keskiarvo. Kokeellinen standardipoikkeama, otoskeskihajonta, kuvaa kuinka paljon otoksen (x_1, x_2, \dots, x_n) mittaustulokset (havainnot) poikkeavat keskimäärin otoskeskiarvosta. Jos otosten (toistokokeiden) lukumäärää muutetaan, muuttuu myös otoskeskiarvo. Tällöin aritmeettisen keskiarvon satunnaisvaihtelun suuruutta mittaa keskiarvon keskihajonta l. keskiarvon keskivirhe:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad (L.4)$$

Kun tehdään havaintoja (mittauksia) ja niillä pyritään kuvaamaan havainnoitavaa suuretta, meillä tulisi olla käsitys siitä, millainen otosjoukko on riittävä kuvaamaan havainnoitavaa suuretta. Mitatuista arvoista muodostetaan estimaatti, jolla voidaan kuvata otosjoukon keskiarvo ja hajonta. Estimaattori voi olla harhaton, tarkentuva ja sillä voi olla mahdollisimman pieni varianssi. Estimaattori on

- harhaton jos se kuvaa täysin kyseistä suuretta;
- tarkentuva, jos estimaattori lähestyy oikeaa arvoa, kun otosjoukon määrä kasvaa
- minimivarianssi silloin, kun kaikilla muilla harhattomilla estimaattoreilla on suurempi varianssi.

Estimoinnin tärkein tehtävä on löytää estimaattoreita, joilla on samat ominaisuudet kuin mitattavalla suureella. Menetelmiä estimaattoreiden määrittämiseksi on esim. momenttimenetelmä ja Maximum likelihood-menetelmä (Laininen, 1975). Jos otosjoukkoa kuvaava jakauma tunnetaan, saadaan estimaattorit jakauman tunnusluvuista: keskiarvo, varianssi sekä varmuusväli. Varmuusväli $P\%$ ($1-\alpha$, missä α on jakauman normitetun tiheysfunktion ulkopuolelle jäävä osuus) on otoksen lasketun parametrin, esimerkiksi keskiarvon, vaihteluväli määritetyllä todennäköisyydellä. Esimerkiksi tietyn suureen keskiarvo ilmoitetaan muodossa $\mu \pm \sigma$, jossa μ on keskiarvon estimaatti ja σ on hajonnan estimaatti. Jos otosjoukko noudattaa normaalijakaumaa, voidaan tällöin normaalijakauman tiheysfunktioista määrittää kuinka suuren osan havainnoista standardipoikkeama kattaa. On myös muita jakaumatyyppisiä, joita otosjoukko voi noudattaa (log-normaalinen jakauma, χ^2 -jakauma, Poisson jakauma). Kokemuksen mukaan ulkoilman hiukkasten kokoja-

kauma noudattaa log-normaalijakaumaa, mutta kaasumaisten yhdisteiden pitoisuusjakauma noudattaa lähinnä normaalijakaumaa, vinoutunutta normaalijakaumaa tai yksinkertaistettuja geometrisia jakaumia. Tällaisia ovat esimerkiksi suorakulmainen jakauma l. tasanjakautunut otosjoukko (rectangular distribution), jossa mittaustulokset ovat jakautuneet tasaisesti estimaatin $\pm\sigma$ alueelle ($=2\sigma$) eikä tarkempaa tietoa jakaumasta voida tehdä. Myös kolmiomainen jakauma (triangular distribution) on varsin yleinen jakaumatyyppi silloin, kun otosjoukko ei ole jakautunut tasaisesti ja otosjoukon keskiarvon m lähistöllä saadut arvot ovat todennäköisempiä kuin estimaatin (σ) ääripäissä olevat arvot ja että jakauma on symmetrinen.

Jos suure Y voidaan kuvata funktionaalissa muodossa (1), voidaan mittaussysteemiin liittyvä yhdistetty standardiepävarmuus arvioida virheiden kasaantumislauseen mukaan (ISO, 1995):

$$u_c(\mathbf{y}) = \sqrt{u^2(\mathbf{y})} = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u_i u_j \rho_{ij} \right]^{1/2} \quad (\text{L.5})$$

Tässä summaus käy yli jokaisen suureen X_i . Yhdistetty standardiepävarmuus, $u_c(\mathbf{y})$, sisältää kaikki suureeseen Y oleellisesti vaikuttavat, tyyppiä A tai B, sisältämät standardiepävarmuudet ja -poikkeamat tai niiden estimaattorit. Kaavan (L.5) oikeanpuolen jälkimmäinen termi sisältää funktion f kovarianssitermin, joka koostuu osittausderivaattojen ristitermeistä, hajontatermeistä u ja näiden välisestä korrelaatiokertoimesta ρ . Kaavan (L.5) kovarianssitermin suuruus ensimmäiseen termiin nähden on usein kertalukua pienempi ja sen vaikutus yhdistetyn standardiepävarmuuden laskemisessa on mitätön. On kuitenkin tapauksia, joissa kovarianssitermien vaikutus kokonaishajontaan on merkittävä. Kaavan (L.5) käytössä suureen Y funktionaalinen muoto mahdollistaa osittaisderivaattojen laskemisen ja näin kullekin varianssi- ja hajontatermille saadaan kertoimet. Kaava (L.5) yksinkertaistuu, mikäli kovarianssitermit voidaan jättää pois ja suureen Y hajontatermit ovat toisistaan riippumattomia. Tällöin kaava (L.5) voidaan esittää yksinkertaisemmassa muodossa:

$$u_c(\mathbf{y}) = \sqrt{u^2(\mathbf{y})} = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_i^2 \right]^{1/2} = \left[\sum_{i=1}^N c_i^2 u_i^2 \right]^{1/2} = \left[\sum_{i=1}^N u_i^2 \right]^{1/2} \quad (\text{L.6})$$

missä

u_c on kaikkien tulokseen vaikuttavien yksittäisten epävarmuustekijöiden (u_i) yhdistetty komponentti, yhdistetty standardipoikkeama

$f(x_i)$ on mitattavaa suuretta esittävä funktio

u_c on epävarmuustekijöiden komponentti (yksittäinen standardiepävarmuus)

c_i on epävarmuustekijöiden painokerroin

Kaavan (L.6) oikeanpuoleinen termi sisältää jokaisen yksittäisen standardiepävarmuuden, joka vaikuttaa mittaustulokseen. Kun kaikki mittaustulokseen vaikuttavat epävarmuuskomponentit on arvioitu tai määritetty (tyyppiä A tai B), voidaan mittausten virhetermien kokonaisbudjetti muodostaa. Mittaustuloksen kokonaisepävarmuus saadaan kaavasta:

(L.7)

$$U = k \cdot u_c$$

Kattavuustekijän arvo, k , voidaan määrittää eri luotettavuustasoilla tarkasti, jos tunnetaan havaintojoukon jakauma ja mittausten vapausasteiden lukumäärä. Esimerkiksi t -jakaumaa noudattavan havaintojoukon $((0,1)$ -normaalinen satunnaismuuttuja) 95% luotettavuustasoa vastaava kattavuustekijän arvo on 1.96 ja 99 %:n vastaava arvo on 2.57, kun vapausasteiden lukumäärä on suuri (ääretön). Vastavasti suorakulmaista jakaumaa noudattavalle havaintoaineistolle 95 %:n luotettavuustaso antaa k :lle arvon 1.65 ja 1.71 luotettavuustasolla 99. Ilmanlaatuasetuksessa on kattavuustekijän arvo määritetty kakkoseksi ($k = 2$), mikä vastaa noin 95 % luotettavuustasoa normaalijakautuneelle havaintojoukolle. Suure Y voidaan näin ollen esittää muodossa:

$$Y = y \pm U = y \pm k u_c(y) = y \pm 2 u_c(y) \quad (\text{L.8})$$

Ilmanlaatuasetuksessa on mittausepävarmuus määritetty prosenttiosuutena epäpuhtauden raja-arvopitoisuudesta. Näin ollen ilmanlaatumittauksia varten meidän tulee määrittää mittausten kokonaisepävarmuus suhteellisena arvona tunti-, vuorokausi- ja vuosiraja-arvosta. Tällöin kaava (L.7) muunnetaan ilmanlaatuasetuksen mukaiseksi suhteelliseksi kokonaisepävarmuudeksi skaalaamalla (normittamalla) kokonaisepävarmuus sekä pitoisuus- että aikatekijällä.

Mittauslaitteen mittausominaisuudet

Jatkuvatoimisen analysointilaitteen tai manuaalisen mittauslaitteen mittausominaisuuksilla on suuri vaikutus mittaustulosten kokonaisepävarmuutta laskettaessa. Erilaisten mittausominaisuuksien määrittelyistä on olemassa ISO-standardit (ISO 14956:2002, ISO 5725:1994) ja erilaisia testausraportteja (esim. UBA 1996). Tässä esityksessä käydään läpi mittausominaisuuksia ja standardiepävarmuuksia.

Mittausominaisuuden aiheuttama standardiepävarmuus voidaan määrittää mittausominaisuuden ja sen todennäköisyysjakauman avulla, jolla mittausominaisuus vaikuttaa epävarmuusbudjetissa. Esimerkiksi, jos mittausominaisuuden, X_{char} , vaikutus standardiepävarmuuteen noudattaa normaalijakaumaa, on standardiepävarmuus $u = X_{char}$. Mikäli mittausominaisuus voidaan ajatella jakautuvan tasaisesti pitoisuusalueen yli (tasanjakautunut jakauma), saadaan standardiepävarmuus laskettua mittausominaisuudesta:

$$u_{r,z} = \frac{X_{char}}{\sqrt{3}} \quad (L.9)$$

missä nimittäjässä oleva tekijä tulee tasanjakautuneen jakauman painotekijästä.

Jos mittausominaisuus noudattaa kolmiomaista jakaumaa, voidaan standardiepävarmuus laskea muodosta:

$$u_{r,z} = \frac{X_{char}}{\sqrt{6}} \quad (L.10)$$

Jos mittausominaisuus noudattaa normaalijakaumaa, on $u = X_{char}$. Myös muita jakaumia voi olla, jolloin on käytettävä sen jakauman arvoa, jolla mittausominaisuus vaikuttaa mittaustulokseen.

Jatkuvatoimiset kaasumaiset analysointilaitteet

Tässä jatkuvatoimisilla analysointilaitteilla tarkoitetaan bentseenin, hiilimonoksidin, otsonin, rikkidioksidin ja typen oksidien mittaukseen tarkoitettuja jatkuvatoimisia analysointilaitteita tai automatisoituja kaasukromatografteja. Jatkuvatoimisista kaasumaisista yhdisteistä mitattavista analysointilaitteista määritetään seuraavat mittausominaisuudet laboratoriotestausten avulla:

1. Vasteaika (response time): T_{resp}
2. Nousuaika (rise time): T_r
3. Laskuaika (fall time): T_f
4. Nousu- ja laskuajan ero: $dT_{r/f}$
5. Lyhyen aikavälin (12/24 h) liukuma 'nollapitoisuudessa' (short-term zero level drift): $D_{s-drift,0}$
6. Lyhyen aikavälin (12/24 h) liukuma 'pitoisuusustasossa' (short-term span level drift): $D_{s-drift,S}$
7. Toistettavuus nollassa ja pitoisuusustasossa (repeatability at zero and span): r_z, r_s
8. Linearisuus (linearity, lack of fit): $X_{l,v}$
9. Alhaisin havaintoraja X_{ldl}
10. Analysointilaitteen herkkyys näytteen ottoa varten ja lämpötilalle, ympäröivän ilman lämpötilalle, syöttöjännitteen vaihteluille : $b_p, b_T, b_{T_{env}}, b_V$

11. Interferenssit (interferences): X_{int} , X_{int,H_2O}
12. Keskiarvoistamisvirhe (averaging error): X_{ave}

Seuraavat mittaussominaisuudet määritetään kenttätestausten avulla:

13. Toistettavuus (reproducibility) : $r_{f,o}$, $r_{f,hlv}$
14. Pitkänajan liukuma 'nollapitoisuudessa' ja raja-arvopitoisuudessa (long term drift at zero and at hourly limit value): $D_{f,z}$, $D_{f,hlv}$

Manuaaliset menetelmät

Manuaalisilla menetelmillä tarkoitetaan näytteenottoon perustuvaa manuaalista tai semimanuaalista menetelmää. Tällaisia ovat esimerkiksi suodatinmateriaalille, passiivi- ja diffuusiokeräimellä tai adsorptioputkella kerättyä näytettä. Näytteen keräys voi olla täysin manuaalinen tai siinä voi olla automaattinen näytteenvaihdiin. Tällaisista keräinmenetelmistä määritetään seuraavat ominaisuudet, jotka vaikuttavat mittausten kokonaisepävarmuuteen.

Näytetilavuus

- Virtauskalibrointi, näytteenoton nopeus
- Keruu aika
- Keruuolosuhteet (lämpötila ja paine), normitus vallitseviin/standardiolosuhteisiin

Näytemäärä

- Keruutehokkuus
- Näytteen stabiilisuus
- Näytteen haihtuminen
- Kalibrointiin tarkoitettujen referenssiaineiden sopivuus (massa ja näytematriisi)
- Analyysi (analysoinnin lineaarisuus, analyysin toistettavuus, liukuma)

Nollanäytteiden (ns. blank-näyte) kontaminaatio

Hiukkasten pitoisuusmittaukset

CEN standardi EN 12341 määrittelee 10 mm:n kokoisten hiukkasten referenssimenetelmänä manuaalisen, gravimetrisen keruumenetelmän. Standardi määrittelee näytteenottovirtaukset, näytteenottoon tarkoitetun esierottimen sekä punnitusolosuhteet. Lisäksi standardissa käsitellään ei-referenssimenetelmän (kandidaattimenetelmän) vertaamista referenssimenetelmään.

Euroopan komissio (EC Working group on Guidance for the Demonstration of Equivalence) on laatinut raporttiluonnoksen, jossa annetaan ohjeita ei-referenssimenetelmän (esim. erilaisen näytesondin, beta-säteilyn absorptioon tai värähtelevään mikrovaakaan perustuvan jatkuvatoimisen analysaattorin tai in-situ optisen menetelmän) vertaamisesta referenssimenetelmään. Lisäksi komission toimeksiantosta on laadittu Excel-muodossa oleva ekvivalenttisuustestilomake, joka on tarkoitettu erityisesti hiukkasmittauksissa käytettävien ei-referenssimenetelmien ekvivalenttisuuden tarkistamiseen. Raportti ja lomake löytyvät komission ilmanlaatusivuilta osoitteesta <http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm>.

Kuvailulehti

Julkaisija	Länsi-Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika	Huhtikuu 2005
Tekijä(t)	Jarmo Osmo, Harri Pietarila, Pasi Rautio, Timo Salmi, Jari Waldén		
Julkaisun nimi	Malli ilmanlaadun alueelliseksi seurantaohjelmaksi		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Euroopan unionin neuvoston direktiivissä ilmanlaadun arvioinnista ja hallinnasta (1996/62/EY) määritellään ilmanlaadun seurannalle asetettavat vaatimukset jäsenvaltioiden rajaamalla ilmanlaadun seuranta-alueilla ja väestökeskittymissä. Suomessa ilmanlaadun seuranta-alueet on määritellyt valtioneuvoston asetuksilla ilmanlaadusta (711/2001) ja alailmakehän otsonista (783/2003) koostumaan yhden tai useamman alueellisen ympäristökeskuksen toimialueesta. Väestökeskittymäksi on Suomessa määritellyt ainoastaan pääkaupunkiseutu. Ilmanlaatuasetuksen ja otsoniasetuksen määräykset ohjaavat siten ilmanlaadun seurannassa alueelliseen yhteistyöhön antamalla määräyksiä ilmanlaadun seurannan järjestämisestä seuranta-alueella. Alueellisen ympäristökeskuksen tehtävä on huolehtia siitä, että niiden alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin ja varmistaa, että tarpeelliset seurantatiedot toimitetaan merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään.</p> <p>Ilmanlaatuasetuksen raja-arvojen ylittymisen valvominen on ilmanlaadun seurannan vähimmäistaso, joka on samoilla periaatteella voimassa koko Euroopan unionin alueella. Tämä ei ole useinkaan kuntien ilmanlaadun seurannassa riittävä laajuus, kun otetaan huomioon esimerkiksi ympäristönsuojelulaisissa kunnille annettu velvoite huolehtia alueellaan paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta ja toiminnanharjoittajien velvoitteesta olla selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista.</p> <p>Ilmanlaatu voidaan seurata suoraan ja välillisin keinoin, mittausten lisäksi leviämisselvityksin ja karkeilla objektiivisilla arvioinneilla esimerkiksi hyödyntämällä päästökartoituksen hankittuja tietoja. Ilmanlaadun vaikutuksia luontoon arvioidaan yleensä biologisin vaikutustutkimuksin.</p> <p>Tässä raportissa esitettävä malli ilmanlaadun alueelliseksi seurantasuunnitelmaksi kattaa koko ilmanlaadun seurannan ketjun päästötietojen kokoamisesta, erilaisten ilmanlaadun arviointi-, mallinnus ja mittausmenetelmien kautta ilmanlaadun vaikutusten seurantaan, jolla rutiiniseurannassa tarkoitetaan useimmiten luontovaikutusten seurantaa bioindikaattoritutkimusten avulla.</p>		
Asiasanat	Ilmanlaatu, päästöt, raja-arvot, leviämismallit, mittausepävarmuus, laadunvarmennus, bioindikaattorit		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Alueelliset ympäristöjulkaisut 383		
Julkaisun teema			
Projektihankkeen nimi ja projektinumero			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö, Ilmatieteen laitos, Metsäntutkimuslaitos, Länsi-Suomen ympäristökeskus		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot			
	ISSN	1238-8610	ISBN 952-11-1974-8 952-11-1975-6 (PDF)
	Sivuja	123	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus	julkinen	Hinta 31 euroa
Julkaisun myynti/ jakaja	Västra Finlands miljöcentral, tel. (06) 367 5211, e-post: neuvonta_lsu@ymparisto.fi Edita Abp, tel. 020 450 05, fax 020 450 2380, e-post: asiakaspalvelu@edita.fi		
Julkaisun kustantaja	Länsi-Suomen ympäristökeskus		
Painopaikka ja -aika	Ykkös-Offset, Vaasa 2005		

Presentationsblad

Utgivare	Västra Finlands miljöcentral	Datum	April 2005
Författare	Jarmo Osmo, Harri Pietarila, Pasi Rautio, Timo Salmi, Jari Waldén		
Publikationens titel	Modell till regionalt program för uppföljning av luftkvaliteten		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt			
Sammandrag	<p>I Europeiska unionens rådsdirektiv om utvärdering och säkerställande av luftkvaliteten (1996/62/EG) fastställs kraven på uppföljning av luftkvaliteten i de områden för luftkvalitetskontroll som medlemsstaterna har avgränsat och i befolkningskoncentrationer. I Finland fastställs endast huvudstadsregionerna för uppföljning av luftkvaliteten fastställt i statsrådets förordning om luftkvaliteten (711/2001) och statsrådets förordning om marknära ozon (783/2003) och består av verksamhetsområdet för en eller flera regionala miljöcentraler. I Finland fastställs endast huvudstadsregionen som befolkningskoncentration. Bestämmelserna i luftkvalitetsförordningen och ozonförordningen styr till regionalt samarbete inom luftkvalitetskontrollen i och med att de ger anvisningar om hur uppföljningen skall ordnas på kontrollområdet. Den regionala miljöcentralens uppgift är att se till att uppföljningen på dess område är välordnad samt att säkerställa att nödvändiga kontrolluppgifter införs i datasystemet för miljövårdsinformation.</p> <p>Övervakning som ansluter sig till överskridning av luftkvalitetsförordningens gränsvärden är luftkvalitetskontrollens miniminivå och den fungerar enligt samma principer i hela EU. Detta är ofta inte tillräckligt omfattande för den kommunala luftkvalitetskontrollen med beaktande av t.ex. kommunernas plikt enligt miljöskyddslagen att sörja för nödvändig uppföljning av miljötillståndet enligt lokala förhållanden och verksamhetsutövarnas plikt att känna till verksamhetens miljökonsekvenser, miljörisker och möjligheterna att minska skadliga konsekvenser.</p> <p>Luftkvaliteten kan följas upp med direkta och indirekta metoder, utöver mätningarna dessutom med hjälp av spridningsmodeller och grovt objektiva bedömningar t.ex. genom att utnyttja information från utsläppskarteringar. Luftkvalitetens inverkan på naturen utvärderas vanligen med biologiska konsekvensundersökningar.</p> <p>Modellen i denna rapport täcker hela kedjan i luftkvalitetskontrollen från insamling av utsläppsuppgifter via olika utvärderings-, modell- och mätningmetoder till uppföljning av luftkvalitetens konsekvenser som i rutinkontroll avser uppföljning av miljökonsekvenserna med hjälp av bioindikatorundersökningar.</p>		
Nyckelord	luftkvalitet, utsläpp, gränsvärden, spridningsmodeller, mätningssäkerhet, kvalitetskontroll, bioindikatorer		
Publikationsserie och nummer	Regionala miljöpublicationer 383		
Publikationens tema			
Projektets namn och nummer			
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet, Meteorologiska institutet, Skogsforskningsinstitutet, Västra Finlands miljöcentral		
Organisationer i projektgruppen			
	ISSN	1238-8610	ISBN 952-11-1974-8 952-11-1975-6 (PDF)
	Sidantal	123	Språk finska
	Offentlighet	offentlig	Pris 31 euro
Beställningar/ distribution	Västra Finlands miljöcentral, tel. (06) 367 5211, e-post: neuvonta_lsu@ymparisto.fi Edita Abp, tel. 020 450 05, fax 020 450 2380, e-post: asiakaspalvelu@edita.fi		
Förläggare	Västra Finlands miljöcentral		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Ykkös-Offset, Vasa 2005		

Documentation page

Publisher	West Finland Regional Environment Centre	Date	April 2005
Author(s)	Jarmo Osmo, Harri Pietarila, Pasi Rautio, Timo Salmi, Jari Waldén		
Title of publication	Model for a regional air quality monitoring program		
Parts of publication/ other project publications			
Abstract	<p>The Council Directive 1996/62/EC on ambient air quality assessment and management includes demands for air quality monitoring in the zones defined by the member states and in agglomerations with more than 250 000 inhabitants. In Finland the zones for monitoring of air quality is defined in the Air Quality Decree (411/2001) and the Governments Decree on Lower Atmospheric Ozone (783/2003) and include the geographical area of one or several regional environment centres. In Finland only the Helsinki metropolitan area is established as population concentration. The regulations in the Air Quality Decree and the Ozone Decree aim to regional cooperation in air quality monitoring by giving instructions on how the monitoring should be arranged in the zone. The regional environment centre is responsible for a well-arranged monitoring in the area and that the monitoring information is recorded in the data system for environmental information.</p> <p>Monitoring of the exceedances of limit values set in the Air Quality Decree is the minimum of air quality control working according to the same principles in the entire European Union. This is usually not extensive enough for the air quality control in municipalities with respect to the municipalities' duty according to the Environmental Protection Act to take care of environmental state monitoring according to local conditions and the entrepreneur's duty to recognize the environmental consequences, environmental risks caused by the activity as well as the possibilities to reduce harmful consequences.</p> <p>The air quality can be monitored by direct and indirect methods and besides measurements also by means of air quality modelling and roughly objective evaluations for example by using information from emission investigations. The consequences of air quality on nature is evaluated in biological assessment investigations.</p> <p>The model in this report covers the entire chain of air quality monitoring from collection of emission information via different assessment, model and measurement methods to monitoring of air quality consequences which in routine monitoring contains the monitoring of environmental consequences by means of bio-indicator studies.</p>		
Keywords	air quality, emissions, limit values, atmospheric dispersion models, uncertainty of measurement, quality control, bio-indicators		
Publication series and number	Regional Environment publications 383		
Theme of publication			
Project name and number, if any			
Financier/ commissioner	Ministry of the Environment, Finnish Meteorological Institute, The Finnish Forest Research Institute, West Finland Regional Environment Centre		
Project organization			
	ISSN	1238-8610	ISBN 952-11-1974-8 952-11-1975-6 (PDF)
	No. of pages	123	Language finnish
	Restrictions	public	Price 31 euro
For sale at/ distributor	West Finland Regional Environment Centre tel. +358-(0)6 367 5211, email: neuvonta_lsu@ymparisto.fi Edita Oyj, tel. 020 450 05, fax 020 450 2380, email: asiakaspalvelu@edita.fi		
Financier of publication	West Finland Regional Environment Centre		
Printing place and year	Ykkös-Offset, Vaasa 2005		

