Alueelliset ympäristöjulkaisut

385

Katja Polojärvi, Ilkka Niskanen,
Anu Haahla ja Tuomo Ellonen

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005

UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUS

Alueelliset ympäristöjulkaisut

385

Katja Polojärvi, Ilkka Niskanen,
Anu Haahla ja Tuomo Ellonen

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005

HELSINKI 2005

UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 952-11-1984-5 (nid.)
ISBN 952-11-1985-3 (PDF)
ISSN 1238-8610

Kannen kuva:
Timo Vuoriainen

Käännökset:
Mats Wikberg, Erkki Pekkinen,
Hanna Luomala ja Virve Kustula

Pohjakartta © Maanmittauslaitos
lupa nro 7/Myy/05

Kartat: Katja Polojärvi ja Anu Haahla

Julkaisu on painettu paperille, jolla on pohjoismainen ympäristömerkki
Vammalan Kirjapaino Oy
Vammala 2005

Alkusanat

Ilmanlaatua on seurattu 1970-luvulta lähtien Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella käyttämällä puiden neulasia sekä runkojäkälien esiintymistä ja kuntoa indikaattoreina. Seurantoja on tehty vaihtelevilla osa-alueilla ja niiden painotukset ovat olleet erilaisia, joten tulosten vertaileminen ei ole ollut helppoa.

Uudenmaan ympäristökeskuksen asettama työryhmä laati vuosituhannen vaihteessa koko alueelle uuden, yhteisen ja yhtenäisen ilmanlaadun bioindikaattoriseurannan ohjelman. Sen perusteella toteutettiin ensimmäinen seurantakierros vuosina 2000-2001. Se tehtiin alueen kuntien, YTV:n, Metsäntutkimuslaitoksen ja Uudenmaan ympäristökeskuksen yhteishankkeena. Mukaan saatiin 25 kuntaa. Myös alueen teollisuus ja maakunnan liitot osallistuivat kustannuksiin.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001) määrittelee puitteet alueelliselle ilmanlaadun seurannalle. Uudenmaan ympäristökeskus asetti 21.5.2002 työryhmän, joka laati ohjelman alueellisen seurannan järjestämisestä asetuksessa edellytetyllä tavalla. Ohjelma käsittää sekä mittaus- että bioindikaattoriosan. Ohjelman mukainen seuranta käynnistyi koko laajuudessaan vuoden 2004 alussa. Bioindikaattoriosa on suoraa jatkoa edellä mainitulle, vuonna 2000 aloitetulle työlle.

Bioindikaattoriseurantaa ja koko alueellista ilmanlaadun seurantaa ohjaa Uudenmaan ympäristökeskuksen kutsuma yhteistyöryhmä, jossa on edustajat kunnista, YTV:stä ja Uudenmaan ympäristökeskuksesta. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan liitot ovat lisäksi nimenneet yhdyshenkilönsä ryhmään.

Bioindikaattoriseurannan toinen yhteinen seurantakierros tehtiin vuosina 2004–2005. Siinä ovat mukana kaikki alueemme 34 kuntaa, YTV sekä Uudenmaan ympäristökeskus. Teollisuus maksaa lisäksi osan kustannuksista. Käytännön toteuttaja on Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Metsäntutkimuslaitos tallettaa neulasnäytteet sekä primääridatan. Työn tulokset esitetään tässä raportissa. Seuraava seurantakierros on tarkoitus toteuttaa vuosina 2009–2010.

Uudenmaan ympäristökeskus kiittää kaikkia, jotka ovat edesauttaneet hankkeen toteutumista.

Ympäristökeskuksen johtaja
Leena Saviranta

Sisällys

Alkusanat *3*

1 Johdanto *7*

2 Tutkimusalueen ilmanlaatu *9*
2.1. Ilman epäpuhtauksien päästöt **9**
2.2. Ilmanlaatu Uudellamaalla **12**
2.2.1. Ilmanlaatu Uudenmaan tausta-alueilla **12**
2.2.2. Paikalliset ilmanlaadun mittaukset **17**

3 Aineisto ja menetelmät *18*
3.1. Tutkimusalue ja havaintoalat **18**
3.2. Tutkimuksen menetelmät **22**
3.2.1. Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta **22**
3.2.2. Uusien havaintoalojen perustaminen ja metsikköhavainnot **22**
3.2.3. Mäntyjen epifyyttijäkälien kartoittaminen **22**
3.2.4. Neulasnäytteiden ottaminen ja analysointi **24**
3.2.5. Käytetyt menetelmät ilmanlaadun kuvaajina **25**
3.2.6. Menetelmien virhelähteet ja luotettavuus **31**

4 Tulokset *34*
4.1. Seurantatutkimus 2004–2005 ..... **34**
4.1.1. Mäntyjen runkojäkälät **34**
4.1.2. Mäntyjen tuhot, taudit ja neulasten värimuutokset **42**
4.1.3. Neulasten alkuainepitoisuudet **42**
4.1.4. Neulasten typen ja rikin pysyvät isotoopit **50**
4.2. Seurantatutkimusten 2000–2001 ja 2004–2005 tulosten vertailu **55**
4.2.1. Mäntyjen runkojäkälät **56**
4.2.2. Neulasten alkuainepitoisuudet **59**

5 Tulosten tarkastelu *62*
5.1. Taustamuuttujien tarkastelu **62**
5.2. Neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien välinen riippuvuus **65**
5.3. Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin **69**
5.3.1. Mäntyjen runkojäkälät **69**
5.3.2. Männyn neulasten rikki- ja typpipitoisuudet **71**

6 Johtopäätökset 72

7 Yhteenveto 74

8 Sammandrag 77

Kirjallisuus 80

Liitteet 85

Kuvailulehdet 185

Johdanto

Ilman epäpuhtauksien vaikutuksia Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien metsissä on tutkittu 1970-luvulta alkaen useissa erillisissä tutkimuksissa. Porvoon seudulla näitä tutkimuksia tehtiin erityisesti Satu Huttusen johdolla Oulun yliopiston toimesta (Huttunen 1988). 1980-luvun lopulla Porvoon seudun bioindikaattoriseuranta laajeni kattamaan koko Itä-Uudenmaan alueen, minkä jälkeen vastaava seurantatutkimus on toteutettu viiden vuoden välein (Manninen ym. 1990; Pihlström ja Myllyvirta 1995; Pihlström ja Myllyvirta 2001).

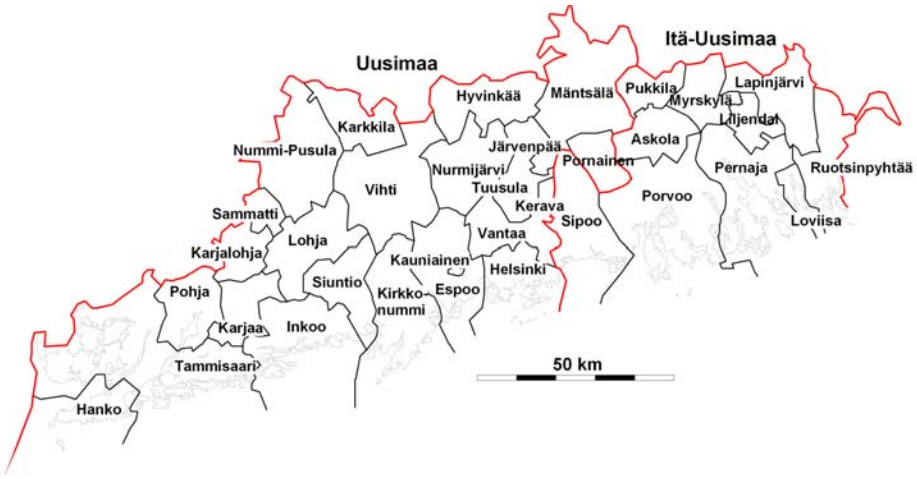
Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta aloitettiin pääkaupunkiseudulla pysyvillä, mahdollisimman luonnontilaisilla näytealoilla vuonna 1988 (Ruuhijärvi ym. 1988). Vuosina 1988–1993 bioindikaattoriseuranta toteutettiin vuosittain, minkä jälkeen seurantaa harvennettiin ja sisältöä supistettiin (Pihlström ym. 1994; Niskanen 1995; Niskanen ym. 1996; Niskanen ja Ellonen 1998). Länsi-Uudellamaalla ensimmäiset laajat bioindikaattoritutkimukset tehtiin kuntien ilmansuojelun perusselvitysten yhteydessä vuonna 1985, minkä jälkeen laajoja bioindikaattoritutkimuksia toteutettiin vuosina 1991, 1995 ja 1998 (Holmberg ja Pihlström 1992; Niskanen 1995; Niskanen ja Ellonen 1998).

Vuonna 1998 Uudenmaan ympäristökeskus asetti työryhmän laatimaan kattavan ilmanlaadun bioindikaattoriseurantaohjelman koko Uudellemaalle. Ohjelman laatimisen tavoitteena oli tulosten vertailukelpoisuuden, raporttien tason ja seurannan laadun varmennuksen parantaminen sekä erillisten paikallisten ja valtakunnallisten seurantojen yhteensovittaminen (Airola ja Soininen 2000). Bioindikaattoritutkimus toteutettiin vuosina 2000–2001 uuden seurantaohjelman mukaisesti Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan metsissä (Niskanen ym. 2001). Tällöin tutkimuksessa olivat mukana Mäntsälää ja Pornaista lukuun ottamatta Uudenmaan maakunnan kaikki kunnat sekä Itä-Uudenmaan maakunnasta Porvoo, Loviisa ja Ruotsinpyhtää.

Tässä raportissa on esitetty Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella (kuva 1) toteutetun ilmanlaadun bioindikaattoriseurannan tulokset vuosilta 2004–2005. Työ on tehty pääosin edellisessä kappaleessa mainitun ohjelman mukaisesti. Bioindikaattoriseurannan tilaajina ovat alueen kunnat, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV) ja Uudenmaan ympäristökeskus.

Lisäksi tutkimusta ovat rahoittaneet seuraavat laitokset:

- Ashland Finland Oy, Porvoo
- Borealis Polymers Oy, Porvoo
- Componenta Karkkila Oy
- Dynea Chemicals Oy, Porvoo
- E.ON Finland Oyj, Espoo
- Forcit Oy, Hanko
- Fortum Oil and Gas Oy, Porvoon jalostamo
- Fundia Wire Oy, Hanko
- Genencor International Oy, Hanko
- Helsingin Energia
- IDO Kylpyhuone Oy, Tammisaari
- Orion-yhtymä Oyj Fermion, Hanko
- Oy Visko Ab, Hanko
- Porvoon Energia
- Printal Oy, Hanko
- StyroChem Finland Oy, Porvoo
- Vantaan Energia Oy



Kuva 1. Tutkimukseen osallistuneet kunnat.

Bild 1. Kommuner som deltagit i undersökningen.

Seurannan on tehnyt Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Maastotöihin ovat osallistuneet seuraavat henkilöt: tutkijat Anu Haahla ja Katja Polojärvi, tutkimusteknikot Tuomo Ellonen ja Markku Repo sekä tutkimusharjoittelijat Jenni Hiekkavirta, Juha Luostarinen, Terhi Lylyjärvi ja Juho Pohjola. Biologiset näytteet on käsitelty ja analysoitu Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen laboratoriossa. Tutkijat Katja Polojärvi, Ilkka Niskanen ja Anu Haahla ovat laatineet raportin.

Seurannassa tehdyillä havainnoilla ja neulasten kemiallisilla määrityksillä on selvitetty ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan männiköissä. Taajamiin ja niiden läheisyyteen sijoitetuilla havaintopaikoilla on selvitetty paikallisten päästöjen aiheuttamia muutoksia ja niiden vertailukohteina on käytetty tasaisesti maakuntien alueelle sijoitettuja havaintopaikkoja. Seurannassa on käytetty uutena menetelmänä pysyvien isotooppien tutkimusta, jossa neulasnäytteiden rikin ja typen isotooppisuhteiden perusteella tarkastellaan eri päästölähteistä peräisin olevan rikin ja typen esiintymistä tutkimusalueella.

Bioindikaattoriseurannan tarkoituksena on saada vastauksia mm. kysymyksiin

- Mikä on mäntyjen rungoilla kasvavien jäkälien kunto verrattuna muihin vastaaviin alueisiin, koko maan tuloksiin ja puhtaisiin tausta-alueisiin?
- Mikä on syynä mahdolliseen huonoon kuntoon? Ilman epäpuhtaudet?
- Onko mäntyjen runkojäkälien kunto huononeva, paraneva vai vakaa?
- Näkyykö päästöjen ja ilman laadun muutos männyissä ja niiden runkojäkälissä?

Seurannasta saadut tulokset on raportoitu tämän raportin ohella myös verkkoversiona. Seurannan primääridata löytyy verkkoversiosta taulukoituna ja on tulostettavissa ympäristöhallinnon verkkosivuilta:

www.ymparisto.fi > Uusimaa > Palvelut, tuotteet ja lomakkeet > Julkaisut

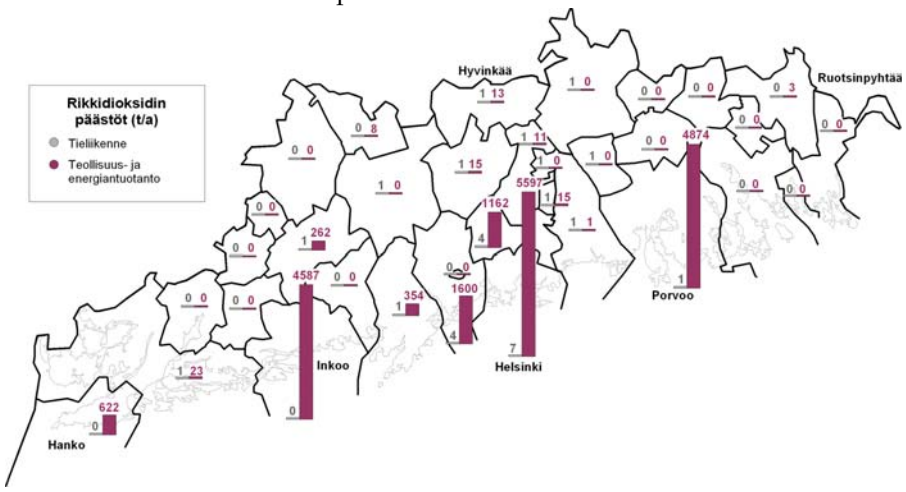
Tutkimusalueen ilmanlaatu

2

2.1. Ilman epäpuhtauksien päästöt

Ilman epäpuhtauksien päästöt ovat Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla selvästi pienentyneet 1980-luvun lopun tilanteeseen verrattuna. Tutkimusalueen päästöjen pienentymiseen on vaikuttanut erityisesti merkittävimpien päästölähteiden, Kilpilahden teollisuusalueen ja pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten, päästöjen pienentyminen. Kymmenessä vuodessa pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten tuotanto on kasvanut 40 %. Pitkällä aikavälillä energiantuotantolaitosten rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästömäärät ovat kuitenkin laskeneet rikinpoistolaitosten käytön sekä polttoaine- ja polttoteknisten muutosten ansiosta. Tuotannon kasvu ja polttoainevalinnat kuitenkin nostivat energiantuotannon päästömääriä vuonna 2003 (Myllynen ym. 2004).

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2003 lähes kokonaan peräisin teollisuus- ja energiantuotantolaitoksista. Merkittävimpiä päästökeskittymiä olivat pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitokset, Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa ja Fortum Power and Heat Oy:n voimalaitos Inkoossa (kuva 2).

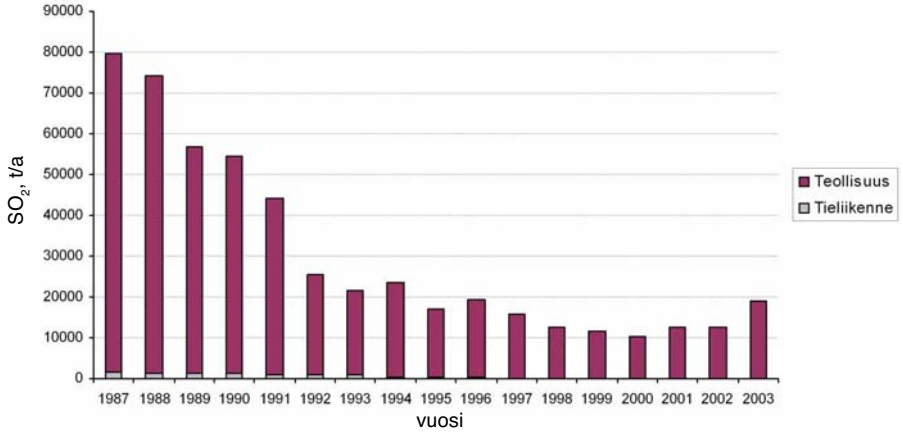


Kuva 2. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen rikkidioksidipäästöt vuonna 2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 2. Svaveldioxidutsläpp från industri och energiproduktion samt vägtrafik år 2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

Kasvillisuudelle haitallisen rikkidioksidin päästöt olivat Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuonna 2003 noin neljänneksen vuoden 1987 päästömäärästä. Vuosituhannen vaihteessa rikkidioksidin päästömäärä oli tätäkin pienempi (kuva 3). Päästömäärän kasvu vuonna 2003 johtui erityisesti pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Inkoon voimalaitoksen tuotannon kasvusta. Energiantuotannon määrää ovat lisänneet kylmät talvet

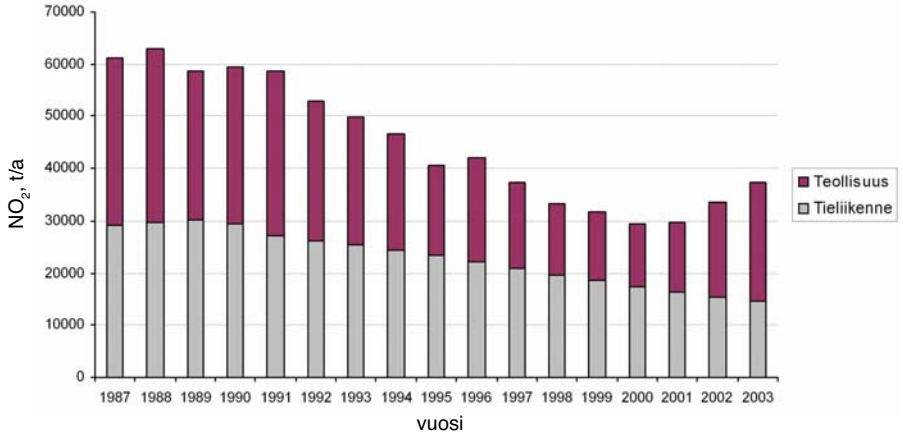
ja vesivoiman niukkuus. Lähes koko 1990-luvun kestäneen hiljaisen kauden jälkeen Inkoon voimalaitoksen käytökapasiteetti on lisääntynyt vuodesta 1998 lähtien (Fortum 2004).



Kuva 3. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen rikkidioksidipäästöt Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 1987–2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 3. Svaveldioxidutsläpp från industri och energiproduktion samt vägtrafik i Nyland och Östra Nyland under åren 1987–2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

Typen oksidien päästömäärät ovat tutkimusalueella pienentyneet 1990-luvun alusta lähtien. 2000-luvulla päästömäärät ovat kääntyneet lievään nousuun. Vuonna 2003 typen oksidien päästömäärä oli noin 60 % vuoden 1987 päästömäärästä (kuva 4).

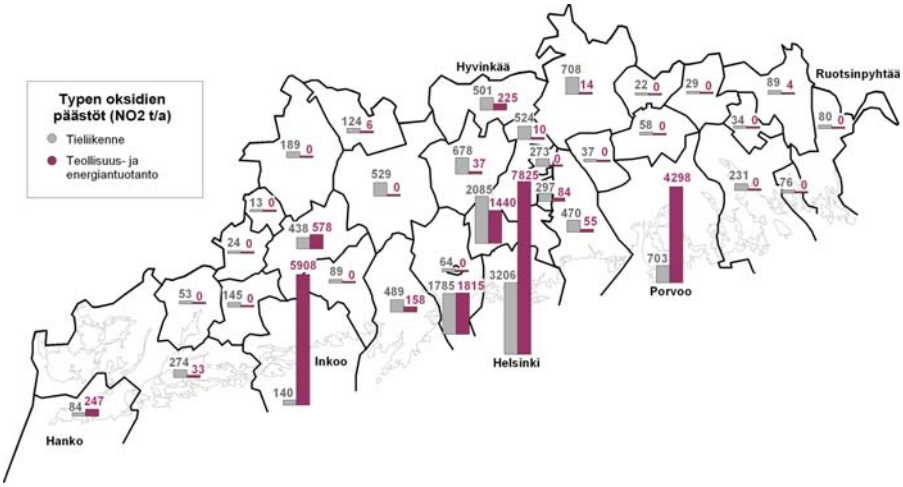


Kuva 4. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen typen oksidien päästöt Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 1987–2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 4. Utsläpp av kväveoxider inom industri och energiproduktion samt vägtrafik i Nyland och Östra Nyland under åren 1987–2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

Vuonna 2003 typen oksidien päästöt olivat suuressa osassa tutkimusaluetta pääosin peräisin liikenteestä. Poikkeuksena tästä olivat Helsinki, Espoo, Porvoo, Inkoo, Lohja ja Hanko, joissa teollisuus- ja energiantuotanto muo-

dostivat suurimman osan alueen typen oksidien päästöistä. Päästömääriltään suurimmat kunnat olivat pääkaupunkiseudun kaupungit sekä Porvoo ja Inkoo (kuva 5).

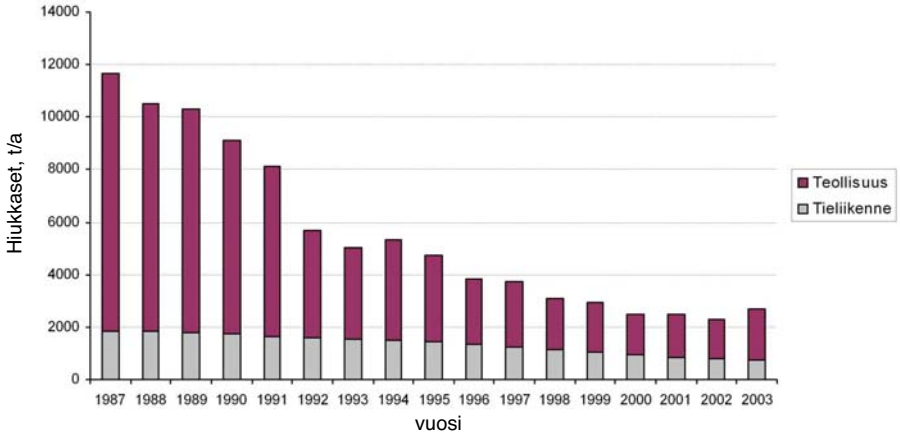


Kuva 5. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen typen oksidien päästöt vuonna 2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 5. Utsläpp av kväveoxider inom industri och energiproduktion samt vägtrafik år 2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

Typen oksidien päästömäärän lievä kasvu 2000-luvulla on johtunut pääasiassa pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Inkoon voimalaitoksen päästömäärien kasvusta. Myös Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa on merkittävä typen oksidien päästölähde, mutta sen päästömäärät eivät ole yhtä merkittävästi muuttuneet 2000-luvun alkuvuosina (Westerholm 2002; 2003; 2004). Liikenteen typen oksidien kokonaispäästöt ovat tutkimusalueella tasaisesti pienentyneet 1990- ja 2000-luvun aikana.

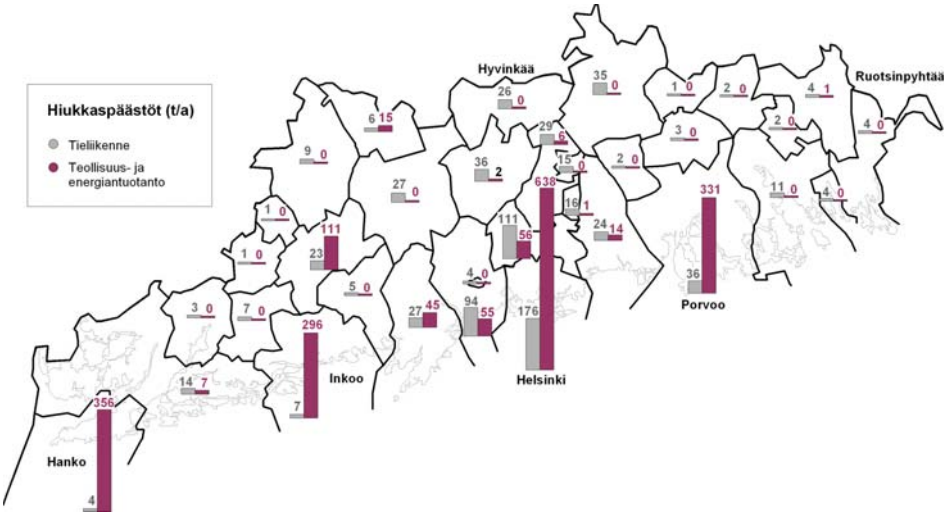
Myös hiukkasten päästömäärät ovat Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla selvästi pienentyneet viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuoden 2003 hiukkaspäästöt olivat noin 23 % vuoden 1987 päästötasosta (kuva 6).



Kuva 6. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen hiukkaspäästöt Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 1987–2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 6. Utsläpp av partiklar inom industri och energiproduktion samt vägtrafik i Nyland och Östra Nyland under åren 1987–2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

Hiukkaspäästöt olivat tutkimusalueella vuonna 2003 peräisin suurelta osin liikenteestä lukuun ottamatta Helsinkiä, Porvoota, Inkoota, Hankoa, Lohjaa ja Karkkilaa, joissa suurin osa hiukkaspäästöistä oli peräisin teollisuus- ja energiantuotannosta. Hiukkaspäästöiltään suurimmat kunnat olivat Helsinki, Porvoo, Inkoo ja Hanko (kuva 7).



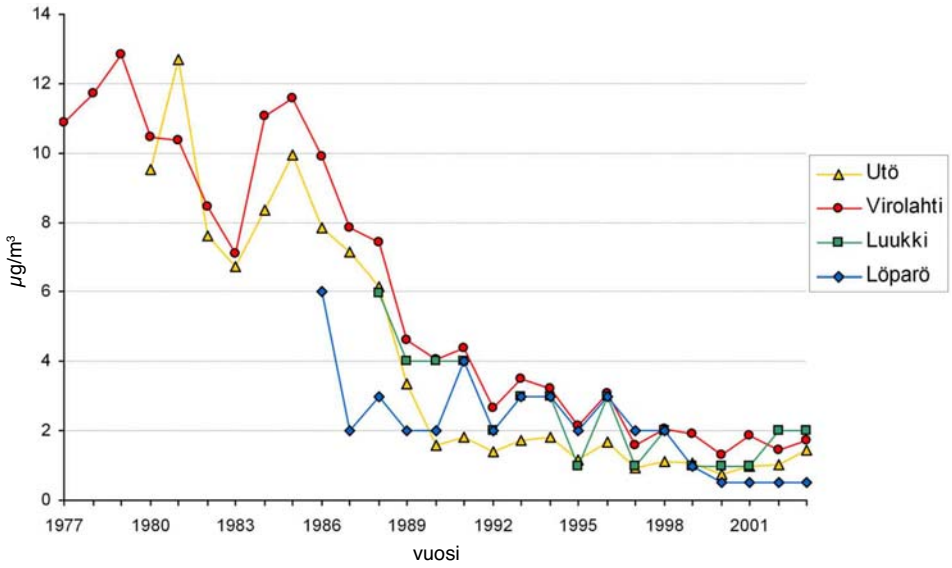
Kuva 7. Teollisuuden ja energiantuotannon sekä tieliikenteen hiukkaspäästöt vuonna 2003. Päästötiedot lähteistä: Uudenmaan ympäristökeskus 2004 ja Mäkelä ym. 2004.

Bild 7. Utsläpp av partiklar inom industri och energiproduktion samt vägtrafik år 2003. Källor för uppgifter om utsläpp: Nylands miljöcentral 2004 och Mäkelä m.fl. 2004.

2.2. Ilmanlaatu Uudellamaalla

2.2.1. Ilmanlaatu Uudenmaan tausta-alueilla

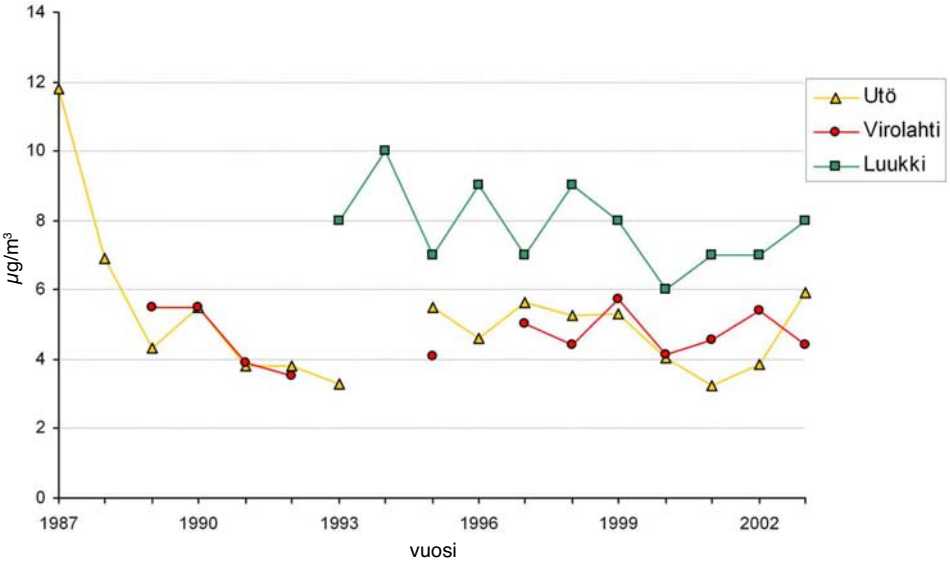
Lähes kaikkien merkittävimpien ilman epäpuhtauksien pitoisuudet Suomen tausta-alueilla ovat pienentyneet 1980-luvun alun tilanteesta. Pitkäaikaisissa mittauksissa näkyy erityisen selvästi rikin yhdisteiden pitoisuuksien ja laskeuman pienentyminen viimeisten vuosikymmenten aikana. Ilmatieteen laitoksen Utön ja Virolahden mittausasemilla ilman rikkidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat pienentyneet 1970-luvun lopun 10–13 $\mu g/m^3$ tasolta 2 $\mu g/m^3$ tasolle. Saman suuntaisia havaintoja on tehty myös muilta Suomessa sijaitsevilta taustamittausasemilta. Suomen tausta-alueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisellään Euroopan alhaisimpia ja lähellä mittausmenetelmien määritysrajoja (Kulmala et al. 1998). Luukissa Espoossa sijaitsevalla pääkaupunkiseudun tausta-asemalla rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin Utön ja Virolahden valtakunnallisilla tausta-asemilla (kuva 8).



Kuva 8. Rikkidioksidin (µg/m³) vuosikeskiarvot Utön, Virolahden, Espoon Luukin ja Porvoon Löparön mittausasemilla vuosina 1977–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen ym. 2004, Westerholm 2004. Luukin mittausasema (pääkaupunkiseudun ilmanlaadun tarkkailu) ja Löparön mittausasema (Kilpilahden ilmanlaadun tarkkailu) ovat alueellisia tausta-asemia.

Bild 8. Årsmedelvärden för svaveldioxid (µg/m³) på Utö, Vederlax, Luk i Esbo och Löparö i Borgå mätstationer åren 1977–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen m.fl. 2004, Westerholm 2004. Luks mätstation (kontroll av luftkvaliteten i huvudstadsregionen) och Löparö mätstation (kontroll av luftkvaliteten i Sköldvik) representerar de stationer för mätning av bakgrundshalter som finns på forskningsområdet.

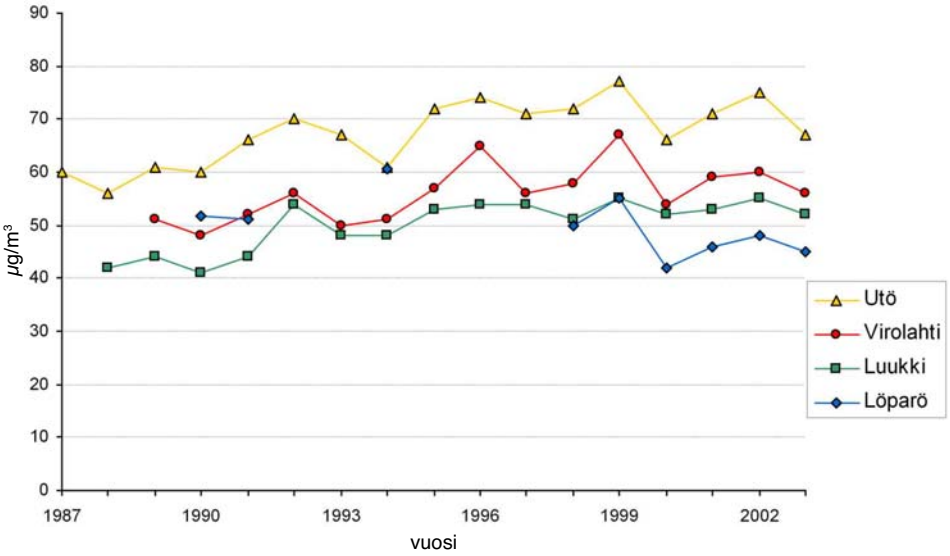
Ilmatieteen laitoksen kaasumaisen typpidioksidin pitoisuuksien aikasarjat ovat katkonaisia mittauksissa esiintyneiden vaikeuksien vuoksi. Typpidioksidipitoisuudet eivät ole selvästi pienentyneet, vaikka typenoksidien päästömäärät ovatkin merkittävästi pienentyneet 1980-luvun lopun tilanteeseen verrattuna. Typpidioksidipitoisuuksien pienentymistä on hidastanut mm. ilman otsonipitoisuuden kasvu, joka vaikuttaa typpimonoksidin muuntumiseen typpidioksidiksi (Laurila et al. 2003). Luukin tausta-aseman typpidioksidin pitoisuudet ovat olleet lievästi korkeammat kuin Utössä ja Virolahdella (kuva 9).



Kuva 9. Typpidioksidin (µg/m³) vuosikeskiarvot Utön, Virolahden ja Luukin mittausasemilla vuosina 1987–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen ym. 2004.

Bild 9. Årsmedelvärden för kvävedioxid (µg/m³) på Utö, Vederlax och Luk stationer för bakgrundshalter åren 1987–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen m.fl. 2004.

Otsonin vuosikeskiarvot ovat vaihdelleet Utössä välillä 56–77 µg/m³ ja Virolahdella välillä 48–67 µg/m³. Luukin tausta-asemalla otsonipitoisuudet ovat olleet tätä pienempiä vaihdellen välillä 41–55 µg/m³. Kaikilla mittauspaikoilla otsonipitoisuuksissa on ollut nähtävissä kasvava trendi pitkällä aikavälillä (kuva 10).



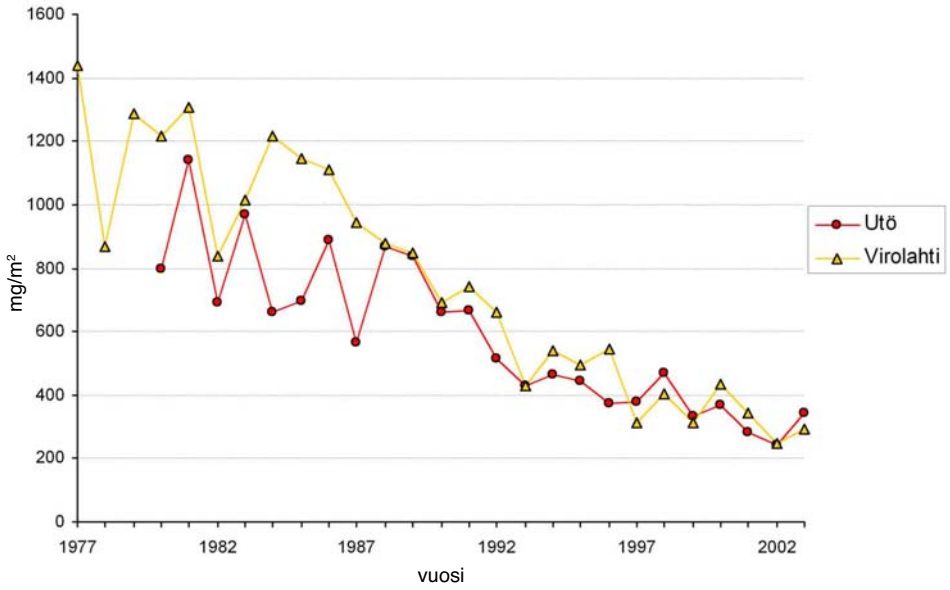
Kuva 10. Otsonin (µg/m³) vuosikeskiarvot Utön, Virolahden, Espoon Luukin ja Porvoon Löparön mittausasemilla vuosina 1987–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen ym. 2004, Westerholm 2004. Luukin mittausasema (pääkaupunkiseudun ilmanlaadun tarkkailu) ja Löparön mittausasema (Kilpilahden ilmanlaadun tarkkailu) ovat alueellisia tausta-asemia.

Bild 10. Årsmedelvärden för ozon (µg/m³) på Utö, Vederlax, Luk i Esbo och Löparö i Borgå mätstationer åren 1987–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004, Myllynen m.fl. 2004, Westerholm 2004. Luks mätstation (kontroll av luftkvaliteten i huvudstadsregionen) och Löparö mätstation (kontroll av luftkvaliteten i Sköldvik) representerar de stationer för mätning av bakgrundshalter som finns på forskningsområdet.

Ilmatieteen laitoksen Utön ja Virolahden asemilta mitatut otsonipitoisuudet ovat kasvaneet asteittain seurantajakson ajan. Otsonipitoisuudet ovat Suomessa kohonneet yleisesti tällä ajanjaksolla sekä kaupunki- että taustaasemilla. Otsonipitoisuudet ovat usein maaseudun tausta-asemilla suuremmat kuin lähellä päästölähteitä. Runsaasti epäpuhtauksia sisältävässä ilmassa jo muodostunutta otsonia häviää ja sen pitoisuudet alenevat. Myös Euroopan laajuisesti otsonin korkeimmat vuosikeskiarvopitoisuudet esiintyvät harvaanasutuilla seuduilla (Anttila ym. 2003).

EU:n direktiivissä määritelty terveyshaittojen ehkäisemiseksi asetettu tavoitearvo 120 $\mu g/m^3$ (kahdeksan tunnin keskiarvo) ja kasvillisuuden suojelussa käytettävä AOT40-indeksi, jonka tavoitearvo on 18 000 $\mu g/m^3h$ (viiden vuoden keskiarvo), ylittävät vuosittain niille asetetut pitkän ajan tavoitearvot lähes kaikilla ilmatieteen laitoksen tausta-asemilla (Ilmatieteen laitos 2004). Kasvillisuuden suojelemiseksi annetun kynnysarvon ylitykset ovat olleet yleisiä myös Luukissa.

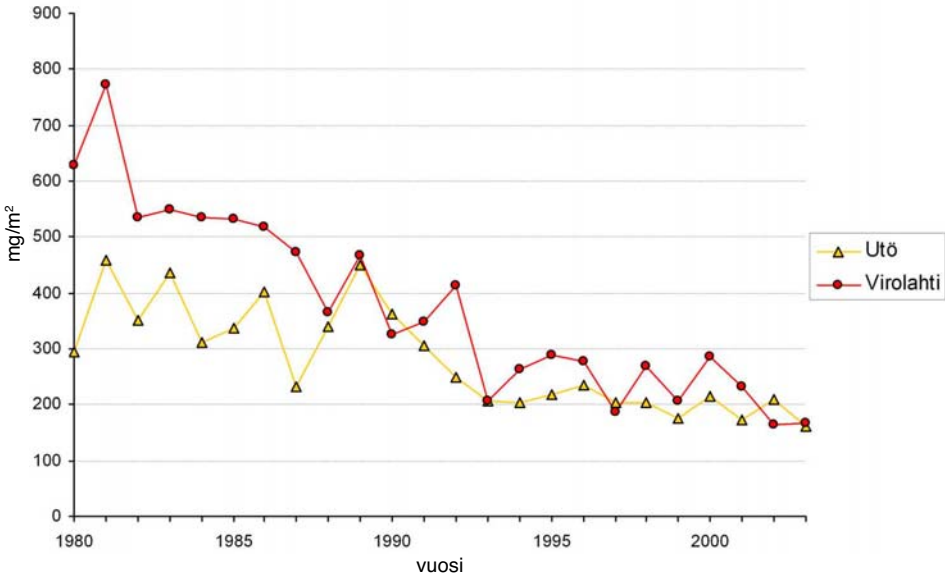
Happamoittavan laskeuman pienentymisen seurauksena sulfaattirikin laskeuma on pienentynyt noin kolmannekseen 1980-luvun tasosta. Vuonna 2003 rikkilaskeumat olivat Utössä noin 0,35 g/m^2 ja Virolahdella noin 0,29 g/m^2 (kuva 11).



Kuva 11. Sulfaattirikin (SO_4^{-2} -S) vuosilaskeumat Utön ja Virolahden mittausasemilla vuosina 1977–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.

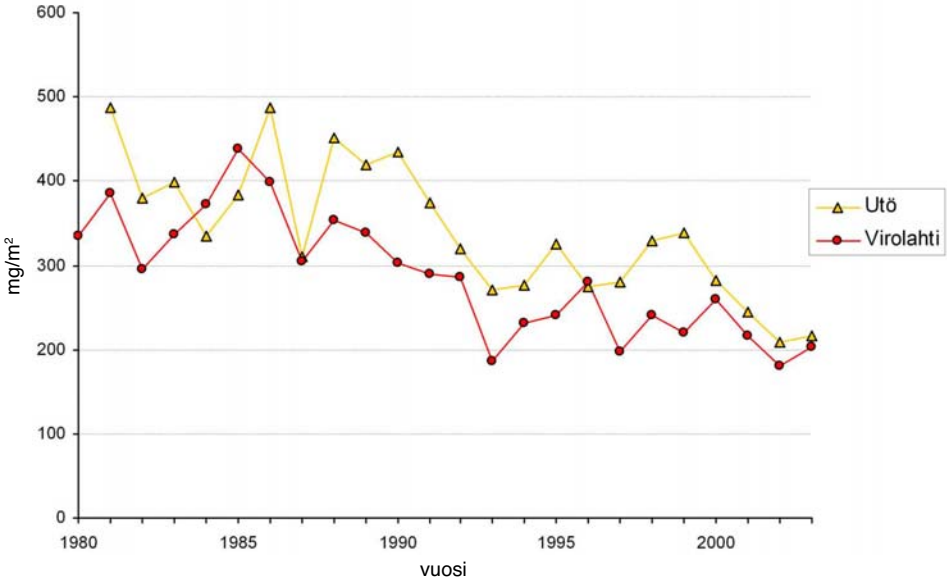
Bild 11. Årligt nedfall av sulfatsvavel (SO_4^{-2} -S) på Utö och Vederlax mätstationer åren 1977–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.

Myös typen yhdisteiden (ammoniumtyppi NH_4^+-N ja nitraattityppi NO_3-N) laskeuma on pienentynyt seurantajakson aikana Utön ja Virolahden mittausasemilla. Näiden yhdisteiden aiheuttama typen vuosilaskeuma oli vuonna 2003 noin 0,2 g/m² (kuvat 12 ja 13).



Kuva 12. Ammoniumtypen (NH_4^+) vuosilaskeumat Utön ja Virolahden mittausasemilla vuosina 1980–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.

Bild 12. Årligt nedfall av ammoniumkväve (NH_4^+) på Utö och Vederlax mätstationer åren 1980–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.



Kuva 13. Nitraattitypen (NO_3^--N) vuosilaskeumat Utön ja Virolahden mittausasemilla vuosina 1980–2003. Kuvan tiedot lähteistä: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.

Bild 13. Årligt nedfall av nitratkväve (NO_3^--N) på Utö och Vederlax mätstationer åren 1980–2003. Källor för uppgifterna på bilden: Kulmala et al. 1998, Leinonen 1999, Leinonen 2000, Leinonen 2001, Salmi 2004.

2.2.2. Paikalliset ilmanlaadun mittaukset

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla varsinaisia valtioneuvoston asetuksen mukaisia ilmanlaadun mittauksia taajamassa on tehty pääkaupunkiseudun lisäksi vain Lohjalla. Lisäksi teollisuuden ylläpitämiä mittauksia on tehty Kilpilahden teollisuusalueen ympäristössä Porvoossa, Inkoon voimalaitoksen ympäristössä, Hangon Koverharin terästehtaan ympäristössä sekä Sipoon ja Lohjan kalkkitehtaiden ympäristössä (Koskentalo ja Airola 2003). Mittausasemat sijaitsevat kuormitetuimmilla alueilla lukuun ottamatta Luukin ja Löparön asemia, jotka edustavat alueellista taustaa. Ilmanlaadun mittausten täydentämiseksi Uudellemaalle on perustettu uusi mittausasema, jolla mitataan hengitettävien hiukkasten ja typen oksidien pitoisuuksia vuoden jaksoissa suurimmissa kaupungeissa Porvoossa, Hyvinkäällä, Järvenpäässä ja Keravalla (Myllynen ym. 2004).

Pääkaupunkiseudulla ilmanlaatu on yleensä melko hyvä, mutta epäsuotuisissa säätilanteissa typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet saattavat ajoittain kohota haitallisen korkeiksi. Rikkidioksidipäästöt ovat pienentyneet huomattavasti viimeisten vuosikymmenten aikana, joten ilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin varsin alhaisia eivätkä ne enää aiheuta ilmanlaatuongelmia pääkaupunkiseudulla. Otsonipitoisuudet ovat ajoittain keväisin ja kesäisin korkeita erityisesti taajamien ulkopuolella (Myllynen ym. 2004). Pääkaupunkiseudun taustamittausasemalla Luukissa ilmanlaatu ei juurikaan poikkea Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemien ilmanlaadusta. Rikkidioksidipitoisuudet ovat taustatasoa, typpidioksidipitoisuudet lievästi korkeampia ja otsonipitoisuudet taustatasoa pienempiä (kuva 8, 9 ja 10).

Porvoon seudulla ilmanlaatuun ovat vaikuttaneet erityisesti Kilpilahden teollisuusalueen päästöt, jotka ovat pienentyneet merkittävästi 1980- ja 1990-luvuilla. Vuonna 2003 rikkidioksidipitoisuudet vastasivat Kilpilahden läheisillä Löparön ja Mustijoen mittausasemilla Etelä-Suomen puhtaita alueita. Teollisuusalueen suojavyöhykkeellä sijaitsevalla Riemarin mittausasemalla rikkidioksidipitoisuudet olivat selvästi suuremmat. Vuonna 2003 Riemarin mittausaseman rikkidioksidin vuosikeskiarvo (11 $\mu g/m^3$) oli noin 10–15 -kertainen Etelä-Suomen taustatasoon verrattuna (Westerholm 2004). Typpidioksidin vuosikeskiarvot Mustijoen mittausasemalla ovat vaihdelleet vuosina 1991–2003 välillä 7,2–11,0 $\mu g\ NO_2/m^3$ eli pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin Luukissa. Porvoon tuotantolaitosten lähialueella Löparössä mitatut otsonipitoisuudet ovat olleet 2000-luvulla vähän Luukin ja Suomenlahden rannikon tausta-asemien tasoa pienempiä (kuva 10).

Lohjan ilmanlaatua on seurattu mittauksin vuodesta 1988 lähtien. Rikkidioksidin mittaaminen lopetettiin Lohjan alueella vuonna 2000 aikaisempina vuosina mitattujen matalien pitoisuuksien vuoksi (Nummela ja Kumpulainen 2003). Vuonna 2003 Lohjan keskustassa sijaitsevalla mittausasemalla typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli 13 $\mu g\ NO_2/m^3$ (Saari ym. 2004), mikä on noin 40–50 % Helsingin Vallilan ja Töölön liikenneympäristöissä mitatuista typpidioksidin vuosikeskiarvoista.

3 Aineisto ja menetelmät

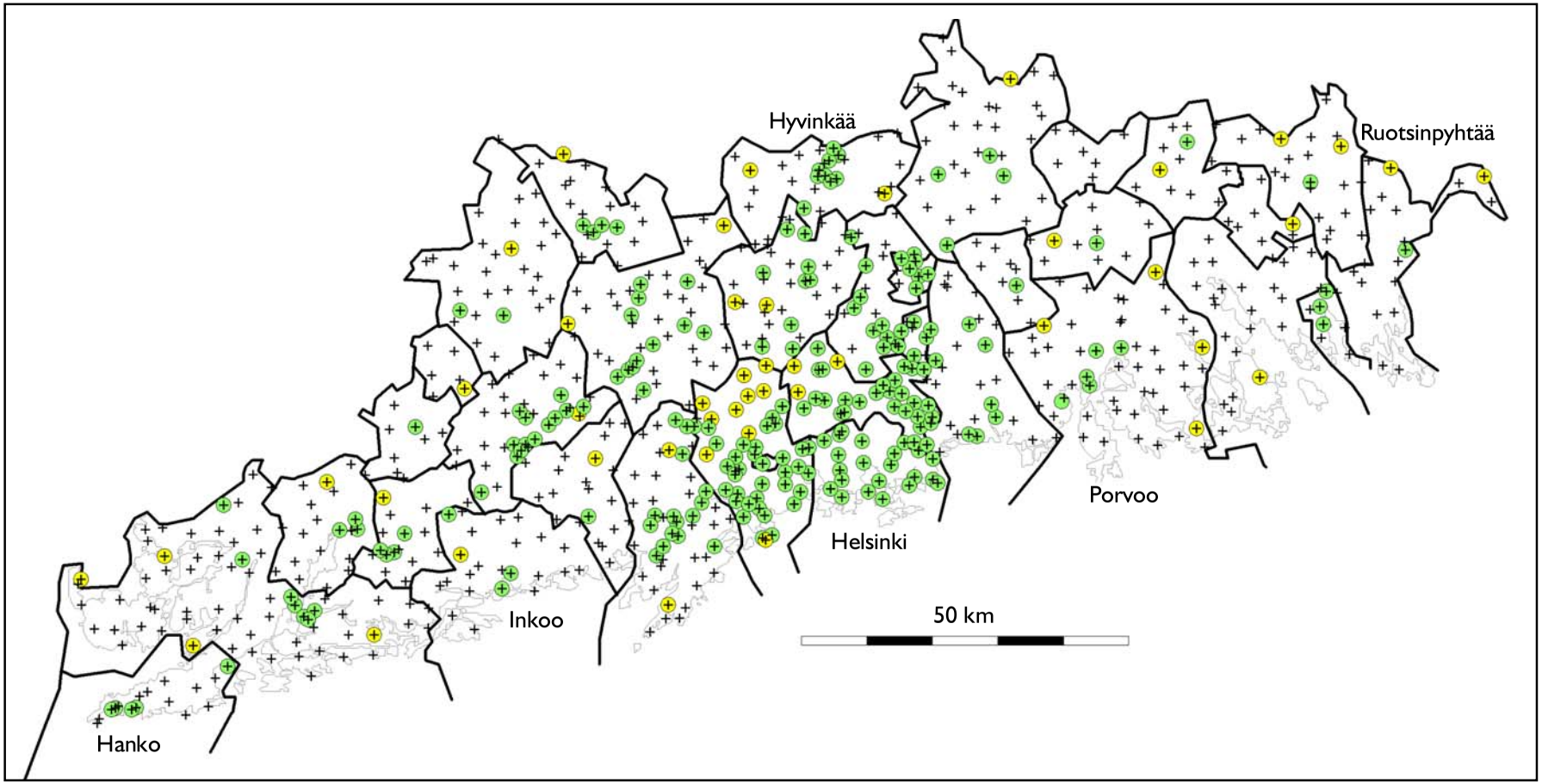
3.1. Tutkimusalue ja havaintoalat

Tutkimusalueena on Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakunnat, jotka muodostuvat 34 kunnasta. Edellisen kerran vuosina 2000–2001 toteutetussa bioindikaattoritutkimuksessa oli mukana 25 kuntaa. Näin ollen yhdeksän kuntaa oli nyt mukana tutkimuksessa ensimmäistä kertaa. Kesän 2004 aikana tehtiin mäntyjen jäkäläkartoitus ja puustoa koskevat havainnot yhteensä 776 havaintoalalla. Lisäksi kevättalvella 2005 kerättiin mäntyjen neulasnäytteet 221 havaintoalalta, jotka sijaitsevat taajamissa. Taajama-aloiksi luokiteltiin seurantaohjelman taajamatason havaintoalat sekä alle kahden kilometrin etäisyydellä valtateistä sijaitsevat näytealat. Lisäksi taajama-aloina tarkasteltiin pääkaupunkiseudun taajama-alueiden ulkopuolisia näytealoja, jotka sijaitsevat ilman epäpuhtauksien kuormitusalueella. Vertailuaineiston saamiseksi neulasnäytteitä kerättiin myös 46 taajamien ulkopuoliselta havaintoalalta (kuva 14, taulukko 1).

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olleet kunnat ja havaintoalojen lukumäärät kunnittain (* = tutkimuksessa ensimmäistä kertaa mukana olevat kunnat).

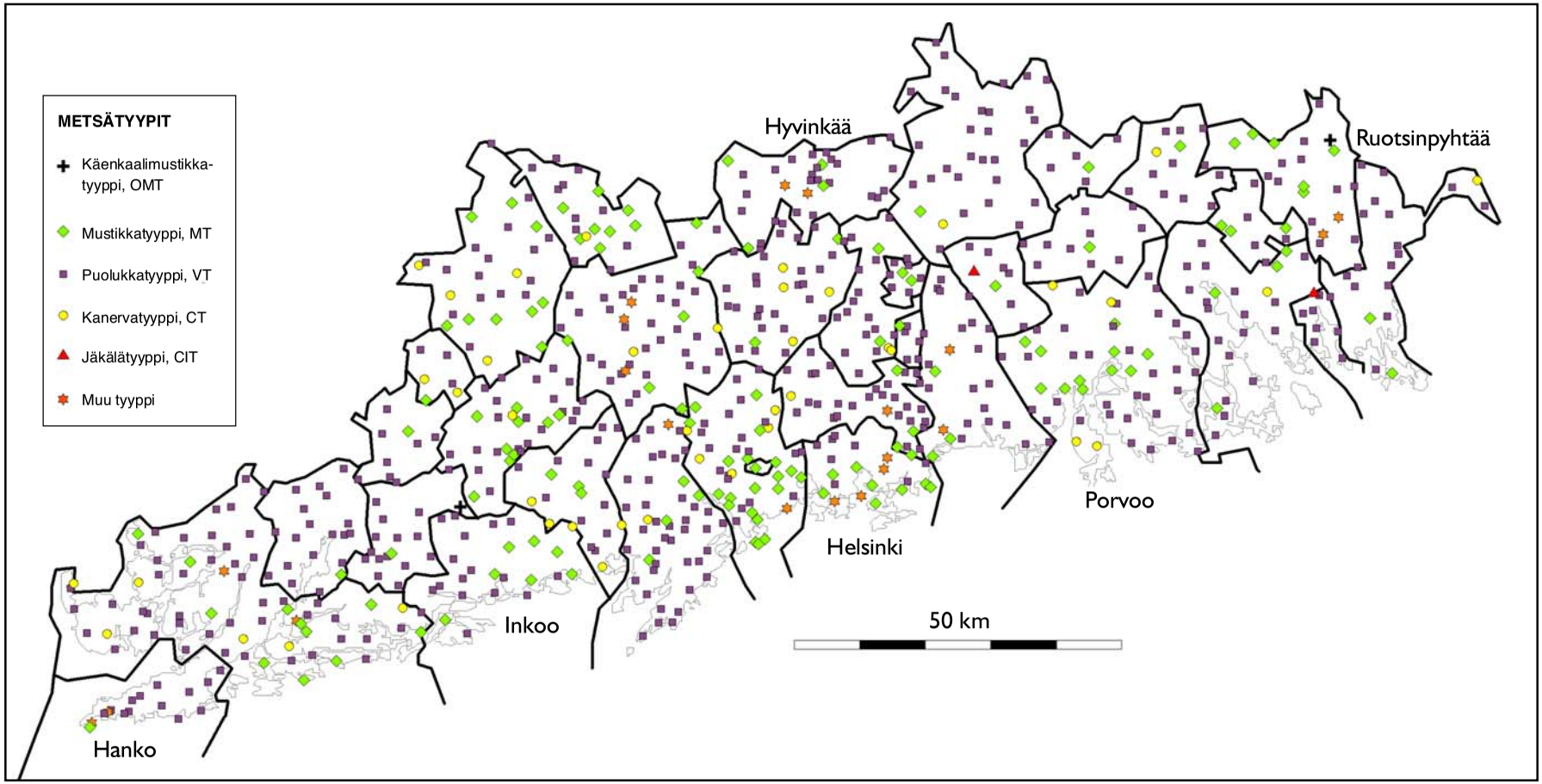
Tabell 1. Kommuner och antalet provytor som varit med i undersökningen kommunvis (* = kommuner som varit med i undersökningen för första gången).

	Havaintoalat	Erilliset alat		Havaintoalat	Erilliset alat
Askola*	11		Myrskylä*	12	
Espoo	42		Mäntsälä*	33	
Hanko	16		Nummi-Pusula	31	
Helsinki	23		Nurmijärvi	32	
Hyvinkää	32		Pernaja*	25	
Inkoo	25		Pohja	19	
Järvenpää	8		Pornainen*	9	
Karjaa	15		Porvoo	49	10
Karjalohja	9		Pukkila*	7	
Karkkila	19	2	Ruotsinpyhtää	18	
Kauniainen	1		Sammatti	5	
Kerava	6		Sipoo*	27	6
Kirkkonummi	47		Siuntio	18	
Lapinjärvi*	22		Tammisaari	67	7
Liljendal*	8		Tuusula	21	
Lohja	35	31	Vantaa	32	
Loviisa	7		Vihti	45	
Kaikki kunnat yhteensä:				776	56



Kuva 14. Tutkimuksen havaintoalojen sijainti. Neulasnäytteet kerättiin taajamista (vihreät ympyrät) ja niiden ulkopuolisilta vertailupisteiltä (keltaiset ympyrät).

Bild 14. Placering av observations- och provytor i undersökningen. Barrproven insamlades från tätorter (gröna cirklar) och utomstående jämförelseområden (gula cirklar).



Kuva 15. Havainto- ja näytealojen metsätyypit.

Bild 15. Skogstyperna i observations- och provtagningsområdena.

Maastotöiden aikana tutkimusalueelle perustettiin 192 uutta havaintoalaa, joista 154 perustettiin uusien kuntien alueelle. Tutkimusalueelle vuonna 2000 perustetuista 622 havaintoalasta 40 jouduttiin hakkuiden ja maankäytön muutosten vuoksi perustamaan uudelleen. Uudet havaintoalat perustettiin tutkimusohjelman (Airola ja Soininen 2000) mukaisesti. Havaintoalojen sijoittamiseksi tutkimusalue jaettiin 4 x 4 km hilaruudukkoon, johon kuhunkin ruutuun perustettiin yksi havaintoala. Taajama-alueella hilaruudun koko oli 2 x 2 km.

Etelä-Suomen metsäkasvillisuusvyöhykkeen metsätyyppejä ovat lehtomaisten kankaiden käenkaali-mustikkatyyppi OMT (*Oxalis, myrtillus*), tuoreiden kankaiden mustikkatyyppi MT (*myrtillus*), kuivahkojen kankaiden puolukkatyyppi VT (*Vaccinium*), kuivien kankaiden kanervatyyppi CT (*Calluna*) ja karukkokankaiden jäkälätyyppi ClT (*Cladina*). Tutkitut männiköt olivat valtaosaltaan puolukkatyypin kuivahkoa mäntymetsää. Toiseksi yleisimmät mustikkatyypin metsiköt painottuivat taajamien läheisyyteen. Kanervatyypin havaintoalat olivat yleisempiä tutkimusalueen länsi- ja keskiosissa kuin itäosissa (kuva 15). Havaintoalametsiköistä noin puolet arvioitiin kehitysluokaltaan varttuneeksi ja puolet kypsäksi kasvatusmetsiköksi. Lähes kaikilla havaintoaloilla valtapuulajina oli mänty. Kuusi oli valtapuulajina seitsemällä havaintoalalla ja toisena valtapuulajina yli puolessa havaintoaloista. Koivu oli toisena valtapuulajina noin joka kolmannella havaintoalalla. Havaintoalametsiköiden puusto oli suhteellisen harvaa keskimääräisen pohjapinta-alan ollessa 18 m^2/ha. Valtapuuston korkeus oli keskimäärin 18 m ja havaintopuiden keskimääräinen ikä 70–80 vuotta. Seitsemällä havaintoalalla havaintopuut olivat iältään alle 50 vuotta ja yhdellä havaintoalalla yli 130 vuotta. Suurin osa havaintopuista oli keskimääräiseltä halkaisijaltaan 20–30 cm 1,3 metrin korkeudelta mitattuna (taulukko 2).

Taulukko 2. Tutkimuksen havainto- ja näytealametsiköitä ja havainto- ja näytepuita kuvaavia tunnuslukuja.

Tabell 2. Nyckeltal som beskriver skogdungarna för observationer och provytor samt observations- och provträd i undersökningen.

Tunnus		kpl	%
Metsätyyppi	OMT	2	0,3
	MT	140	18,2
	VT	565	73,3
	CT	42	5,4
	ClT	2	0,3
	Muu	20	2,6
Kehitysaste	nuori	4	0,5
	varttunut	376	48,8
	kypsä	391	50,7
1. Valtapuulaji	mänty	769	99,1
	kuusi	7	0,9
2. Valtapuulaji	mänty	7	1,2
	kuusi	403	67,2
	koivu	187	31,2
	haapa	3	0,5
Puuston pohjapinta-ala (m^2/ha)	0–10	29	3,7
	11–20	511	65,9
	21–30	220	28,4
	31–40	16	2,1
Valtapuiden pituus (cm)	0–15	221	28,7
	16–20	374	48,5
	21–25	153	19,8
	26–30	23	3,0
Havaintopuiden keskimääräinen ikä (vuotta)	0–50	7	0,9
	51–70	408	53,4
	71–90	335	43,8
	91–110	13	1,7
	111–130	1	0,1
Havaintopuiden keskimääräinen halkaisija (cm)	< 20	0	0,0
	20–29	406	52,3
	30–35	296	38,1
	36–40	62	8,0
	> 40	12	1,5

3.2. Tutkimuksen menetelmät

3.2.1. Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta

Tutkimuksen maastotyöryhmän muodostivat Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen tutkijat Anu Haahla ja Katja Polojärvi, tutkimusteknikko Tuomo Ellonen sekä tutkimusharjoittelijat Jenni Hiekkavirta, Juha Luostarinen ja Terhi Lylyjärvi. Tutkimuksen jäkäläkartoitukset tehtiin 1.6.–23.7.2004. Neulasnäytteet kerättiin 1.2.–25.2.2005. Neulasnäytteet keräsivät tutkimusteknikot Tuomo Ellonen ja Markku Repo sekä tutkimusharjoittelija Juho Pohjola.

3.2.2. Uusien havaintoalojen perustaminen ja metsikköhavainnot

Havaintoalat perustettiin männiköihin, joista määritettiin tutkimusohjelman mukaisesti metsätyyppi, puuston kehitysluokka ja valtapuulajien pohjapinta-alat (Airola ja Soininen 2000). Valtapuulajien keskimääräisen korkeuden sekä valtapuuston ja havaintopuiden iän määritys perustui silmämääräiseen arviointiin.

Havaintoalan valinnassa pyrittiin ottamaan huomioon erityisesti jäkäläkartoituksen asettamat vaatimukset, jotka rajoittavat paikan valintaa erityisesti puuston tiheyden ja aluspuuston peittävyyden suhteen (SFS 5670). Tämän vuoksi havaintoalat sijaitsivat suhteellisen harvoissa männiköissä, joissa aluspuuston aiheuttama varjostus oli mahdollisimman vähäistä.

Havaintoalan keskellä sijaitseva 1. puu valittiin satunnaisesti. Tämän puun ympäriltä valittiin yhdeksän lähintä puuta, jotka olivat läpimitaltaan vähintään 20 cm ja soveltuivat jäkäläkartoitukseen. Puuta ei hyväksytty havaintopuuksi, jos puun runko oli osittain toisten puiden tai pensaiden peittämä.

Näytealojen sijainnit paikannettiin GPS -laitteistolla. Havaintoalakaavakkeeseen laadittiin uusille havaintoaloille etsintäohje, johon merkittiin olennaiset kiintopisteet havaintoalan löytämiseksi. Puiden sijainnista ja suhteellisesta etäisyydestä 1. havaintopuuhun sekä numeroinnista laadittiin piirros. Havaintoalat merkittiin maastoon maalaamalla 1. havaintopuun tyvelle kaksi valkoista täplää. Loput männyt numeroitiin järjestyksessä 1. männyltä katsottuna pohjoisesta vastapäivään kiertäen ja merkittiin maalamalla tyvelle valkoinen täplä.

3.2.3. Mäntyjen epifyyttijäkälien kartoittaminen

Mäntyjen rungoilta tehtiin havaintoja eri jäkälälajien esiintymisestä ja kunnosta. Rungoilta tutkittiin 12 jäkälälajin esiintymistä pääosin standardin SFS 5670 mukaisella menetelmällä (taulukko 3). Tutkimus tehtiin standardia laajentaen siten, että havainnot jäkälälajien esiintymisestä tehtiin kultakin näytealalta kymmeneltä rungolta 50–200 cm:n korkeudelta. Lisäksi eri jäkälälajien runsautta arvioitiin neljäasteisella luokituksella (taulukko 4). Rungoilta arvioitiin myös sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) kunto standardin mukaisella viisiasteisella luokituksella (kuva 16, taulukko 5). Jäkälien kunto luokiteltiin puolen vaurioluokan tarkkuudella.

Taulukko 3. Tutkitut jäkälälajit ja niiden herkkyydet rikkidioksidille (Kuusinen et al. 1990).

Tabell 3. Undersökta laverter och dessas känslighet för svaveldioxid (Kuusinen et al. 1990).

Herkkyys	Laji	
kestävä,	*Algae + Scoliciosporum,*	leväpeite
hyötyvä	*Hypocenomyce scalaris,*	seinänsuomujäkälä
melko	*Hypogymnia physodes,*	sormipaisukarve
kestävä	*Parmeliopsis ambiqua,*	keltatyvikarve
	Cetraria chlorophylla,	ruskoröyhelö
	Vulpicida pinastri,	keltaröyhelö
melko	*Parmeliopsis hyperopta,*	harmaa tyvikarve
herkkä	*Parmeliopsis aleurites,*	kalpea tyvikarve
	Platismatia glauca,	harmaa röyhelö
	Pseudevernia furfuracea,	hankakarve
	Parmelia sulcata,	raidanisokarve
herkkä	*Bryoria spp.,*	lupot
	Usnea spp.,	naavat

Taulukko 4. Jäkälien runsauden luokittelu. Leväpeite (*Algae + Scoliciosporum*) ja seinänsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*) on luokiteltu peittävyytenä (%), muut lajit sekovarsien lukumäärän perusteella.

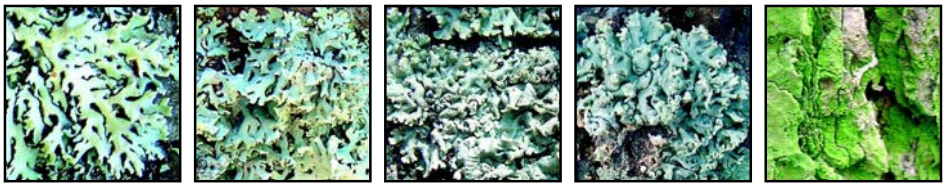
Tabell 4. Klassificering av förekomsten av lavar. Algbetäckning (*Algae + Scoliciosporum*) och flarnlav (*Hypocenomyce scalaris*) har klassificerats som täckning av ytan (%) andra arter enligt antalet bålar.

luokka	sekovarsien määrä	peittävyys
kpl	%	
1	1–2	< 5
2	2–7	5–49
3	> 7	> 50

Taulukko 5. Sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioluokitus (SFS 5670).

Tabell 5. Skadeklassificering (SFS 5670) av blåslav (*Hypogymnia physodes*).

Vaurio	Näkyvät muutokset
I normaali	jäkälät terveitä tai lähes terveitä
II lievä vaurio	lievästi kitukasvuisia, lieviä värimuutoksia
III selvä vaurio	kitukasvuiset vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin
IV paha vaurio	pieniä, ryppyisiä ja vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin
V kuollut tai puuttuu	



Kuva 16. Sormipaisukarpeen (Hypogymnia physodes) vaurioluokitus:
1 = terve, 2 = lievä vaurio, 3 = selvä vaurio, 4 = paha vaurio ja 5 = kuollut tai puuttuu.

Bild 16. Skadeklassificering av blåslav (Hypogymnia physodes):
1 = frisk, 2 = mindre skada, 3 = tydlig skada, 4 = allvarlig skada och 5 = död eller försvunnen.

Lajien esiintymisfrekvenssien ja kuntoluokitusten lisäksi jäkäläkartoituksen aineistosta laskettiin kullekin havaintopaikalle IAP-indeksi (Index of Air Purity, ilman puhtausindeksi), joka kuvaa havaintopaikan jäkäläkasvillisuutta (LeBlanc and DeSloover 1970). Mitä suuremman arvon indeksi saa sitä rikkaampi näytealan jäkälälajisto on ja sitä enemmän sillä esiintyy ilman epäpuhtauksille herkimpiä lajeja. Indeksi ottaa huomioon eri jäkälälajien herkkyyden ilmansaasteille sekä jäkälien runsauden. Indeksit laskettiin kullekin näytealalle seuraavalla kaavalla:

$$IAP = \sum_{i=1}^{n} (Q_i * f_i) / 10$$

missä, Q_i = jäkälälajin i keskimääräinen seuralaislajien lukumäärä rungolla
f_i = lajin i suhteellinen esiintymisfrekvenssi näytealalla (0–1)
n = 10 (= jäkälälajien lukumäärä)

Indeksin laskennassa ei otettu huomioon viherleviä ja seinänsuomujäkälää, jotka ovat ilman epäpuhtauksia suosivia lajeja. Kunkin jäkälälajin seuralaislajien lukumääränä käytettiin Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan vuoden 2000 bioindikaattoritutkimuksen aineistosta (6 230 mäntyä) laskettuja seuralaislajien lukumääriä (ks. taulukko 6) (Niskanen ym. 2001).

3.2.4. Neulasnäytteiden ottaminen ja analysointi

Neulasnäytteet otettiin 1.2.–25.2.2005 standardin SFS 5669 mukaisesti merkityistä puista. Neulasnäytteitä kerättiin pääosin taajamista, mutta myös vertailupisteistä niiden ulkopuolelta. Kustakin näytepuusta katkaistiin 3–4 oksaa eri puolilta latvustoa 8–12 metrin korkeudelta. Näytteet pakattiin muovipusseihin ja säilytettiin muovipusseissa ulkolämpötilassa näytteiden esikäsittelyyn asti.

Neulasnäytteistä erotettiin ensimmäisen vuoden vuosikasvaimen neulaset (vuoden 2004 neulasvuosikerta), jotka kuivattiin paperipusseissa noin 40 °C lämpötilassa viikon ajan. Kuivatut neulaset jauhettiin homogeeniseksi massaksi ja uutettiin vetyperoksidiliuoksessa, minkä jälkeen alkuaineiden pitoisuudet (Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, S, Zn) analysoitiin ICP-OES -laitteistolla (Jobin-Yvon Ultima 2) lukuun ottamatta kadmiumia ja kromia, jotka analysoitiin atomiabsorptiospektrometrisesti grafiittiuunimenetelmällä (Perkin-Elmer 460 ja Perkin Elmer 6000 SIMAA Zeeman -laitteistot). Neulasten rikkipitoisuuden osalta tämä vastaa standardin SFS 5781 mukaista menettelyä. Rinnakkaismääritysten käytön ohella määritysten laadunvarmistukseen käytettiin sertifioituja referenssimateriaaleja Pine needles 1575, CRM 101 Spruce needles ja CRM 482 Lichen.

Neulasnäytteistä määritettiin lisäksi rikin ja typen pysyvät isotoopit

isotooppisuhdemassaspektrometrillä (SIRMS). Neulasnäytteiden rikki ja typpi muutettiin polttamalla rikkidioksidiksi ja typpikaasuksi. Kaasu johdettiin massaspektrometriin, joka erottelee isotoopit niiden massa-varaussuhteen perusteella. Näytteen isotooppijakaumaa verrattiin kansainväliseen referenssiaineeseen, jonka isotooppisuhde tunnetaan.

Isotooppien suhde määritetään jakamalla raskaamman ja harvinaisemman isotoopin runsaus kevyemmän ja yleisemmän isotoopin runsaudella. Isotooppien suhde ilmoitetaan δ (delta) -arvona, jonka yksikkönä on promille (‰). δ-arvo lasketaan kaavalla:

$$\delta = \left(\frac{\text{Rnäyte}}{\text{Rstandardi}} - 1 \right) * 1000 \ (‰)$$

missä R on raskaamman ja kevyemmän isotoopin suhde eli typellä $^{15}N/^{14}N$ ja rikillä $^{34}S/^{32}S$. Typellä standardina on ilmakehän N_2 ja rikillä kansainvälinen referenssiaine CDT (Canyon Diablo Troilite (FeS) meteorite standard). Kun δ-arvo on positiivinen, näytteessä on enemmän raskaampaa isotooppia kuin standardissa eli näytteen isotooppisuhde on standardin isotooppisuhdetta suurempi. Negatiivinen δ -arvo merkitsee, että näytteen isotooppisuhde on pienempi kuin standardissa.

3.2.5. Käytetyt menetelmät ilmanlaadun kuvaajina

Muutokset epifyyttijäkälissä

Jäkälät koostuvat sieni- ja leväosakkaasta, jotka elävät symbioosissa. Jäkälien löyhän rakenteen vuoksi ja suojaavan vahakerroksen puuttuessa ilman ja sadeveden epäpuhtaudet pääsevät helposti kiinnittymään sieniosakkaan soluseinämien proteiineihin. Ilman epäpuhtaudet muuttavat jäkälälajistoa sekä aiheuttavat niissä silmin havaittavia muutoksia. Erityisen selvästi nämä vauriot voidaan havaita sormipaisukarpeessa (*Hypogymnia physodes*). Sormipaisukarve sietää pitkään ilman saasteita ja se häviää yleensä viimeisenä kestäviksi luokitelluista lajeista. Sormipaisukarve mahdollisesti myös hyötyy ilman epäpuhtauksista tiettyyn kuormitustasoon saakka (Anttonen 1990). Jäkäläkasvillisuudessa havaittavat muutokset eivät kuitenkaan aina ole kovinkaan yksiselitteisiä. Jäkäliin ja niiden kasvualustaan vaikuttavat samanaikaisesti useat eri yhdisteet. Nämä vaikutukset saattavat olla suoraan jäkäliä vaurioittavia, toisaalta ne voivat myös olla niiden kasvua kiihdyttäviä. Ilmasta tuleva kuormitus vaikuttaa myös jäkälien kasvualustan välityksellä, minkä vuoksi vaikutukset voivat heijastua vielä pitkään, vaikka kuormitus olisikin loppunut.

Eri jäkälälajien esiintyminen vaihtelee luontaisten ympäristöolosuhteiden ja lajin saasteherkkyyden mukaan, minkä vuoksi eri lajien indikaattoriarvot ovat erilaisia. Taulukossa 6 on luonnehdittu standardin SFS 5670 mukaisia jäkälälajeja ilmanlaadun indikaattoreina. Jatkossa lajeista käytetään niiden suomenkielisiä nimiä.

Jäkälälajiston perusteella laskettua IAP-indeksiä käytetään yleisesti ilman laadun bioindikaattoritutkimuksissa, koska tämä indeksi summaa eri jäkälälajien esiintymisfrekvenssit yhteen lukuarvoon ottamalla huomioon myös eri lajien herkkyydet. IAP-indeksin laskentatavasta ei ole yhdenmukaista käytäntöä, joten eri tutkimusten vertailu ei useinkaan ole mahdollista. Erilaisten menettelyjen ja aineistojen vuoksi IAP-indeksille ei ole esitetty yleisesti käytettävää luokitusta. Tässä selvityksessä indeksin arvo on luokiteltu taulukon 7 mukaisesti.

Ilmansaasteiden aiheuttamat vauriot jäkälissä ja muutokset lajistoissa saattavat syntyä nopeasti, mikäli jäkälät altistuvat aikaisempaa suuremmille epäpuhtauspitoisuuksille. Kuormituksen pienentyessä muutokset ovat sitä vastoin hyvin hitaita, koska pitkäaikainen kuormitus on muuttanut myös kaarnan koostumusta. Ilmanlaadun parantuminen havaitaan todennäköisesti varsin hitaasti jäkälien kunnossa tai lajistossa.

Laji	luonnehdinta
Hypogymnia physodes + + +	Sormipaisukarve on käytetyistä indikaattorilajeista kestävin ja yleisin laji, joka sietää eniten ilman epäpuhtauksia. Sormipaisukarpeen esiintymisfrekvenssit (tai peittävyys) pienentyvät vasta voimakkaasti kuormitetuilla alueilla. Sormipaisukarve on hyvä ilmanlaadun indikaattori, sillä myös sekovarren näkyvät vauriot kuvastavat ilman epäpuhtauksien kuormitusta. Seuralaislajien lukumäärä 3,39.
Parmeliopsis ambiqua + + +	Keltatyvikarve sietää myös hyvin ilman epäpuhtauksia ja sen esiintymisfrekvenssit noudattavat ilman epäpuhtauksien kuormitusvyöhykkeitä. Keltatyvikarve viihtyy parhaiten sulkeutuneissa kosteissa metsissä (Pihlström ja Myllyvirta 1995). Keltatyvikarvetta esiintyy hyvin yleisesti ja se on ilman epäpuhtauksia kestävä, hyvä indikaattorilaji. Seuralaislajien lukumäärä 4,02.
Parmeliopsis hyperopta & Imshaugia aleurites + + +	Tuhkakarve ja harmaatyvikarve sijoittuvat kestävyydeltään kolmanneksi. Tämä sijoitus sopii yleensä hyvin näiden lajien esiintymisfrekvenssin alueelliseen jakaantumiseen, sillä kahta edellistä lajia herkempänä näiden lajien pienentyneet esiintymisfrekvenssit ulottuvat vähemmän kuormitetuille alueille kuin sormipaisu- ja keltatyvikarpeella. Tuhka- ja harmaatyvikarve ovat ilmansaasteita sietäviä, hyviä indikaattorilajeja, jotka tosin suosivat kuivia ja valoisia kalliomänniköitä. Seuralaislajien lukumäärä 4,49.
Hypocenomyce scalaris + +	Seinänsuomujäkälää kasvaa luontaisesti vanhojen mäntyjen rungoilla. Se pystyy myös käyttämään hyväkseen ilmassa olevia epäpuhtauksia ja sen esiintyminen lisääntyy ilman saasteiden kuormituksen lisääntyessä. Seinänsuomujäkälä on kohtalaisen hyvä ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori eli sen esiintyminen kuvastaa lähinnä typpilaskeuman rehevöittävää vaikutusta. Seuralaislajien lukumäärä 4,84.
Bryoria spp. + + +	Lupoilla on keskimäärin eniten seurannaislajeja rungoilla, mikä osoittaa sen herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Luppojen esiintymisfrekvenssit noudattavat yleensä ilmansaasteiden kuormitusta ja luppojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavana tunnuksena. Lupot ovat hyviä ilman laadun indikaattoreita. Seuralaislajien lukumäärä 5,12.
Usnea spp. + +	Naavojen esiintymisfrekvenssit vaihtelevat ilmansaastekuormituksen mukaan yleensä samalla tavalla kuin lupoillakin. Naavojen seurannaislajien määrä on yleensä samaa tasoa kuin lupoilla eli osoittaa näiden jäkälälajien herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Naavojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavana tunnuksena. Rannikon läheisyys suosii naavojen esiintymistä, minkä vuoksi sen indikaattoriarvo jää kohtalaiseksi. Seuralaislajien lukumäärä 5,12.
Platismatia glauca + +	Harmaaröyhelö on seurannaislajien määrän perusteella suhteellisen herkkä indikaattorilaji ja myös sen esiintymisfrekvenssit ovat yleensä loogisia: laji puuttuu kuormitetuilta alueilta ja eniten sitä todetaan puhtailla alueilla. Harmaaröyhelö on herkkä ilman epäpuhtauksille, mutta sen luontainen esiintyminen voi kuitenkin vaihdella suuresti, minkä vuoksi sen indikaattoriarvo jää kohtalaiseksi. Seuralaislajien lukumäärä 4,51.
Vulpicida pinastri +	Keltaröyhelön esiintyminen on usein varsin satunnaista, sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuilta alueita ja toisaalta se saattaa puuttua tausta-alueilla. Keltaröyhelön luontainen esiintyminen vaihtelee suuresti, mutta mahdollisesti myös ilman epäpuhtauksilla on vaikutusta sen esiintymiseen. Keltaröyhelön arvo ilman laadun indikaattorina jää kuitenkin pieneksi. Seuralaislajien lukumäärä 4,39.
Cetraria chlorophylla -	Ruskoröyhelö on yleensä 12 indikaattorilajin joukossa yksi harvinaisimmista lajeista. Sen esiintyminen vaihtelee usein hyvin satunnaisesti ja sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuiltakin alueilta. Ilman laadun indikaattorina ruskoröyhelö on huono. Seuralaislajien lukumäärä 5,10.
Pseudevernia furfuracea + +	Hankakarve on hyvin yleinen jäkälälaji männyn rungolla. Keskimääräisen seurannaislajien määrän perusteella hankakarve voi daan katsoa olevan herkkä ilman epäpuhtauksille, myös sen esiintymisfrekvenssien alueellinen jakauma vastaa yleensä ilman epäpuhtauksien kuormituksen jakaantumista. Ilmansaasteet aiheuttavat selvästi havaittavia muutoksia hankakarpeen sekovarressa. Rannikon läheisyys suosii hankarpeen esiintymistä, sillä se viihtyy valoisissa, kuivissa kalliomänniköissä, indikaattorina kohtalainen. Seuralaislajien lukumäärä 4,41.
Parmelia sulcata +	Raidanisokarve on harvinainen jäkälälaji männyn rungolla. Raidanisokarve on ravinneisuudesta hyötyvä jäkälälaji, jota esiintyy yleensä mm. kalkkipölyalueiden liepeillä. Raidanisokarve soveltuu kalkkipölyn indikaattoriksi. Yleensä raidanisokarve on niin harvinainen, että sen indikaattoriarvo jää pieneksi. Seuralaislajien lukumäärä 4,27.
Algae & Scoliciosporum + + +	Viherleväpeite lisääntyy lähinnä kasvaneen typpilaskeuman vaikutuksesta eli se on ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori. Viherleväpeite ja vihersukkulajäkälä ovat hyviä typpikuormituksen indikaattoreita. Seuralaislajien lukumäärä 3,98.

◄ Taulukko 6. Standardin SFS 5670 mukaiset jäkälälajit ilmanlaadun indikaattoreina.
Indikaattoriarvon luokitus:
+++ hyvä
++ kohtalainen
+ pieni
- huono

Tabell 6. Lavarter enligt standarden SFS 5670 som indikatorer på luftkvaliteten.
Klassificering av indikatorvärdet:
+++ god
++ ganska god
+ låg
- dålig

Taulukko 7. Havaintoalojen jäkäläkasvillisuuden luokitus IAP-indeksin perusteella.

Tabell 7. Klassificering av lavförekomsten på observationsområdena på basen av IAP-indexet.

IAP-indeksi	Kuvaus jäkäläkasvillisuudesta
> 3,0	jäkälälajisto vastaa tausta-alueiden lajistoa, mukana yleisesti herkimpiä lajeja
2,0 - 3,0	lajistossa on lieviä muutoksia, herkimpiä lajeja puuttuu yleisesti
1,0 - 2,0	lajisto on köyhtynyt, herkimpiä lajeja voi esiintyä yksittäisillä rungoilla
0,5 - 1,0	lajisto on erittäin selvästi köyhtynyt, herkimmät lajit puuttuvat yleisesti, rungoilla esiintyy yleisesti ilmansaasteista hyötyviä lajeja
< 0,5	jäkäläautio tai lähes jäkäläautio

Neulasten alkuainepitoisuudet

Neulasten alkuainepitoisuuksien määrittämisellä pyritään selvittämään ilman kautta leviävien epäpuhtauksien kuormituksen alueellisia eroja. Toisaalta neulasten ravinnepitoisuudet kuvastavat mahdollisia ravinteiden puutostiloja tai haitallisen korkeita pitoisuuksia.

Neulasten rikki- ja typpipitoisuudet kuvastavat osittain ilman kautta tulevaa kuormitusta. Nämä aineet kulkeutuvat neulasiin myös maaperästä, joten myös kasvupaikka vaikuttaa niiden pitoisuuksiin neulasissa. Havupuiden neulasten normaalina kokonaisrikkipitoisuutena pidetään 900 mg/kg. Männyn neulasten normaalina typpipitoisuutena pidetään 11 g/kg, jota alemmissa pitoisuuksissa puun katsotaan kärsivän typen puutteesta (taulukko 8).

Puhtailla alueilla neulasten rikkipitoisuus vähenee neulasten vanhetessa. Kuormitetuilla alueilla pitoisuus sen sijaan kasvaa neulasten vanhetessa (Jussila ym. 1999). Näytteenottojaksoa edeltävät sääolosuhteet vaikuttavat neulasten rikkipitoisuuteen. Talvella neulaset keräävät pinnalleen rikkiä, mikä voi nopeasti huuhtoutua sateiden vaikutuksesta (Huttunen et al. 1985). Huttunen totesi voimakkaasti kuormitetulla alueella neulasten rikkipitoisuuksien pienentyvän sateiden vaikutuksesta 30–50 % (Huttunen 1982).

Ravinteiden pitoisuuden määrittämisellä pyritään selvittämään onko ravinteista puutosta, esiintyykö myr-

Taulukko 8. Männyn neulasten ravinnepitoisuuksien ohjearvoja kuivahkoille ja kuiville kankaille. Suluissa on esitetty pitoisuudet tuoreille ja lehtomaisille kankaille (Jukka 1988).

Tabell 8. Riktvärden för näringsämneshalterna i tallbarr på torrare och torra moar. Inom parentes koncentrationerna för frisk moskog och lundartad skog (Jukka 1988).

Ravinnetila	typpi g/kg	fosfori g/kg	kalium g/kg	boori mg/kg
alhainen	< 11,0 (< 12,0)	< 1,2 (< 1,4)	< 3,5	< 5,0
välttävä	11,0–13,9	1,2–1,44 (1,4–1,59)	3,5–3,9	5,0–7,9
sopiva	≥ 14,0	≥ 1,45 (≥ 1,60)	≥ 4,0	≥ 8,0

kyllisen korkeita pitoisuuksia ja onko eri ravinteita sopivissa suhteissa. Useiden ravinteiden kohdalla puutostilan tai myrkyllisen korkean tilan raja on liukuva ja monista seikoista riippuva (Kärenlampi 1990). Tärkeimpien ravinteiden suhteen on annettu ravinnepitoisuuksien ohjearvoja (taulukko 8).

Keski-Euroopan metsiin sovellettavissa luokitusarvoissa on annettu joidenkin alkuaineiden pitoisuuksille myös pitoisuuksien ylärajat (taulukko 9). Keski-Euroopan olosuhteisiin laaditut luokitteluarvot eivät välttämättä päde Suomessa, koska luonnonolosuhteet ovat erilaiset (Jussila ym. 1999).

Taulukko 9. Männyn neulasten alkuainepitoisuuksien luokiteluarvot YK/ECE:n mukaan.

Tabell 9. Fördelningsvärden för grundämnen enligt FN/ECE.

Luokkaraja	N g/kg	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	S mg/kg
alin arvo	12,0	1,0	3,5	1,5	0,6	1 100
ylin arvo	17,0	2,0	10,0	4,0	1,5	1 800

Neulasten rikin ja typen pysyvät isotoopit

Isotooppeja ovat keskenään saman alkuaineen atomit, joilla on eri määrä neutroneja ytimessään. Esimerkiksi typpiatomien ytimessä on kaikissa 7 protonia, mutta neutroneja voi olla 6, 7, 8 tai 9 kappaletta. Useilla alkuaineilla on sekä pysyviä isotooppeja että pysymättömiä radioisotooppeja. Pysyvien isotooppien käyttö tutkimuksessa perustuu siihen, että alkuaineiden eri isotoopit käyttäytyvät ympäristössä samalla tavalla, mutta niillä on vähäisiä eroja reaktionopeuksissa. Tästä johtuen pysyvien isotooppien suhteet vaihtelevat luonnossa. Pysyvien isotooppien runsauteen luonnossa vaikuttavat biologiset ja biogeokemialliset prosessit, jotka suosivat joko raskaampia tai kevyempiä isotooppeja. Lisäksi runsauteen vaikuttaa ihmisen toiminta.

Typen pysyviä isotooppeja ovat ^{14}N ja ^{15}N. Isotoopeista yleisemmän ^{14}N:n suhteellinen runsaus luonnossa on 99,64 % ja harvinaisemman isotoopin ^{15}N:n runsaus 0,36 %. Isotoopin ^{15}N esiintymiseen kasvillisuudessa vaikuttaa paitsi maankäyttö ja typen kierto ekosysteemissä, myös kasvin kyky sitoa typpeä. Lisäksi ihmistoiminnan aiheuttamat typpipäästöt vaikuttavat typen isotooppien esiintymiseen (Rubenstein and Hobson 2004). Ihmistoiminnasta peräisin olevien typpiyhdisteiden $\delta^{15}N$-arvot vaihtelevat suuresti lähteestä riippuen (taulukko 10).

Taulukko 10. Eri tutkimuksissa määritettyjä neulasten $\delta^{15}N$-arvoja (‰).
Tiedot viitteistä: Jung et al. 1997, Ammann et al. 1999, Heaton 1990.

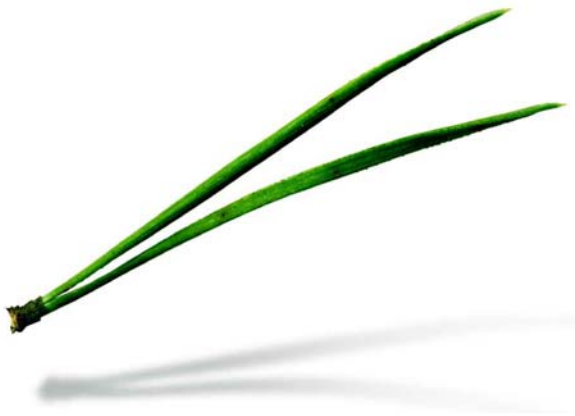
Tabell 10. $\delta^{15}N$-värden i tallbarr enligt olika studier (‰).
Källor för uppgifterna: Jung et al. 1997, Ammann et al. 1999, Heaton 1990).

näyte	päästölähde tai alue	$\delta^{15}N$ (‰)
männyn neulaset	Kaupungit ja teollisuusalueet, Leipzig-Halle, Saksa	-4,9 – +0,4
männyn neulaset	Metsäiset tausta-alueet, Leipzig-Halle, Saksa	-4,8 – -9,6
Kuusen neulaset	Moottoritie (etäisyys 5 m), Sveitsi	+2
Kuusen neulaset	Moottoritie (etäisyys 980 m), Sveitsi	-3
N_2	Ajoneuvojen polttoaine ja pakokaasu (ilmakehän N_2)	0
NO_x	Ajoneuvojen pakokaasu (pakoputkessa)	-13 – -2
ilmakehän N_2 + hiilen typpi	Hiilivoimala	-2 – +3
NO_x	Hiilivoimaloiden kattilat	+6 – +13

Havumetsien kasvillisuudesta määritettyjen $\delta^{15}N$ -arvojen on useiden tutkimusten perusteella todettu olevan välillä -5–+2 ‰ (esim. Högberg 1990; Fry 1991; Gebauer and Schulze 1991), mutta myös muita arvoja on havaittu satunnaisesti. Puista ja maaperän pintakerroksesta määritettyjen $\delta^{15}N$ -arvojen on todettu vastaavan toisiaan. Maankäytön muutokset ja maaperän pintakerroksen käsittely vaikuttavat typen kiertoon ja sitä kautta kasvillisuuden $\delta^{15}N$ -arvoihin (esim. Emmett et al. 1998). Joskus $\delta^{15}N$ -arvoissa on eroja typpeä sitovilla ja typen sidontaan kykenemättömillä kasvilajeilla. Maaperän typessä on usein runsaammin raskaampaa ^{15}N-isotooppia verrattuna ilmasta peräisin olevaan typpeen, jossa kevyemmät ^{14}N-isotoopit ovat yleisempiä. Ilmakehän typen sidontaan kykenemättömät kasvit ottavat kaiken tarvitsemansa typen maaperästä, kun taas ilmasta typpeä sitovat kasvit käyttävät sekä maaperästä että ilmasta peräisin olevaa typpeä. Metsäekosysteemeissä kasvikudosten ja maaperän pienet $\delta^{15}N$ -arvot kuvastavat varhaista vaihetta maaperän kehityksessä, sadannan tärkeää merkitystä typen tuojana, vähäistä typen kiertoa sekä pientä typen poistumaa. Suuremmat $\delta^{15}N$ -arvot viittaavat puolestaan siihen, että typen kierto ja typen poistuma on tehokkaampaa, sadannalla on vähäisempi merkitys kasvien typenotossa ja kasvit hyödyntävät yleisemmin sekä maaperästä että ilmasta peräisin olevaa typpeä (Nadelhoffer and Fry 1994).

Neulasten suuremmat $\delta^{15}N$-arvot ja typpipitoisuudet päästölähteiden läheisyydessä johtuvat typen yhdisteiden akkumuloitumisesta, kun typpi ei enää ole puun kasvua rajoittava tekijä (Jung et al. 1997). Tällöin kasvin käytettävissä olevien typpiyhdisteiden käyttö on epätäydellistä ja typpeä voi hävitä nitraattien huuhtouduttua pohjaveteen (Durka et al. 1994) tai lisääntyneen denitrifikaation kautta. Pitkällä aikavälillä typen häviäminen aiheuttaa sen, että jäljelle jääneen typen ^{15}N -isotooppien määrä lisääntyy, koska poistuvissa typpiyhdisteissä on yleensä vähän ^{15}N -isotooppeja (Shearer and Kohl 1986). Myös havumetsien lannoituskokeet ovat osoittaneet, että runsaasta typen virtaamisesta metsäekosysteemiin ja lisääntyneestä typen poistumisesta seuraa ^{15}N -isotooppien runsastuminen kasveissa (Högberg 1990; Högberg and Johannisson 1993; Nommik et al. 1994; Högberg et al. 1996).

Rikin pysyviä isotooppeja ovat ^{32}S, ^{33}S, ^{34}S ja ^{36}S. Isotoopeista ^{34}S:n runsaus luonnossa on 4,22 % ja ^{32}S:n runsaus 95,02 %. Raskaamman isotoopin ^{34}S esiintymiseen luonnossa vaikuttaa kevyiden ja raskaiden sulfiittien jakautuminen kallioperässä, kasvin kasvuolosuhteet (aerobinen vs. anaerobinen) sekä luonnollinen ilmakehän kautta tuleva laskeuma. Lisäksi esiintymiseen vaikuttaa ihmistoiminnan aiheuttamat päästöt (Rubenstein and Hobson 2004). Tietystä päästölähteestä peräisin olevan rikin isotooppisuhteet voivat kulkeutuessaan muuttua biologisissa, fysikaalisissa ja kemiallisissa prosesseissa ja muutokset voivat olla luonteenomaisia juuri tietyille päästöille. Näin ollen eri päästölähteistä peräisin olevien rikkiyhdisteiden isotooppikoostumuksissa on eroja (taulukko 11).



Taulukko 11. Eri tutkimuksissa määritettyjä neulasten δ^{34}S-arvoja (‰). Tiedot viitteistä: Bericnik-Vrbovsek et al. 2002, Takala et al. 1991, Caritat et al. 1997, Rees et al. 1978, Krouse et al. 1991, Krouse et al. 1984, Norman et al. 2004.

Tabell 11. δ^{34}S-värden i tallbarr enligt olika studier (‰). Källor för uppgifterna: Bericnik-Vrbovsek et al. 2002, Takala et al. 1991, Caritat et al. 1997, Rees et al. 1978, Krouse et al. 1991, Krouse et al. 1984, Norman et al. 2004.

näyte	päästölähde tai alue	δ^{34}S (‰)
Kuusen neulaset	Lämpövoimala, Slovenia	+1,8 – +2
Kuusen neulaset	Lämpövoimala, Slovenia	+2,5 – +2,8
Ligniitti	Lämpövoimala, Slovenia	+8
Ruskohiili	Lämpövoimala, Slovenia	+11
SO_2	Lämpövoimala, Slovenia	+8,5 – +14
Kuusen neulaset	Kansallispuisto, Slovenia	+2,8
Kuusen neulaset	Kansallispuisto, Slovenia	+2,9
Ilma	Kansallispuisto, Slovenia	+3,9
Sormipaisukarve	Kaupunki- ja teollisuusalueet, Keski-, Kaakkois- ja Lounais-Suomi	< +2
Sormipaisukarve	Teollisuusalue, Kuopio	+2,4
Sormipaisukarve	Teollisuusalue, Siilinjärvi	+1,6
	Merellinen lähde	+20 – +21
SO_2	Sähköntuotantolaitos (öljy/hiili), USA	+2,4 (0 – +4)
SO_4	Sähköntuotantolaitos (öljy/hiili), USA	+5 (+3 – +8)
Rikkikaasu	Kaasuvoimala, Kanada	+22
SO_2 , SO_4^{-2}	Ajoneuvojen päästöt, Kanada	+9
SO_2 , SO_4^{-2}	Kaasuvoimala, Kanada	+20
SO_2 , SO_4^{-2}	Öljynjalostusteollisuus	-8

Metsäekosysteemissä rikki on pääosin peräisin ilmakehästä, mutta sitä tulee ekosysteemiin myös mineraalien rapautumisen kautta. Rikin isotooppisuhteisiin vaikuttavista prosesseista kasvien sulfaattien yhteyttämisen on todettu vaikuttavan vain vähän δ^{34}S -arvoihin (Krouse et al. 1991). Useissa tutkimuksissa epifyyttijäkälien ja monien sammalten isotooppikoostumuksen on todettu olevan lähellä ilmakehän rikkiyhdisteiden koostumusta, mikä kertoo rikkiyhdisteiden melko suorasta kaasujenottomekanismista, jossa isotooppiselektiivisyys on vähäistä (esim. Winner et al. 1978; Krouse 1989). Neulasilla selektiivisemmästä kaasujenotosta johtuen isotooppikoostumus ei vastaa suoraan ympäröivän ilman rikkiyhdisteiden koostumusta eikä siten indikoi suoraan päästölähteiden vaikutusta. Päästölähteiden läheisyydessä neulasten δ^{34}S -arvojen on todettu olevan pienemmät ympäröivään ilmaan nähden, mikä voi johtua osittain neulasten isotooppiselektiivisyydestä ja osittain siitä, että rikki on peräisin kahdesta lähteestä, ilmakehästä ja maaperästä (Bericnik-Vrbovsek et al. 2002). Päästölähteiden läheisyydessä ympäröivää ilmaa pienemmät δ^{34}S -arvot viittaavat siihen, että neulaset suosivat kaasujenotossa ja aineenvaihdunnassaan kevyempää ^{32}S-isotooppia. Neulasten δ^{34}S-arvojen ja neulasten pinnalla olevan hiukkasaineksen määrän välillä on todettu yhteys. δ^{34}S-arvot ovat suurempia, jos hiukkasaines neulasten pinnalla heikentää neulasten kaasunvaihtoa (Jedrysek et al. 2002).

Useissa tutkimuksissa rikin δ^{34}S -arvojen on todettu olevan päästölähteiden läheisyydessä pienemmät kuin alueilla, joilla päästökuormitus on vähäisempää (esim. Bericnik-Vrbovsek et al. 2002; Takala et al. 1991). Tietyn tyyppisten rikkipäästöjen vaikutukses-

ta rikin δ^{34}S-arvot voivat olla kuitenkin päästölähteen läheisyydessä tausta-alueeseen verrattuna myös selvästi positiivisemmat (Schulz et al. 1998). Esimerkiksi Kanadassa kaasuvoimalan rikkikaasun δ^{34}S-arvoksi on määritetty +22 ‰ (Krouse et al. 1984). Suomessa tehdyssä isotooppitutkimuksessa sormipaisukarvejäkälän pienimmät δ^{34}S-arvot on määritetty kaupunki- ja teollisuusalueilta. Tutkimuksessa määritettyjen δ^{34}S-arvojen ja rikkipitoisuuksien on todettu olevan pienemmät Lounais-Suomessa kuin Kaakkois-Suomessa. Kaakkois-Suomen pienimpien δ^{34}S -arvojen on arveltu johtuvan sulfiittia sisältävien öljyliuskeiden polttamisesta Virossa (Takala et al. 1991).

3.2.6. Menetelmien virhelähteet ja luotettavuus

Jäkäläkartoitus

Tutkimuksessa käytetty menetelmä on kuvattu standardissa SFS 5670 (Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkäläkartoitus). Jäkäläkartoituksen tulosten luotettavuuteen vaikuttaa erityisesti kartoituksen tekijöiden lajituntemus sekä kokemus bioindikaattoritutkimusten tekemisessä. Standardissa esitettyjen 12 indikaattorilajin tunteminen ei yksistään riitä, sillä lajituntemuksen ollessa suppea voivat indikaattorilajit sekoittua muihin lajeihin. Ilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa lajien ulkonäköön huomattavia muutoksia, minkä vuoksi luonnontilaisten jäkälien tunteminen ei yksistään riitä.

Eri jäkälälajien esiintymisen kirjaaminen voi vaihdella eri arvioitsijoiden kesken. Leväpeitteen ja seinänsuomujäkälän kasvutavan vuoksi niiden havainnointi on erityisen hankalaa. Leväpeitettä voi esiintyä hyvinkin pieninä vihertävinä laikkuina. Myös kaarnan kastuminen voi hankaloittaa leväpeitteen havaitsemista. Seinänsuomujäkälä kasvaa yksittäisinä alle 1 mm:n kokoisina suomuina. Tämä suomupeite voi olla lähes yhtenäinen, selvästi havaittava peite kaarnalla, mutta seinänsuomujäkälä voi kasvaa myös lähes yksittäisinä suomuina. Vastaavia ongelmia voi olla myös tyvikarpeiden esiintymisen kirjaamisessa. Tässä tutkimuksessa lajien esiintyminen on kirjattu vasta, kun tyvikarpeella on ollut selvästi erottuva sekovarsi. Kaarnan pinnalla olevaa kellertävää tai vaaleaa jauhomaista kasvustoa ei ole kirjattu tyvikarpeeksi. Edellä esitettyjen syiden vuoksi näiden epifyyttien havainnointiin ja runsauden arviointiin liittyy erityisen suuret virhelähteet, kun verrattaan eri tutkijoiden tuloksia keskenään.

Jäkälien näkyvien vaurioiden arviointi ja luokittelu on osa jäkäläkartoitusta. Nämä luokitukset ovat kartoituksen tekijän subjektiivisia arvioita, minkä vuoksi tuloksissa saattaa olla eroja eri tekijöiden välillä. Jäkäläkartoitukseen liittyvien virhelähteiden pienentämiseksi maastoryhmä koulutettiin ja arviointitaidot testattiin ennen maastotöiden aloittamista. Havainnoitsijoiden arviointitaso saatettiin samalle tasolle testien avulla. Lisäksi maastoryhmä työskenteli pareittain siten, että Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden opiskelijaharjoittelijoiden parina oli aina kokeneempi tutkija tai tutkimusteknikko.

Männyn epifyyttijäkälien ja sormipaisukarpeen vaurioiden havainnointiin liittyviä virhelähteitä tutkittiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen toimesta vuonna 2004. Tutkimuksessa kolme havainnoitsijaa teki jäkälähavainnot kolme kertaa kymmenellä mäntyalalla (10 mäntyä/ala). Näin ollen jokaiselta havaintoalalta oli yhteensä yhdeksän havaintoa. Havainnoitsijoiden tekemät arviot sormipaisukarpeen vaurioista eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi havainnoitsijoiden omien eikä eri havainnoitsijoiden arvioiden välillä. Havainnoitsijoiden omien arviointikertojen välillä arviointitarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin ± 10–16 % vastaten käytännössä 0,2–0,4 vaurioluokkaa. Alakohtaisesti tarkasteltuna (9 havaintoa/ala) sormipaisukarpeen vaurioiden ar-

viointitarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin ± 5 % (± 3–12 %) vastaten käytännössä 0,1 (0,1–0,2) vaurioluokkaa (Polojärvi ym. 2005a).

Havainnot ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärästä eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi havainnoitsijoiden omien havaintokertojen välillä. Mittaustarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä ± 11–23 %, mikä vastasi käytännössä 0,9–1,6 jäkälälajia. Eri havainnoitsijoiden välillä todettiin muutamia tilastollisesti merkitseviä eroja havaintokertojen välillä. Alakohtaisesti tarkasteltuna jäkälälajien havainnoinnin tarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä ± 9 % (± 0–15 %), mikä vastasi keskimäärin 0,7 (0–0,9) jäkälälajia.

Sormipaisukarpeen suhteellisissa peittävyyksissä todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja sekä havainnoitsijoiden omien että eri havainnoitsijoiden tekemien mittausten välillä. Havainnoitsijoiden omien mittauskertojen tarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä ± 32–42 %, mikä vastasi 3,3–4,0 prosenttiyksikön eroa suhteellisissa peittävyyksissä. Menetelmän tarkkuus havaintoalaa kohden oli 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin ± 15 % (± 11–22 %) vastaten keskimäärin 1,4 (0,7–4,9) prosenttiyksikön eroa suhteellisissa peittävyyksissä.

Jäkälähavainnoista leväpeitteen havainnointi osoittautui tarkkuudeltaan epävarmimmaksi. Leväpeitteen esiintymisen arvioinnissa todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja sekä havainnoitsijoiden omien havaintokertojen välillä että eri havainnoitsijoiden havaintokertojen välillä. Arviot leväpeitteen esiintymisestä poikkesivat havaintoaloilla, joilla leväpeitettä esiintyi mäntyjen rungoilla hyvin pieninä vihertävinä laikkuina. Leväpeitteestä poiketen seinänsuomujäkälän havainnoinnissa ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja havainnoitsijoiden omien havaintojen välillä eikä eri havainnoitsijoiden havaintojen välillä.

Neulasten alkuainepitoisuuksien kartoittaminen

Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus tutki vuonna 2004 neulasnäytteiden keräämiseen ja analysointiin liittyviä virheitä kymmenellä mäntyalalla. Kun mittausta toistettiin jokaisella näytealalla (10 mäntyä/ala) viisi kertaa, menetelmän keskimääräiseksi mittaustarkkuudeksi saatiin 95 %:n luottamusvälillä neulasten rikkipitoisuuksien osalta ± 5 % ja typpipitoisuuksien osalta ± 7 %. Menetelmän mittaustarkkuus, joka käsittää sekä näytteenottoon että analyysiin liittyvät virheet, oli heikoimmillaan rikillä ± 14 % ja typellä ± 12 % näytealalla, joka sijaitsee suuren pistepäästölähteen vaikutusalueella. Tällaisilla näytealoilla näytteenoton merkitys virhelähteenä kasvaa. Näytteenoton mittausepävarmuuden vähentämiseksi näytteet otetaan eri puolilta näytepuita, jolloin kokoomanäytteeseen tulee neulasia sekä näytepuun päästökohteiden puolelta että suojapuolelta. Tutkimuksessa testattiin myös menetelmän toistettavuutta tutkimusalueella. Koko tutkimusaluetta (10 näytealaa) tarkasteltaessa mittauksen suorittaminen alueella viisi kertaa tuotti viisi näyteryhmää, jotka eivät rikkipitoisuuksien suhteen eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Neulasten typpipitoisuuksien osalta viidestä näyteryhmästä neljän välillä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja (Polojärvi ym. 2005b).

Neulasten rikkipitoisuuksien kartoittamisen mittaustarkkuutta on arvioitu aikaisemmin pääkaupunkiseudun bioindikaattoriseurannan yhteydessä vuosina 1995 ja 1996. Vuonna 1995 neulasten rikkipitoisuuksien kartoittamisen mittaustarkkuudeksi arvioitiin 95 %:n luottamusvälillä ± 7 %, kun mittausta toistettiin samalla näytealalla (5 mäntyä/ala) (Niskanen 1995). Metsikön eri kohdissa eri puilla toistettuna rikkipitoisuuksien mittaustark-

kuudeksi arvioitiin 95 %:n luottamusvälillä ± 14 % (Niskanen ym. 1996).

Neulasten rikki- ja typpipitoisuuden kartoituksessa käytetty menetelmä ei ole kovinkaan tarkka varsinkin, jos pitoisuudet tutkimusalueella vaihtelevat pienellä välillä ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin. Tuloksia ei pidä siis tulkita liian tarkasti ja samoja puita käyttämällä saadaan parempi kuva pitoisuuksien muutoksesta samalla näytealalla.

Neulasnäytteistä määritettyjen alkuaineiden laboratorioanalyyseihin liittyvät mittausepävarmuudet ja määritysrajat on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Neulasten alkuainepitoisuuksien analysointiin liittyvä mittausepävarmuus (%) ja määritysrajat (mg/kg). Kadmium- ja kromipitoisuudet on analysoitu GFAAS-menetelmällä ja muut pitoisuudet ICP-OES-menetelmällä.

Tabell 12. Mätosäkerhet och detektionsgränser för analys av grundämneshalterna i barren. Kadmium- och kromhalterna analyserades med GFAAS-metoden och de övriga med ICP-OES-metoden.

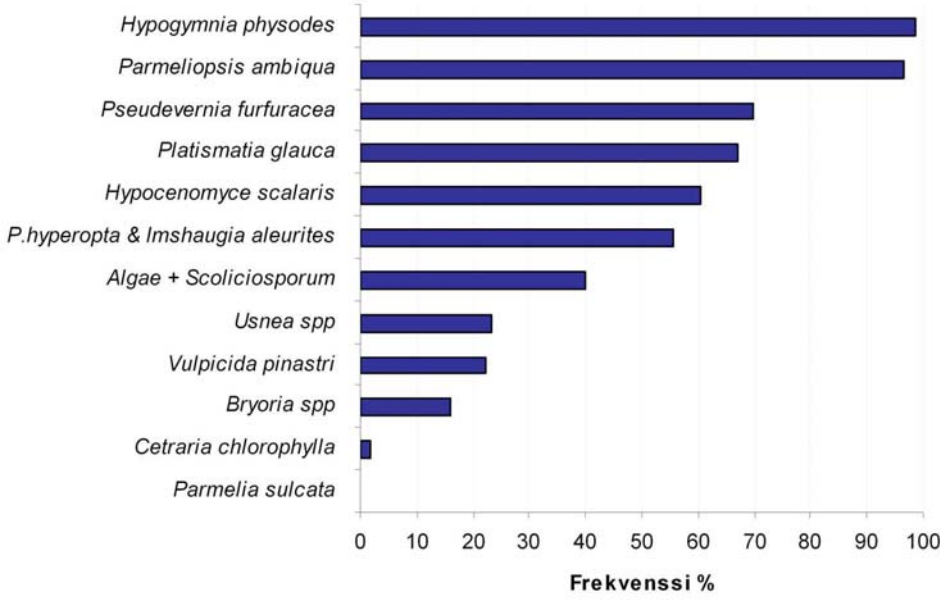
Alkuaine	mittaus-epävarmuus %	määritysraja mg/kg
Al	20	5
B	20	1
Ca	15	10
Cd	20	0,05
Cr	20	0,3
Cu	15	1
Fe	10	3
K	10	30
Mg	10	10
Mn	15	0,2
N	6	100
Na	15	30
Ni	20	0,3
P	10	10
S	10	15
Zn	20	1

4 Tulokset

4.1. Seurantatutkimus 2004–2005

4.1.1. Mäntyjen runkojäkälät

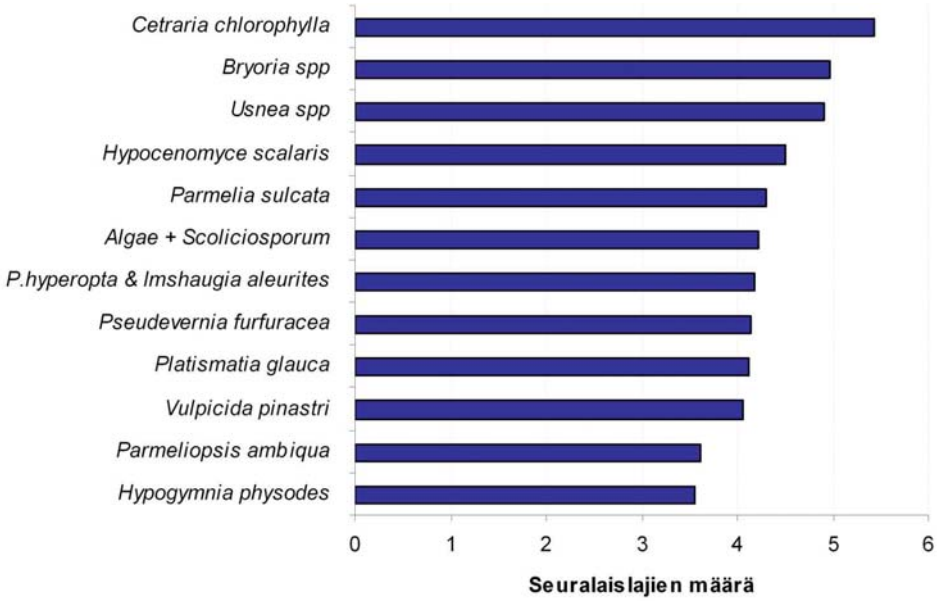
Tutkituista jäkälälajeista yleisin oli sormipaisukarve yli 98 %:n esiintymisfrekvenssillä. Myös keltatyvikarvetta esiintyi yli 90 %:lla tutkituista rungoista. Seuraavaksi yleisimpiä olivat hankakarve, harmaaröyhelö, seinänsuomujäkälä sekä tuhka- ja harmaatyvikarve, joiden esiintymisfrekvenssit olivat yli 50 %. Raidanisokarve ja ruskoröyhelö olivat tutkituista jäkälälajeista harvinaisimpia. Typpilaskeumasta hyötyvä viherleväpeite oli yleistynyt alueella selvästi. Sen esiintymisfrekvenssi oli noin 40 % (kuva 17). Viherleväpeitteen arviointiin liittyy kuitenkin suuret virhelähteet, sillä kasvutavasta johtuen sen havainnointi on erityisen vaikeaa.



Kuva 17. Jäkälälajien esiintymisfrekvenssit (%) tutkituilla rungoilla (7760 runkoa).

Bild 17. Frekvens för förekomst av lavarter (%) på undersökta stammar (7760 stammar).

Ruskoröyhelöllä, lupoilla ja naavoilla oli eniten seuralaislajeja tutkituilla havaintopuilla. Niiden seurana rungoilla kasvoi keskimäärin viisi muuta tutkittua jäkälälajia. Vähiten seuralaislajeja oli sormipaisu- ja keltatyvikarpeella, jotka tutkituista ilman epäpuhtauksista kärsivistä jäkälälajeista sietävät ilman epäpuhtauksia parhaiten. Niillä oli seuranaan keskimäärin alle neljä seuralaislajia (kuva 18).



Kuva 18. Jäkälälajien keskimääräiset seuralaislajien lukumäärät.

Bild 18. Antalet ledsagararter till lavar i medeltal.

Havaintoaloilta löydettiin enimmillään kymmenen ja keskimäärin seitsemän jäkälälajia kymmenestä ilman epäpuhtauksista kärsivästä indikaattorilajista. Tarkastelusta on jätetty pois ilman epäpuhtauksista hyötyvät lajit seinänsuomujäkälä ja viherleväpeite. Kaikilta havaintoaloilta löydettiin vähintään yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji. Havaintoalat, joilta löydettiin enimmillään yksi indikaattorilaji, sijaitsivat Helsingissä (5 havaintoalaa), Vantaalla (1) ja Hyvinkäällä (1). Näistä havaintoaloista jäkäläautioina voidaan pitää Helsingin neljää havaintoalaa ja Hyvinkään alaa, joissa sormipaisukarpeen peittävyys oli alle 1 %. Jäkälälajistoltaan selvästi köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi taajamien ja pääteiden läheisyydessä Helsingissä (7), Espoossa (2), Vantaalla (1), Sipoossa (2), Porvoossa (1), Lohjalla (2) ja Inkoossa (1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt taajamien ja pääteiden läheisyydessä useilla havaintoaloilla ympäri tutkimusaluetta (kuva 19).

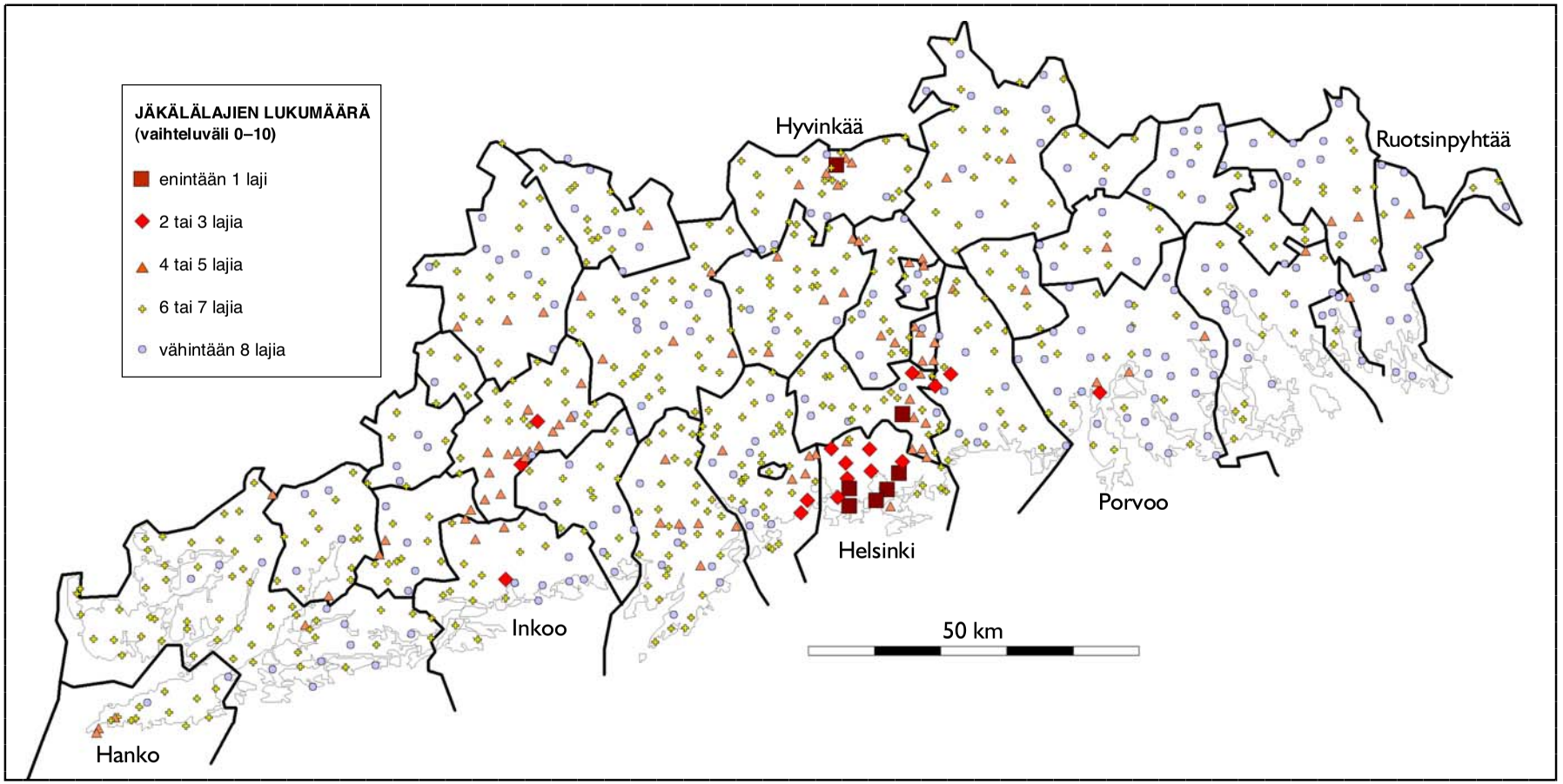
Yhtenäinen jäkäläautio tai lähes jäkäläautio alue, jossa jäkälälajistoa kuvaava IAP-indeksi oli alle 0,5, muodostui Helsingissä (9). Vastaavia havaintoaloja sijaitsi myös Vantaalla (1), Hyvinkäällä (1) ja Inkoossa (1). IAP-indeksin mukaan erittäin selvästi köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi Helsingin (5) lisäksi Espoossa (6), Vantaalla (1), Porvoossa (3), Tuusulassa (2), Järvenpäässä (1), Hyvinkäällä (2), Kirkkonummella (1), Lohjalla (2) ja Tammisaaressa (1). Lievemmin köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi eri puolilla tutkimusaluetta erityisesti taajamien ja pääteiden läheisyydessä (kuva 20).

Sormipaisukarve puuttui tai oli kuollutta kolmella Helsingissä sijaitsevalla havaintoalalla. Sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin pahoiksi

neljällä Hyvinkään keskustan läheisyydessä sijaitsevalla havaintoalalla. Pahoja vaurioita todettiin myös Helsingissä (1), Porvoossa (1), Järvenpäässä (1), Lohjalla (1), Inkoossa (1) ja Tammisaaressa (1). Sormipaisukarpeen selviä vaurioita todettiin eri puolilla tutkimusaluetta taajamien ja pääteiden läheisyydessä. Tervettä sormipaisukarvetta esiintyi yleisimmin tutkimusalueen länsilaidalla Tammisaaressa ja Pohjassa. Myös Vihdissä ja Mäntsälässä sijaitsi runsaasti havaintoaloja, joilla sormipaisukarve oli tervettä (kuva 21).

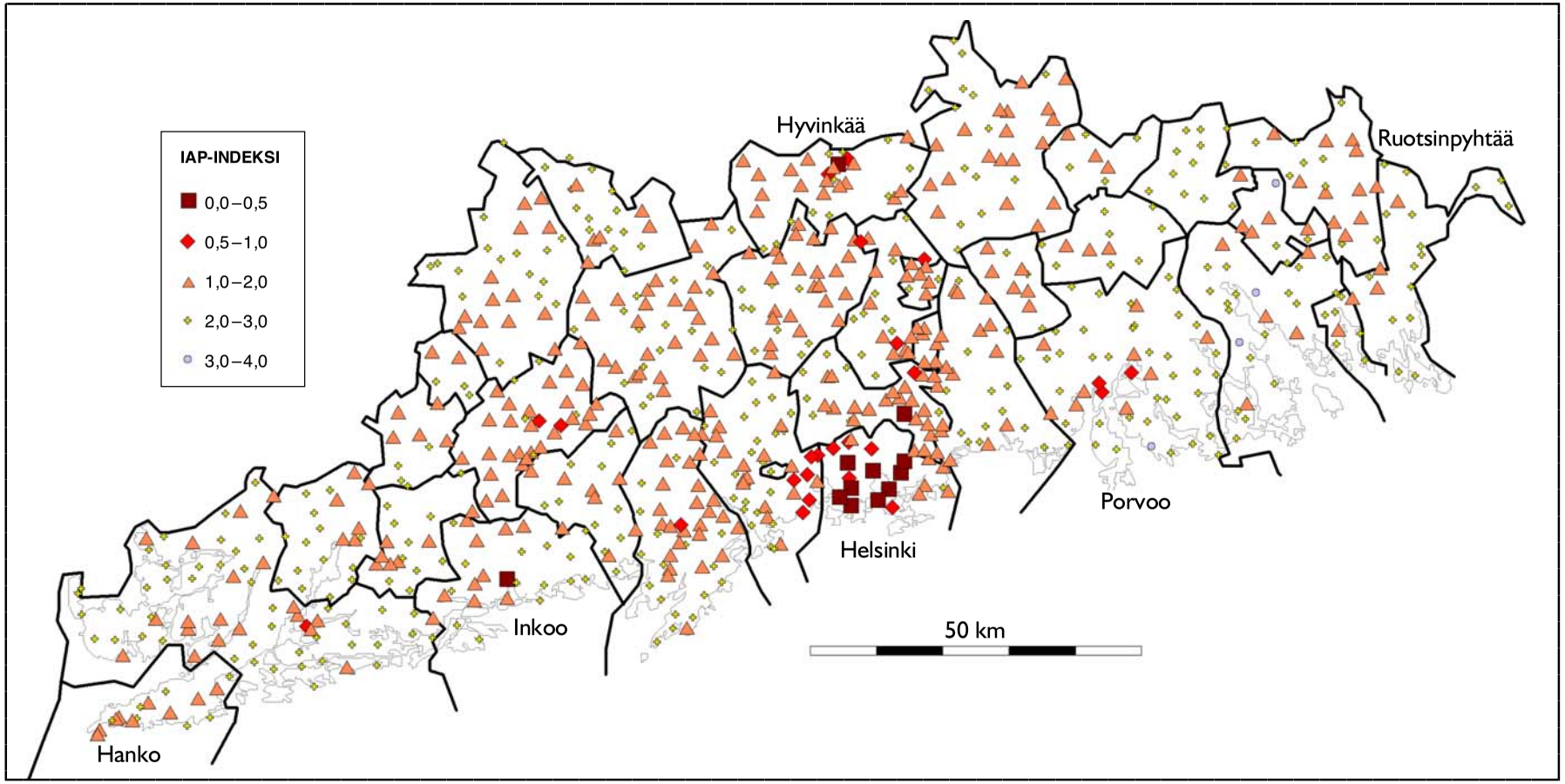
Jäkälien lajilukumäärän, IAP-indeksin ja sormipaisukarpeen vaurioiden perusteella arvioituna lajistoltaan köyhimmät ja vaurioituneimmat havaintoalat sijoittuivat Helsingin keskustan läheisyyteen. Pääkaupunkiseudulla jäkälälajisto oli köyhtynyt ja sormipaisukarpeen vauriot olivat selvät lähes koko Helsingin alueella sekä useilla havaintoaloilla Espoon ja Vantaan itäosissa. Muuta tutkimusaluetta tarkasteltaessa esiin nousee selvimmin Helsingistä Tuusulaan ja Järvenpäähän ulottuva alue sekä Hyvinkään taajama-alue. Sormipaisukarpeen pahat vauriot sijoittuivat pääosin havaintoaloille, joilla myös jäkälälajisto oli köyhtynyt. IAP-indeksin mukaan lajistoltaan köyhtyneitä havaintoaloja esiintyi eri puolilla tutkimusaluetta selvästi yleisemmin kuin sormipaisukarpeen selviä vaurioita. Näin ollen useimmilla lajistoltaan köyhtyneillä aloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta tai tervettä.

Jäkälälajien lukumäärän perusteella laskennallisesti arvioiduista vyöhykkeistä laajin yhtenäinen vyöhyke, jossa jäkälälajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt, muodostui Helsinkiin. Pienempiä vastaavia alueita muodostui Espoon ja Vantaan itäosiin sekä Lohjalle. Laajimmat alueet, joilla jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyt, muodostuivat pääkaupunkiseudulle sekä Lohjan ja Inkoon väliselle alueelle (kuva 22). Lohjan seudulla jäkälälajiston selvä köyhtyminen ei kuitenkaan näkynyt sormipaisukarpeen selvien vaurioiden vyöhykkeissä. Selvien ja pahojen vaurioiden vyöhyke sijoittui lähinnä Helsinkiin. Pienemmät selvien vaurioiden alueet muodostuivat Inkoon ja Hyvinkään taajamien läheisyyteen sekä Kilpilahden teollisuusalueen länsipuolelle (kuva 23).



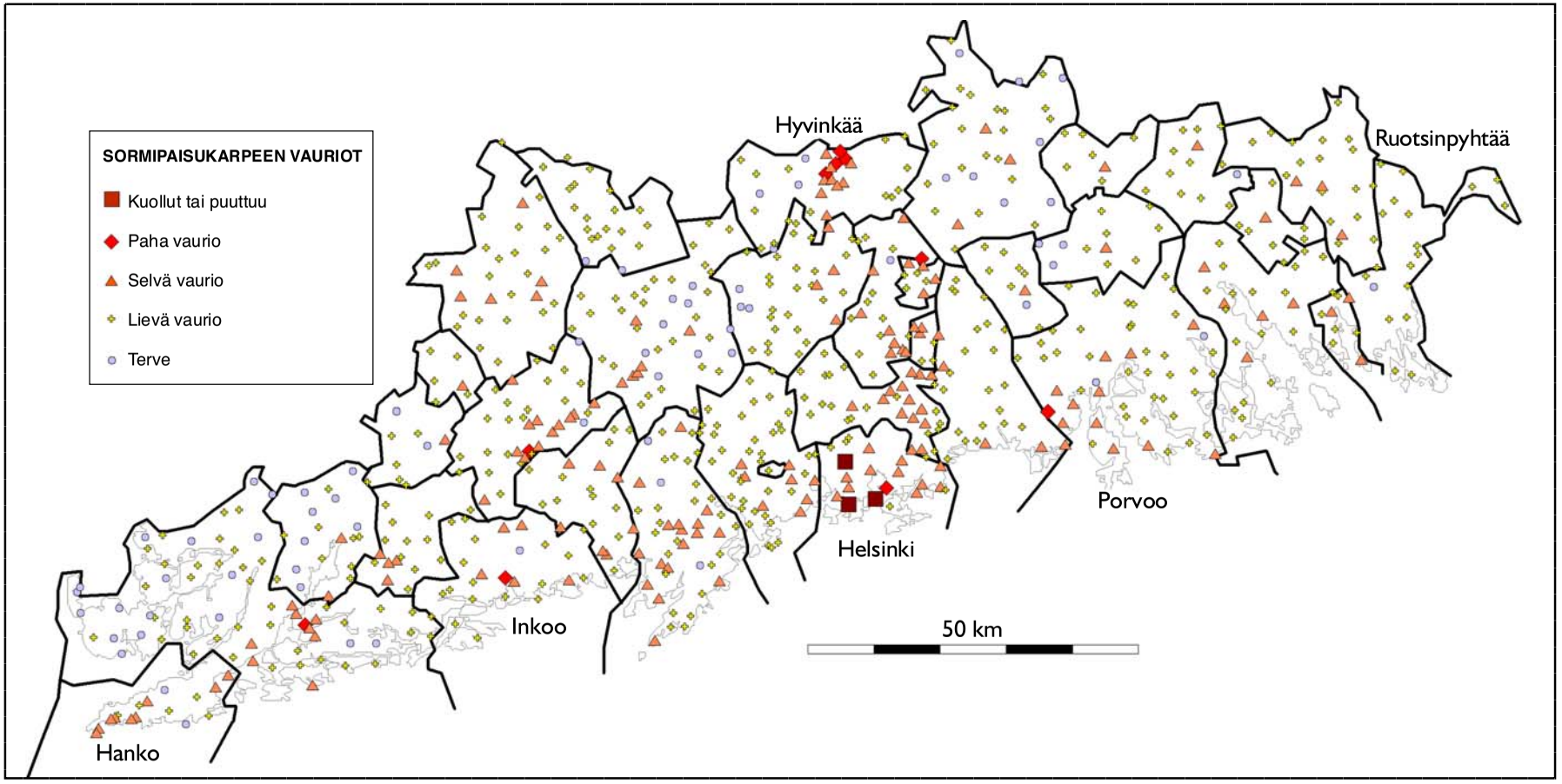
Kuva 19. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärä havaintoaloilla. Ilman epäpuhtauksista hyötyvät leväpeite ja seinänsuomujäkälä eivät ole mukana lajimäärissä.

Bild 19. Antalet lavar som lider av luftföroreningar på observationsytorna. Alg och flarnlav som drar nytta av luftföroreningar är inte med i artantalen.



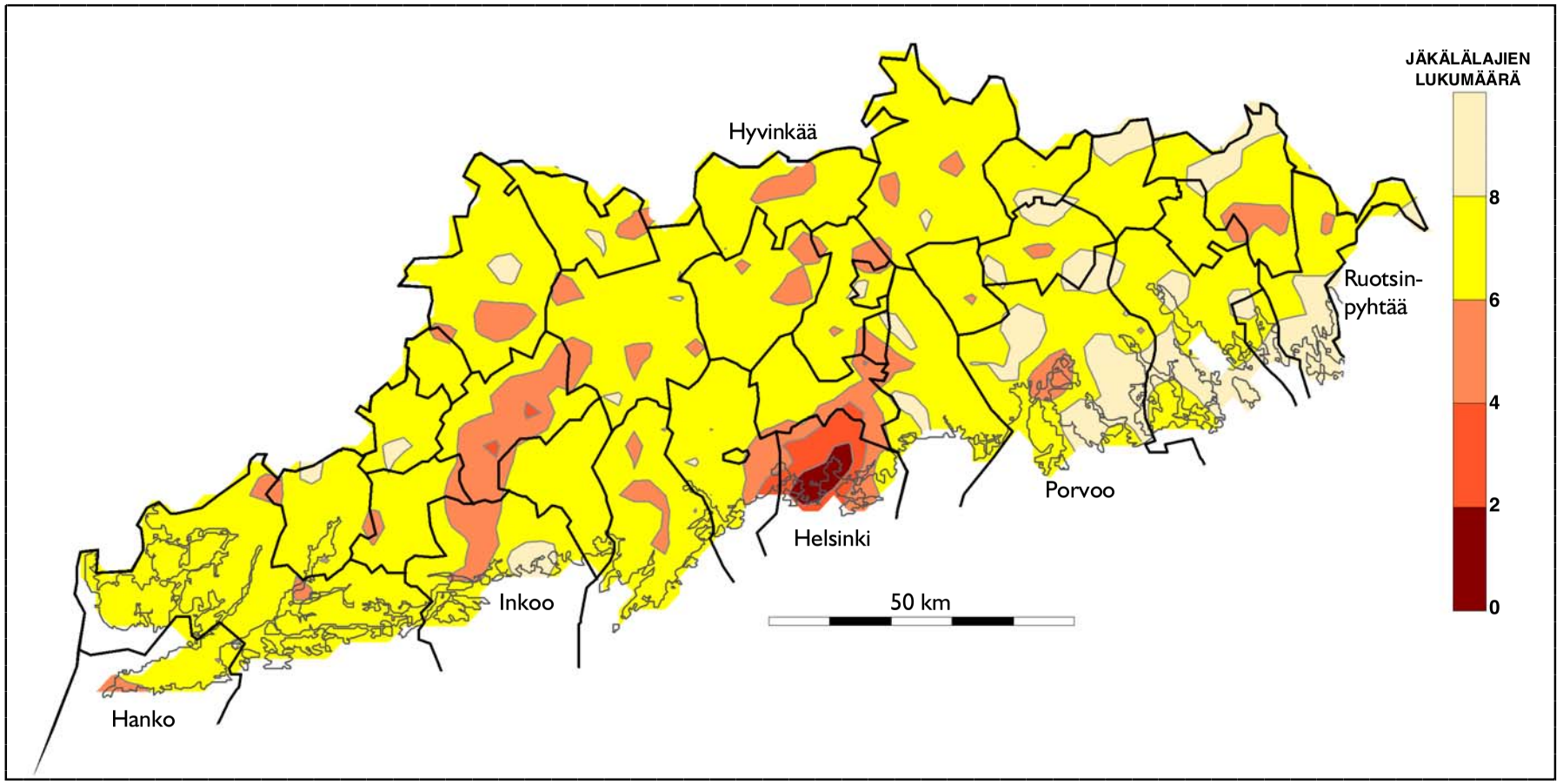
Kuva 20. Jäkälälajistoa kuvaavan IAP-indeksin jakaantuminen tutkimusalueella. Indeksin luokitus on esitetty taulukossa 7.

Bild 20. Fördelning av IAP-indexets värden för lavar på undersökningsområdet. Indexets klassificering finns beskriven i tabell 7.



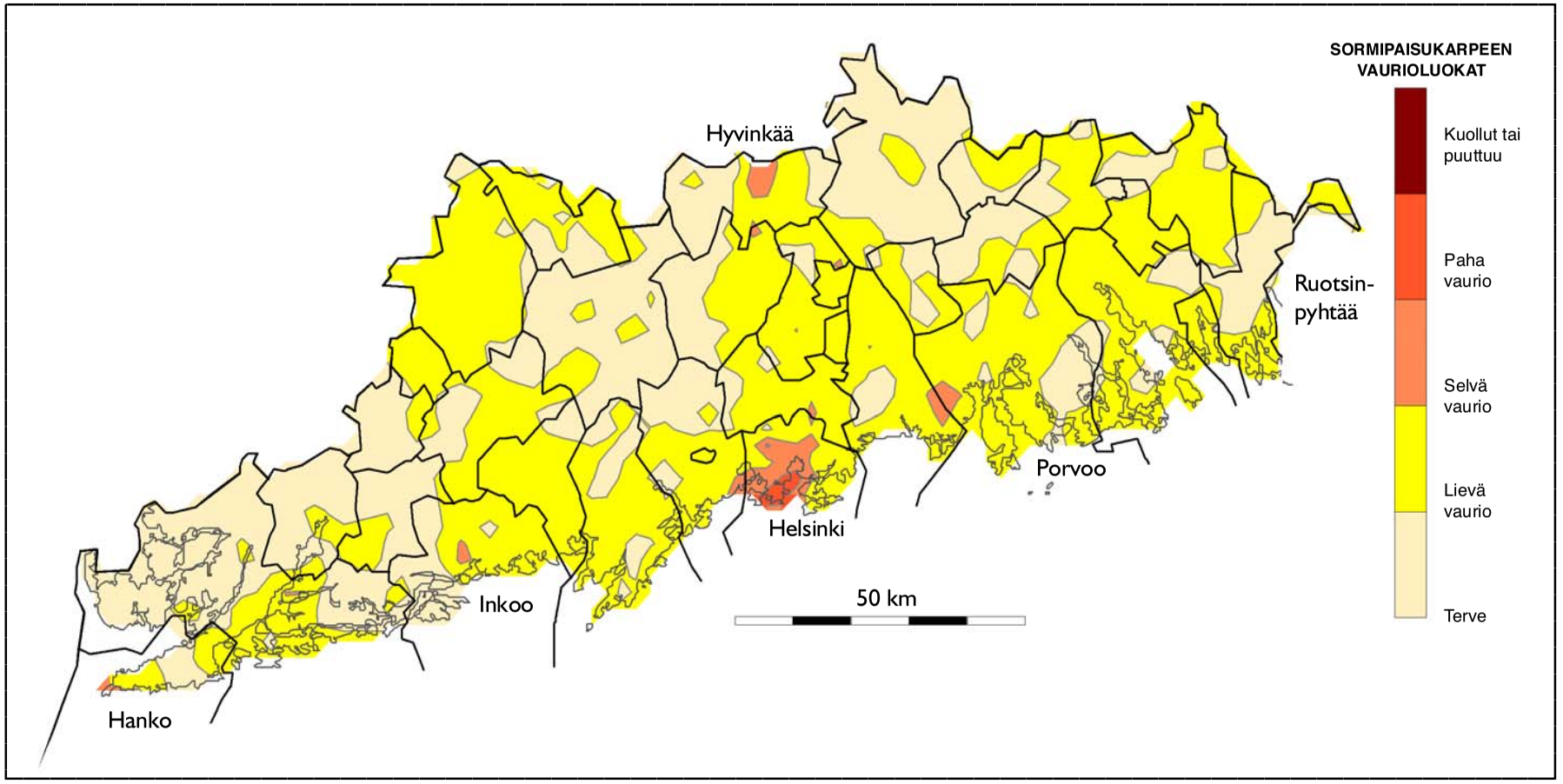
Kuva 21. Havaintoalojen keskimääräiset sormipaisukarpeen vaurioasteet. Vaurioluokitus on esitetty taulukossa 5.

Bild 21. Graden av skador på blåslav i medeltal på observationsområdena. Klassificering av skadorna finns beskriven i tabell 5.



Kuva 22. Jäkälälajien lukumäärän perusteella laskennallisesti arvoidut vyöhykkeet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuonna 2004. Ilman epäpuhtauksista hyötyvät leväpeite ja seinänsuomujäkälä eivät ole mukana lajimäärissä.

Bild 22. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av antalet lavar i Nyland och Östra Nyland år 2004. Alg och flarnlav som drar nytta av luftföroreningar är inte med i artantalen.



Kuva 23. Sormipaisukarpeen vaurioiden perusteella laskennallisesti arvoidut vyöhykkeet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuonna 2004. Vaurioiden luokitus on esitetty taulukossa 5.

Bild 23. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av skador hos blåslav i Nyland och Östra Nyland år 2004. Klassificering av skadorna finns beskriven i tabell 5.

4.1.2. Mäntyjen tuhot, taudit ja neulasten värimuutokset

Edellisessä bioindikaattoritutkimuksessa vuonna 2000 tutkituista 6 230 havaintomännystä 29 todettiin kuolleeksi kesällä 2004. Kaikissa tapauksissa puiden kuolinsyytä ei voitu tunnistaa. Tervasroso (*Cronartium flaccidum*, *Peridermium pini*), männyntyvitervastauti (*Heterobasidion annosum*) ja kuivuus olivat yleisimmin syynä havaintomäntyjen kuolemiseen. Puista tunnistettiin melko vähän selviä tuhojen aiheuttajia. Tervasroso oli yleisin männyissä todettu tauti (taulukko 13). Suomessa eri-ikäisistä männyistä noin 2–4 % on tervasrosoisia (Metla 2000), joten tutkimusalueella sen esiintyminen jäi vähän keskiarvon alapuolelle. Tutkituissa puissa tavattiin tuhohyönteisistä ytimennävertäjiä (*Tomicus sp.*), mutta niiden esiintyminen ei ollut kovin yleistä tutkimusalueen havaintopuissa.

Taulukko 13. Tutkittujen puiden (n = 7760) tauteja, tuholaisia ja muita vaurioiden aiheuttajia.

Tabell 13. Sjukdomar, skadedjur och andra skadeförorsakare hos de undersökta träden (n = 7760).

Aiheuttaja	puu lkm	%
tervasroso	70	0,90
ytimennävertäjä	47	0,61
tyvitervastauti	14	0,18
kuivuus	6	0,08
tykkylumi	13	0,17
runkovaurio	3	0,04
latva poikki	6	0,08

Tutkituissa puissa noin kahdessa prosentissa todettiin neulasten kellastumista (taulukko 14). Neulasten kellastumisen aiheuttajia voivat olla ravinnepuutokset tai ruskopilkkukariste (Uotila ja Kankaanhuhta 1999). Ruskistuneita neulasia oli tutkituissa puissa selvästi vähemmän kuin kellastuneita. Neulasten ruskistumista voivat aiheuttaa mm. tervasroso, männyntyvitervastauti, versosurma ja männynharmaakariste. Puiden sijaitseminen lähellä päästölähdettä (rikki- tai typpiyhdisteet) voi myös aiheuttaa neulasten kellastumista tai ruskistumista (Uotila ja Kankaanhuhta 1999). Kaikkiaan värivioista kärsivien puiden osuus koko aineistossa oli 2,6 %. Kasvukaudet 2002 ja 2003 olivat erityisen kuivia, mikä on todennäköisesti aiheuttanut värimuutoksia havaintopuissa.

Taulukko 14. Tutkittujen mäntyjen (n = 7760) neulasissa todettuja värimuutoksia.

Tabell 14. Färgförändringar som kunnat konstateras hos de undersökta tallarna (n = 7760).

Värimuutos	puu lkm	%
Kellastuneita neulasia	175	2,26
Ruskistuneita neulasia	32	0,41

4.1.3. Neulasten alkuainepitoisuudet

Neulasten alkuainepitoisuudet on määritetty havaintoverkon taajamatason näytealoilta ja niiden ulkopuolisilta tausta-aloilta kerätyistä neulasnäytteistä. Neulasten alkuainepitoisuuksien vertailu taajama- ja tausta-alueiden välillä perustuu pääosin seurantaohjelman mukaiseen taajamaluokitukseen. Seurantaohjelmasta poiketen taajama-alueisiin luokiteltiin myös taajamien ulkopuolella valtateiden läheisyydessä sijaitsevat näytealat. Lisäksi pääkaupunkiseudulla osa taajamien ulkopuolisista näytealoista sijaitsee ilman epäpuhtauksien kuormitusalueella eivätkä ole siten luokiteltavissa tausta-aloiksi. Tämän luokituksen mukaan näytealoista noin 83 % sijaitsee taajamissa tai valtateiden läheisyydessä ja noin 17 % sijaitsee tausta-alueilla.

Mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuus oli tutkimusalueella keskimäärin 1 071 mg/kg vaihdellen välillä 863–1 383 mg/kg. Neulasten rikkipitoisuudet olivat tutkimusalueella yleisesti tasoa 1 000–1 100 mg/kg eli luontaista rikkipitoisuustasoa lievästi korkeampia. Näytealat, joissa rikkipi-

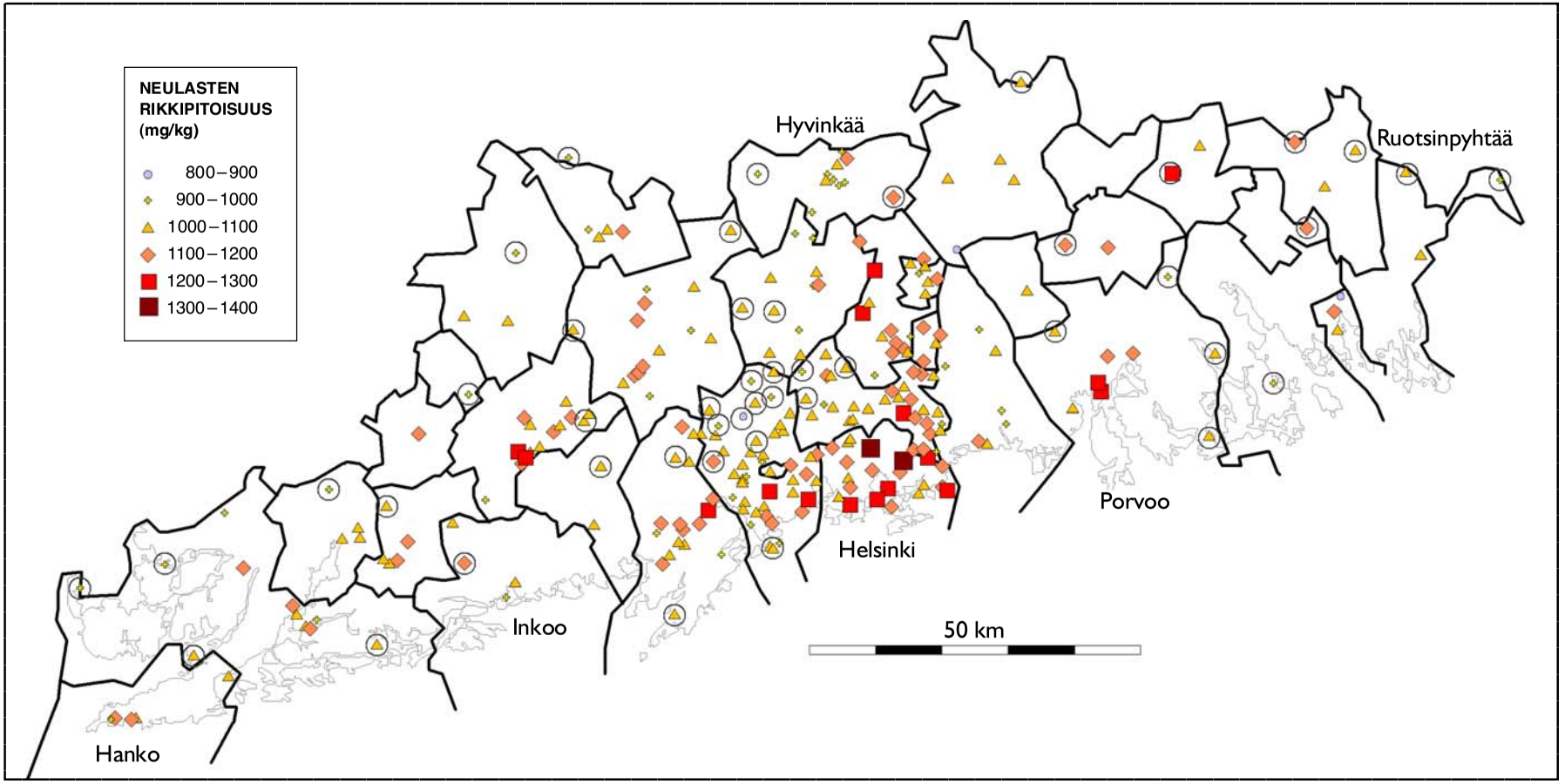
toisuudet olivat tasoa 1 100–1 200 mg /kg, painottuivat taajamien ja pääteiden läheisyyteen. Yli 1 200 mg/kg rikkipitoisuuksia määritettiin Helsingissä (6), Espoossa (2), Vantaalla (2), Tuusulassa (1), Nurmijärvellä (1), Porvoossa (2), Myrskylässä (1), Lohjalla (2) ja Kirkkonummella (1). Näistä näytealoista kahdella Helsingissä sijaitsevalla näytealalla neulasten rikkipitoisuudet olivat yli 1 300 mg/kg ylittäen selvästi normaalina pidettävän tason (kuva 24). Neulasten rikkipitoisuudet olivat taaja-maaloilla keskimäärin 1 079 mg/kg (vaihteluväli 863–1 383 mg/kg) ja taustaaloilla 1 029 mg/kg (vaihteluväli 866–1 219 mg/kg) (taulukko 15).

Taulukko 15. Männyn nuorimpien neulasten alkuainepitoisuudet Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan taajama- ja tausta-alueilla vuonna 2005.

Tabell 15. Koncentrationerna av grundämnen i de yngsta tallbarren på tätors- och bakgrundsområdena i Nyland och Östra Nyland år 2005.

Taajama-alueet	n	suurin	pienin	keskiarvo	keskihajonta
S mg/kg	221	1383	863	1079	83
N g/kg	221	22,4	7,0	13,6	1,6
B mg/kg	221	60,2	13,0	20,5	5,0
Ca g/kg	221	5,1	1,9	2,8	0,5
K g/kg	221	7,8	4,6	5,9	0,5
Mg g/kg	221	1,4	0,9	1,2	0,1
P g/kg	221	2,1	1,0	1,5	0,2
Al mg/kg	221	457	102	265	56,7
Cd mg/kg	221	0,4	0,1	0,2	0,1
Cr mg/kg	221	0,5	<0,3	0,2	0,0
Cu mg/kg	221	5,4	2,4	3,3	0,4
Mn mg/kg	221	874	105	419	141
Na mg/kg	221	419	<30,0	72,0	48,3
Ni mg/kg	221	5,0	0,6	1,7	0,7
Fe mg/kg	221	180	31,7	54,2	19,8
Zn mg/kg	221	99,2	33,4	48,4	7,0

Tausta-alueet	n	suurin	pienin	keskiarvo	keskihajonta
S mg/kg	46	1219	866	1029	71,6
N g/kg	46	18,4	10,7	13,2	1,5
B mg/kg	46	29,3	13,7	19,5	3,0
Ca g/kg	46	5,4	1,7	2,7	0,6
K g/kg	46	6,9	4,6	5,8	0,6
Mg g/kg	46	1,4	0,9	1,1	0,1
P g/kg	46	1,7	1,0	1,5	0,1
Al mg/kg	46	506	171	252	65,6
Cd mg/kg	46	0,3	0,1	0,2	0,1
Cr mg/kg	46	0,7	<0,3	0,2	0,1
Cu mg/kg	46	4,0	2,0	2,9	0,4
Mn mg/kg	46	927	223	456	154
Na mg/kg	46	102	<30,0	53,5	21,2
Ni mg/kg	46	2,1	0,4	1,2	0,4
Fe mg/kg	46	64,8	28,5	39,7	7,0
Zn mg/kg	46	66,2	35,2	48,4	6,0



Kuva 24. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten keskimääräiset rikkipitoisuudet (mg/kg) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 24. Svavelhalterna (mg/kg) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.

Neulasten typpipitoisuudet olivat tutkimusalueella välillä 7-22 g/kg keskimääräisen typpipitoisuuden ollessa 13,6 g/kg. Suurimmassa osassa näytealoista neulasten typpipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta välttävällä tasolla eli 11-14 g/kg. Neljällä näytealalla neulasten typpipitoisuus oli alle 11 g/kg, missä pitoisuudessa puun katsotaan kärsivän typen puutteesta. Nämä näytealat sijaitsivat Espoossa, Vihdissä ja Loviisassa. Näytealat, joissa neulasten typpipitoisuudet olivat puiden kasvun kannalta sopivaa tasoa eli 14–17 g/kg, sijoittuivat pääsääntöisesti taajamiin. Kymmenellä näytealalla neulasten typpipitoisuudet olivat tasoa 17–22 g/kg eli selvästi kohonneita (kuva 25, taulukko 16). Neulasten typpipitoisuuksille annetut raja-arvot vaihtelevat kuitenkin jonkin verran lähteestä riippuen. Esimerkiksi kangasmetsien mäntyjen ylälatvuksesta kerätyillä neulasnäytteillä tasoa 15–21 g/kg olevat typpipitoisuudet on luokiteltu puuston kasvun kannalta sopiviksi (Reinikainen ym. 1998).

Neulasten typpipitoisuudet olivat taajama- ja tausta-aloilla keskimäärin lähes samaa tasoa. Neulasten keskimääräinen typpipitoisuus oli taajama-aloilla 13,6 g/kg (vaihteluväli 7–22 g/kg) ja tausta-aloilla 13,2 g/kg (vaihteluväli 11–18 g/kg). Näin ollen myös tausta-aloilla todettiin puuston kasvun kannalta selvästi kohonneita neulasten typpipitoisuuksia (taulukko 15).

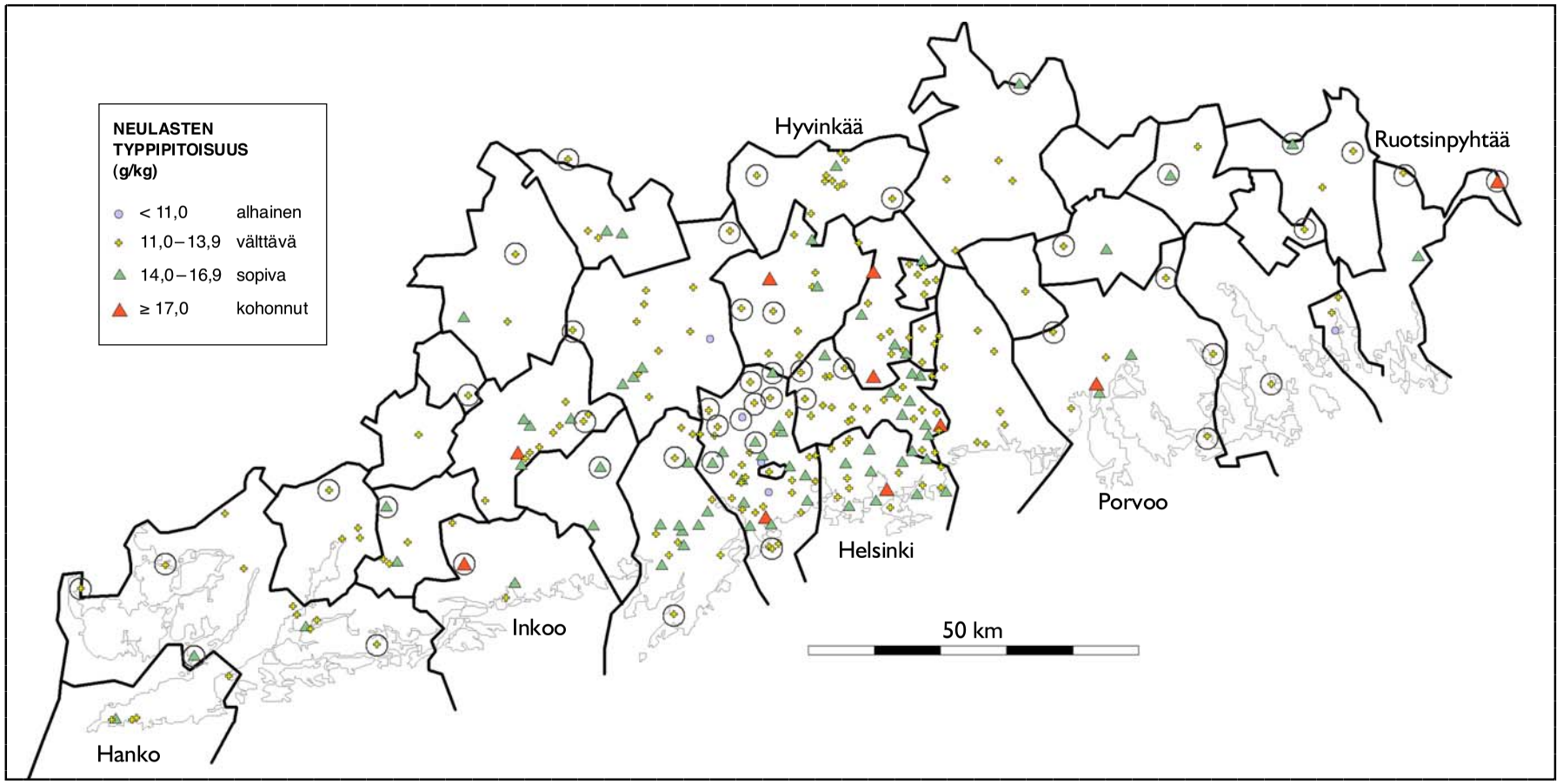
Neulasten booripitoisuudet vaihtelivat tutkimusalueella välillä 13–60 mg/kg keskimääräisen pitoisuuden ollessa 20,3 mg/kg (taulukko 16). Edellisellä seurantakierroksella Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan varsin korkeiden booripitoisuuksien yhtenä syynä pidettiin meren läheisyyttä (Rautjärvi ja Raitio 2003). Taajama- ja tausta-aloilla booripitoisuudet olivat keskimäärin lähes samaa tasoa. Neulasten keskimääräinen booripitoisuus oli taajama-aloilla 20,5 mg/kg ja tausta-aloilla 19,5 mg/kg (taulukko 15).

Neulasten kalium- ja magnesiumpitoisuudet olivat kaikilla näytealoilla normaalina pidettävällä tasolla. Pitoisuudet eivät poikenneet merkittävästi taajama- ja tausta-alueilla. Neulasten kalsiumpitoisuudet ylittivät korkean pitoisuuden rajan 4 g/kg viidellä näytealalla, jotka sijaitsivat Lohjalla (3), Helsingissä (1) ja Myrskylässä (1). Lohjan seudulla neulasten kalsiumpitoisuudet olivat yleisesti tasoa 3–4 g/kg. Samaa tasoa olevia kalsiumpitoisuuksia määritettiin kuitenkin koko tutkimusalueella useilla näytealoilla, jotka painottuivat Lohjan lisäksi pääkaupunkiseudulle, Kirkkonummelle, Tuusulaan, Vihtiin ja Hyvinkäälle (kuva 26). Kalsiumpitoisuudet olivat samaa tasoa taajama- ja tausta-alueilla (taulukot 15 ja 16).

Taulukko 16. Eräiden alkuaineiden keskimääräiset pitoisuudet tutkituissa näytteissä ja rajapitoisuuksien ylittäneiden havaintojen lukumäärät. Pitoisuuksia on verrattu taulukoiden 8 ja 9 pitoisuuksiin.

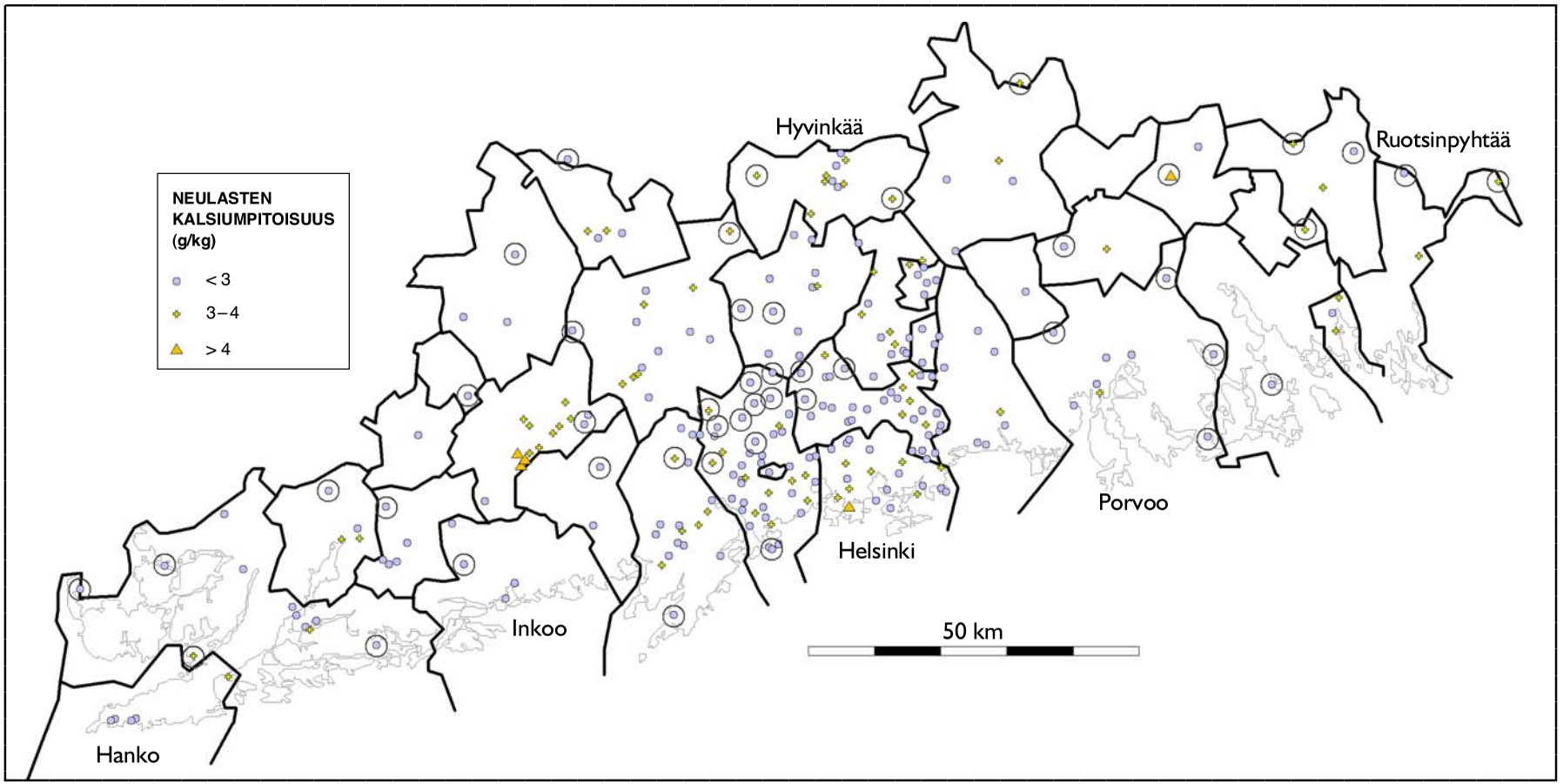
Tabell 16. Medelvärde för några grundämnen i de undersökta proven och antalet observationer som överskrider gränsvärden. Koncentrationerna har jämförts med värden i tabellerna 8 och 9.

	B mg/kg	Ca g/kg	K g/kg	Mg g/kg	N g/kg	P g/kg
keskiarvo	20,3	2,8	5,9	1,2	13,6	1,5
suurin	60,2	5,4	7,8	1,4	22,4	2,1
pienin	13,0	1,7	4,6	0,9	7,0	1,0
puutos	0	0	0	0	4	4
ylitys	0	5	0	0	10	1



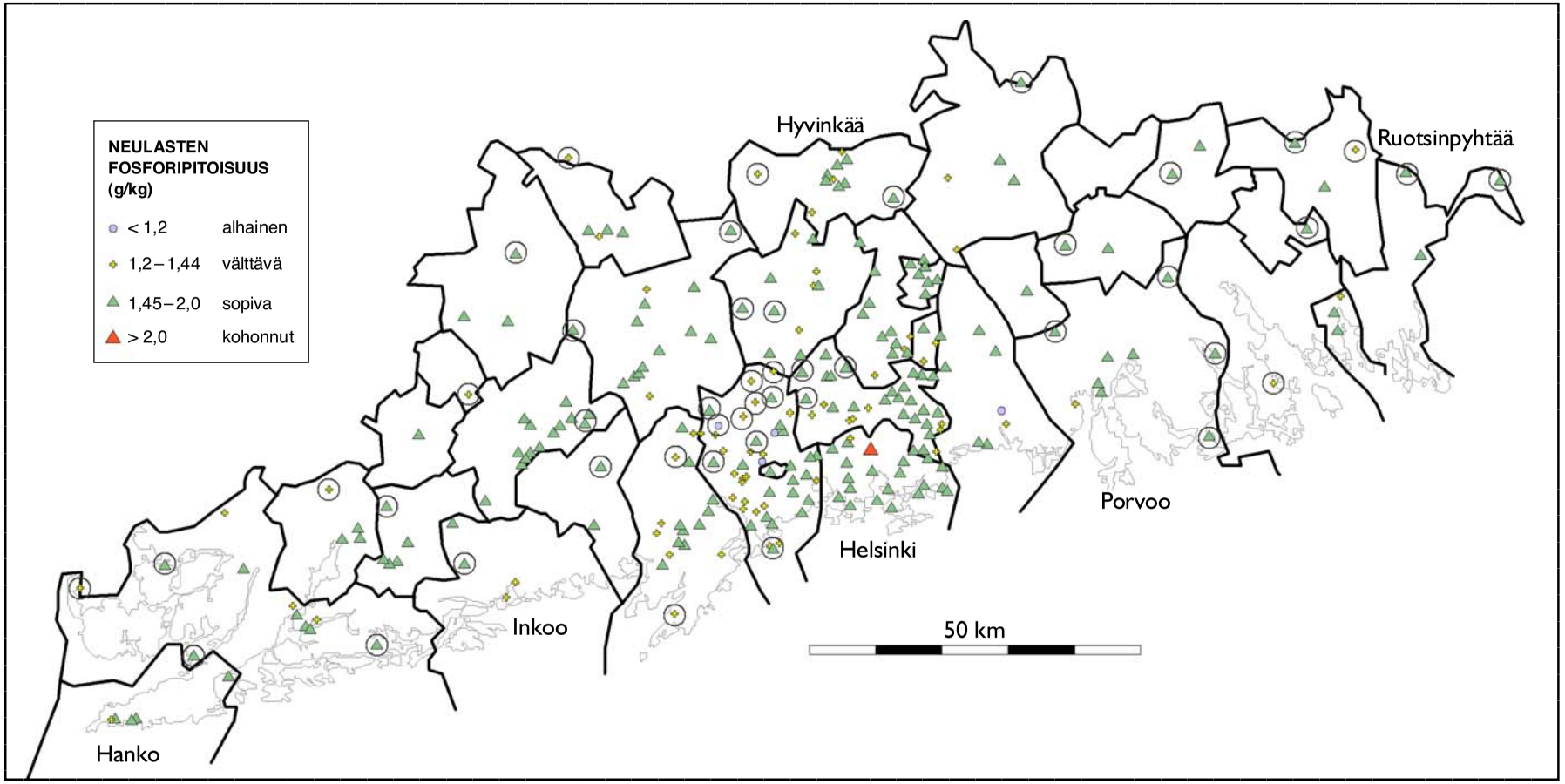
Kuva 25. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten keskimääräiset typpipitoisuudet (g/kg) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 25. Kvävehalterna (g/kg) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.



Kuva 26. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten keskimääräiset kalsiumpitoisuudet (g/kg) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 26. Kalsiumhalterna (g/kg) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.



Kuva 27. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten keskimääräiset fosforipitoisuudet (g/kg) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 27. Fosforhalterna (g/kg) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.

Taulukko 17. Neulasten alkuainepitoisuuksien välistä riippuvuutta kuvaavat Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet. Tilastollisesti merkitsevät riippuvuudet on merkitty tähdillä:
*** = erittäin merkitsevä ($p < 0{,}001$), ** = merkitsevä ($p < 0{,}01$), * = melkein merkitsevä ($p < 0{,}05$).

Tabell 17. Spearmans korrelationskoefficienter som beskriver beroendet mellan koncentrationerna av grundämnen i barren. Korrelationer med mycket hög statistisk signifikans har markerats med stjärnor:
*** = mycket signifikant ($p < 0{,}001$), ** = signifikant ($p < 0{,}01$), * = nästan signifikant ($p < 0{,}05$).

	Al	B	Cd	K	Ca	P	Cr	Cu	Mg	Mn	Na	Ni	Fe	S	Zn	N
Al	1,000	-0,075	-0,055	0,169**	0,323***	0,234***	0,076	0,241***	0,067	0,031	0,090	0,365***	0,378***	0,212***	-0,188**	-0,009
B	-0,075	1,000	0,098	0,087	-0,155*	0,059	0,093	0,058	0,093	-0,026	0,092	0,206**	0,134*	0,166**	0,024	0,042
Cd	-0,055	0,098	1,000	-0,208**	0,270***	-0,011	0,050	-0,158**	0,288***	0,196**	-0,064	-0,170**	-0,129*	0,059	0,503***	0,066
K	0,169**	0,087	-0,208**	1,000	-0,085	0,430***	0,006	0,381***	-0,221***	-0,167**	0,065	0,285***	0,239***	0,371***	-0,202**	0,068
Ca	0,323***	-0,155*	0,270***	-0,085	1,000	0,375***	0,025	0,163**	0,401***	0,201**	0,227***	-0,115	0,261***	0,363***	0,254***	0,089
P	0,234***	0,059	-0,011	0,430***	0,375***	1,000	-0,07	0,482***	0,265***	0,176**	0,135*	0,238***	0,401***	0,744***	-0,016	0,084
Cr	0,076	0,093	0,05	0,006	0,025	-0,070	1,000	-0,020	0,065	-0,015	0,063	0,010	0,172**	0,013	0,072	-0,097
Cu	0,241***	0,058	-0,158**	0,381***	0,163**	0,482***	-0,020	1,000	0,077	-0,041	0,213***	0,458***	0,524***	0,548***	-0,045	0,026
Mg	0,067	0,093	0,288***	-0,221***	0,401***	0,265***	0,065	0,077	1,000	0,112	0,136*	0,045	0,157**	0,322***	0,321***	-0,035
Mn	0,031	-0,026	0,196**	-0,167**	0,201**	0,176**	-0,015	-0,041	0,112	1,000	-0,129*	-0,100	-0,104	0,046	-0,033	-0,043
Na	0,090	0,092	-0,064	0,065	0,227***	0,135*	0,063	0,213***	0,136*	-0,129*	1,000	0,020	0,536***	0,200**	-0,026	0,045
Ni	0,365***	0,206**	-0,170**	0,285***	-0,115	0,238***	0,010	0,458***	0,045	-0,100	0,020	1,000	0,379***	0,227***	-0,360***	-0,066
Fe	0,378***	0,134*	-0,129*	0,239***	0,261***	0,401***	0,172**	0,524***	0,157**	-0,104	0,536***	0,379***	1,000	0,416***	-0,092	0,020
S	0,212***	0,166**	0,059	0,371***	0,363***	0,744***	0,013	0,548***	0,322***	0,046	0,200**	0,227***	0,416***	1,000	0,131*	0,073
Zn	-0,188**	0,024	0,503***	-0,202**	0,254***	-0,016	0,072	-0,045	0,321***	-0,033	-0,026	-0,360***	-0,092	0,131*	1,000	0,085
N	-0,009	0,042	0,066	0,068	0,089	0,084	-0,097	0,026	-0,035	-0,043	0,045	-0,066	0,020	0,073	0,085	1,000

Neulasten fosforipitoisuus oli alhainen kolmella Espoossa ja yhdellä Sipoossa sijaitsevalla näytealalla. Neulasten fosforipitoisuus ylitti niukasti korkean pitoisuuden rajan 2 g/kg yhdellä Helsingissä sijaitsevalla näytealalla. Muilla näytealoilla fosforipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta välttävällä ja sopivalla tasolla (kuva 27, taulukko 16). Myöskään neulasten fosforipitoisuuksissa ei todettu merkittäviä eroja taajama- ja tausta-alueiden välillä (taulukko 15).

Neulasten keskimääräisissä alumiini-, kadmium-, kromi, kupari- ja sinkkipitoisuuksissa ei todettu merkittäviä eroja taajama- ja tausta-alueiden välillä. Neulasten sinkkipitoisuus ei alittanut kivennäismaiden männiköiden puutosrajana pidettävää pitoisuutta 20 mg/kg (Rautjärvi ja Raitio 2003) yhdelläkään näytealalla. Neulasten keskimääräiset natrium-, nikkeli- ja rautapitoisuudet olivat tausta-alueilla pienemmät kuin taajamissa (taulukko 15).

Neulasten alkuainepitoisuuksien välistä riippuvuutta testattiin ei-parametrisella Spearmanin korrelaatioanalyysillä, jossa korrelaatiokertoimen laskeminen perustuu havaintolukujen järjestykseen. Thelin et al. (1998) mukaan typpilaskeuman lisääntyminen muuttaa puuston ravinnetasapainoa muuttamalla ainesuhteita ja voi johtaa muiden ravinteiden puutokseen tai heikentää puiden ravinteidenottokykyä. Neulasten typpipitoisuuden ja määritettyjen alkuainepitoisuuksien välinen riippuvuus ei kuitenkaan todettu tilastollisesti merkitseväksi yhdenkään alkuaineen kohdalla. Neulasten alkuainepitoisuuksien väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 17.

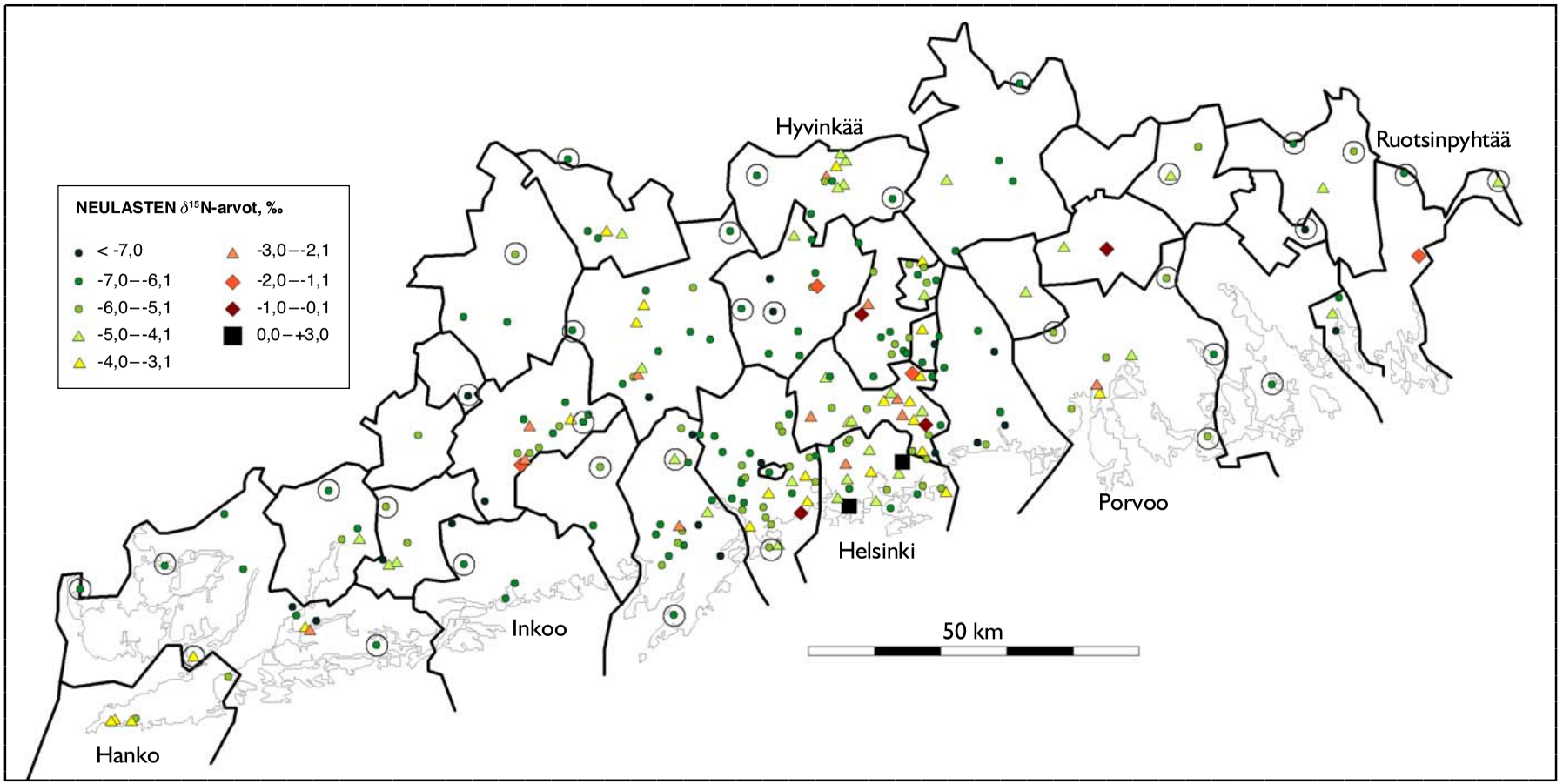
4.1.4. Neulasten typen ja rikin pysyvät isotoopit

Typen isotooppisuhteet

Suurimmat δ^{15}N-arvot määritettiin lähes yksinomaan taajama-alueiden puistomaisissa ja pinta-alaltaan pienissä männiköissä, joihin taajamaliikenteen päästöjen aiheuttama kuormitus kohdistuu. Näillä näytealoilla δ^{15}N-arvot olivat suuremmissa taajamissa tasoa -3,2 – +2,3 ‰ ja pienemmissä taajamissa tasoa -4,4 – -0,3 ‰. Suurimmat yli -2 ‰ δ^{15}N-arvot sijoittuivat Helsinkiin (2), Vantaalle (2), Espooseen (1), Tuusulaan (1), Nurmijärvelle (1), Lohjalle (1), Askolaan (1) ja Ruotsinpyhtäälle (1) (kuva 28).

Pienissä kuntakeskuksissa δ^{15}N -arvot olivat pääsääntöisesti pieniä vastaten metsäisempien tausta-alojen tasoa. Pienistä kuntakeskuksista suhteellisen suuret δ^{15}N-arvot määritettiin Askolan taajamassa, jossa avoimella puistomaisella näytealalla neulasten δ^{15}N-arvo oli -0,3 ‰, ja Ruotsinpyhtään taajamassa, jossa δ^{15}N-arvo oli -1,0 ‰. Tuusulassa Siippoon ja Nummen kylässä δ^{15}N-arvot olivat -0,7 ‰ ja -2,9 ‰. Selvää syytä suurille δ^{15}N-arvoille ei näytealojen sijainnin perusteella voida sanoa. Esimerkiksi Askolassa näytealan avoimuus ja sijainti taajama-alueen läheisyydessä ei selitä koko tutkimusalueeseen nähden suhteellisen suurta δ^{15}N-arvoa.

Neulasten pienimmät δ^{15}N-arvot sijoittuivat selvästi metsäisemmille näytealoille, joita sijaitsi paitsi kauempana kuntien taajama-alueista myös aivan taajama-alueiden läheisyydessä. Näillä näytealoilla δ^{15}N-arvot olivat välillä -7,9 – -4,4 ‰. Taajama-alueiden läheisyydessä sijaitsevissa laajemmissa metsiköissä δ^{15}N-arvot olivat taajamaliikenteen läheisyydestä huolimatta selvästi pienemmät kuin aivan taajama-alueen keskellä sijaitsevissa pienissä männiköissä. Kun pääkaupunkiseutu jätetään tarkastelun ulkopuolelle, muutamalta taajama-alueiden ulkopuolisilta näytealoilta määritettiin selvästi tausta-aloja suurempia δ^{15}N-arvoja. Osa näistä sijaitsi aivan valtateiden läheisyydessä. δ^{15}N-arvojen perusteella valtateiden liikenteen typpipäästöjen vaikutus ei kuitenkaan ulotu kauas tiestä, sillä liikenteen päästöt eivät näkyneet neulasten tausta-tasoa suurempina δ^{15}N-arvoina näytealoilla, jotka sijaitsivat noin 100 – 500 metrin etäisyydellä valtateistä. Toisin sanoen pääkaupunkiseudun ulkopuolella val-



Kuva 28. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten δ^{15}N-arvot (‰) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 28. δ^{15}N-värden (‰) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.

tateiden liikenne todettiin typen isotooppikoostumusten perusteella neulasten typen todennäköiseksi alkuperäksi vain niillä näytealoilla, jotka sijaitsivat aivan valtatien vieressä. Koska useimmat alat sijaitsivat hieman kauempana valtateistä, valtateiden liikenteen vaikutus neulasten typen isotooppikoostumukseen jäi vähäiseksi taajama-alueiden ulkopuolella.

Pääkaupunkiseudulla suurimmat δ^{15}N-arvot määritettiin taajama-alueiden keskelle sijoittuvissa pienissä männiköissä ja pääväylien läheisyydessä. Helsingissä suurimmat δ^{15}N-arvot olivat tasoa -3,4–+2,3 ‰. Näistä näytealoista kolme sijoittui Kehä I:n läheisyyteen. Lahden moottoritien ja Kehä I:n liittymän lähellä sijaitsevalla näytealalla δ^{15}N-arvo oli +0,3 ‰. Vuosaaressa Skatanniemessä sijaitsevalla näytealalla neulasten δ^{15}N-arvo oli -3,4 ‰. Näytealan pohjoispuolella sijaitsee Vuosaaren voimalaitos, jossa energiaa tuotetaan yhdistetyllä kaasu- ja höyryturbiiniprosessilla. Neulasten δ^{15}N -arvo ei kuitenkaan todennäköisesti viittaa voimalaitoksesta peräisin olevaan typpeen, sillä δ^{15}N-arvo on varsin pieni ja näytealan luoteispuolella noin kilometrin etäisyydellä sijaitsee toinen näyteala, jossa δ^{15}N-arvo oli -5,5 ‰. Molemmat näytealat ovat osa laajempaa metsikköä. Tämän aineiston perusteella ei voida selvästi päätellä, mitkä seikat vaikuttavat Skatanniemestä määritettyyn δ^{15}N-arvoon.

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella suurin δ^{15}N-arvo +2,3 ‰ määritettiin Helsingin Hietaniemessä sijaitsevalta näytealalta, joka on avoin ja vähäpuustoinen havaintoala. Positiivinen δ^{15}N-arvo voi johtua siitä, että puustoltaan avoimeen näytealaan kohdistuu Helsingin keskustaliikenteen typpikuormitus. Neulasten typpi voi mahdollisesti olla peräisin myös näytealan lounaispuolella sijaitsevasta Salmisaaren hiilivoimalasta. δ^{15}N-arvo ei ole kuitenkaan niin suuri, että se selvästi osoittaisi hiilivoimalan typpiyhdisteiden alkuperäksi.

Espoossa suurin δ^{15}N-arvo määritettiin Matinkylässä Länsiväylän vieressä, jossa neulasten δ^{15}N-arvo oli -0,6 ‰. Espoon itäosissa Turun moottoritien läheisyydessä neulasten δ^{15}N-arvo oli suurimmillaan -3,8 ‰. Vantaalla suurimmat δ^{15}N-arvot määritettiin kaupungin itäosissa Tuusulan ja Lahden moottoritien sekä Tikkurilan ja Korson välisellä alueella. Neulasten δ^{15}N-arvot olivat tällä alueella välillä -4,1–-0,9 ‰. Kehä III:sta lähimmät noin kilometrin etäisyydellä sijainneet näytealat sijaitsivat suhteellisen laajoissa metsiköissä eikä Kehä III:n vaikutus näin ollen näkynyt neulasten typen isotooppikoostumuksissa. Vantaan länsipuolella Petikon teollisuus- ja kauppa-alueen pohjoispuolella noin kahden kilometrin etäisyydellä Kehä III:sta δ^{15}N-arvo oli -2,4 ‰. Näyteala sijaitsee noin 2,5 kilometrin etäisyydellä Martinlaakson voimalaitoksesta, mikä voi osittain selittää suuremman δ^{15}N -arvon verrattuna muualla Vantaan länsiosissa ja Espoon itäosissa vallitsevaan tasoon.

Neulasten δ^{15}N-arvojen ja typpipitoisuuksien välistä riippuvuutta testattiin ei-parametrisellä Spearmanin korrelaatioanalyysillä. Analyysin perusteella näiden muuttujien välinen riippuvuus todettiin tilastollisesti erittäin merkitseväksi (merkitsevyystaso 0,000). Neulasten δ^{15}N-arvojen ja typpipitoisuuksien välinen riippuvuus ei ole kuitenkaan havaintojen hajonnan perusteella selvästi lineaarinen ja varsin pieni korrelaatiokerroin (0,347) viittaa yleensä siihen, ettei riippuvuudella ole suurta käytännön merkitystä. Tähän vaikuttaa merkittävästi neulasten typpipitoisuuksien vähäinen hajonta ja se, että taajamissa, joihin suurimmat typpipitoisuudet keskittyivät, todettiin sekä suuria δ^{15}N-arvoja että taustatasoa olevia arvoja.

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella neulasten δ^{15}N -arvot viittaavat lähinnä liikenteestä peräisin olevaan typpeen. Yhdelläkään näytealalla ei todettu selvästi positiivisia δ^{15}N-arvoja, jotka olisivat viitanneet selvästi muista päästölähteistä peräisin olevaan typpeen. Suurimpien δ^{15}N-arvojen sijoittuminen pääsääntöisesti aivan taajamien keskelle tai valtateiden viereen ja pienimpien arvojen

sijoittuminen metsäisemmille tausta-alueille tai taajama-alueiden laajempiin metsiköihin kuvastaa sitä, että näytealaa ympäröivä metsä suojaa neulasia liikenteen päästöiltä eikä taajama- ja valtatieliikenteen vaikutus näin ollen ulotu kauas päästölähteistä. Taajama-alueisiin nähden pienemmät δ^{15}N-arvot syrjäisemmillä ja metsäisemmillä alueilla tukee havaintoja, joita on tehty yleisesti myös muissa isotooppitutkimuksissa. Päästölähteiden läheisyydessä mm. typen poistuminen lisääntyy, kun typpi ei ole enää puun kasvua rajoittava tekijä. Lisääntyneestä typen poistumisesta johtuen ^{15}N -isotooppi runsastuu kasveissa, sillä poistuvissa typpiyhdisteissä on todettu olevan vähän tätä raskaampaa isotooppia. Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että typen isotooppisuhteisiin vaikuttavat monet luontaiset tekijät ja esimerkiksi maaperän vaikutusta todettuihin δ^{15}N-arvoihin ei pystytä tämän tutkimuksen puitteessa tarkastelemaan.

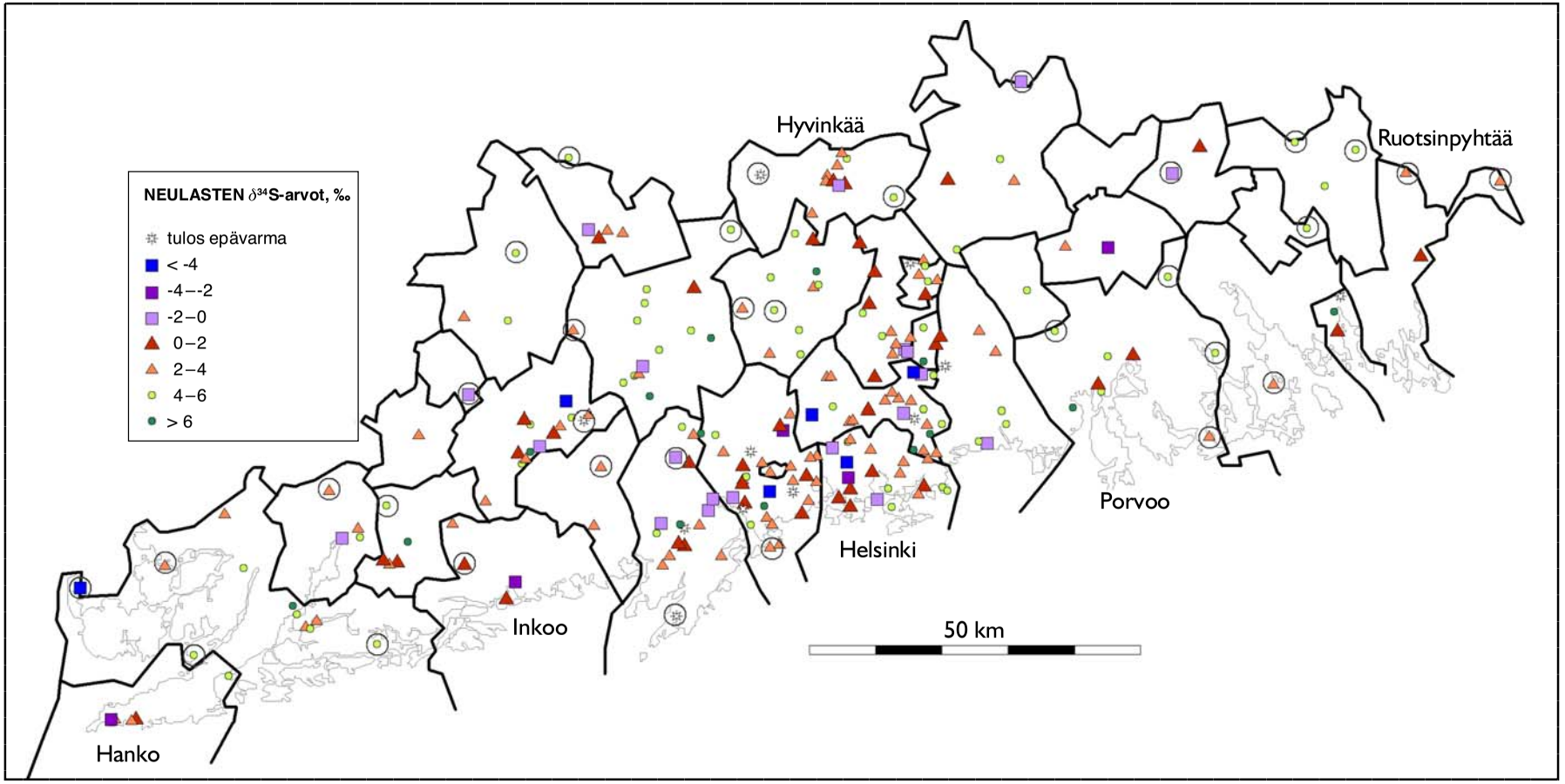
Rikin isotooppisuhteet

Neulasnäytteistä määritetyt rikin δ^{34}S -arvot vaihtelivat Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella välillä -5,4–+8,7 ‰. Osasta neulasnäytteitä rikin isotooppisuhteiden määritystä ei voitu luotettavasti tehdä näytteessä olevien analyysiä haittaavien tekijöiden vuoksi. Nämä näytealat on merkitty karttaan tähdellä (kuva 29). Tausta-aloilla sekä osassa taajamien lähimetsien näytealoista δ^{34}S-arvot olivat pääasiassa tasoa +4–+6 ‰, mutta myös +3 ‰ ja yli +6 ‰ arvoja määritettiin. Suurimmat yli +6 ‰ sijoittuivat pääasiassa kuormitettujen alueiden läheisyyteen kuten Vantaan itäosiin, Porvoon Kilpilahteen sekä Lohjan ja Kirkkonummen taajamiin. Toisaalta samaa suuruusluokkaa olevia δ^{34}S-arvoja määritettiin myös tausta-aloilta. Näiden suurimpien arvojen osalta ei ole aivan selvää, vaikuttaako arvoihin tietyn tyyppinen päästölähde vai kuvastavatko arvot lähinnä taustatasoa.

Taajamissa δ^{34}S-arvot olivat yleisesti tausta-arvoja pienempiä. Taajama-aloilla todettiin sekä positiivisia että selvästi negatiivisia δ^{34}S-arvoja. Taajamissa positiiviset δ^{34}S-arvot olivat tasoltaan lähellä nollaa arvojen vaihdellessa välillä 0–+4 ‰. Näillä näytealoilla neulasten δ^{34}S-arvot kuvastavat todennäköisimmin yleistä taajama-alueiden rikkikuormitusta, joka on peräisin liikenteen ohella useista muista lähteistä. Tasoa 0–+2 ‰ olevia δ^{34}S-arvoja todettiin myös hyvin pienissä kuntakeskuksissa.

Taajama-alueilla ja muutamilla taajamien ulkopuolisilla näytealoilla todettiin selvästi negatiivia δ^{34}S-arvoja. Näytealat sijaitsivat pääsääntöisesti voimalaitosten, lämpökeskusten ja teollisuusalueiden läheisyydessä. Näillä näytealoilla δ^{34}S-arvot olivat tasoa -6,7–-0,5 ‰ ja kuvastavat todennäköisimmin polttoöljyn ja kivihiilen polttamisessa syntyviä rikkipäästöjä. Pääkaupunkiseudulla polttoöljyä ja kivihiiltä pääasiallisena tai lisäpolttoaineenaan käyttävät voimalaitokset ja lämpökeskukset osoittautuivat δ^{34}S -arvojen perusteella todennäköiseksi neulasten rikin alkuperäksi Helsingissä kahdella, Espoossa yhdellä ja Vantaalla kolmella näytealalla. Helsingin Lassilassa ja Kivihaassa sijaitsevilla näytealoilla, jotka sijaitsevat noin puolen kilometrin etäisyydellä läheisistä lämpökeskuksista, δ^{34}S-arvot olivat -3,3 ja -4,2 ‰. Helsingissä määritettiin negatiiviset δ^{34}S-arvot myös Malminkartanossa ja Mustikkamaalla sijaitsevilla näytealoilla. Molemmat näytealat sijaitsevat teollisuusalueen läheisyydessä ja 1–2,5 kilometrin etäisyydellä lähimmästä voimalaitoksesta tai lämpökeskuksesta.

Espoon Viiskorvessa, jonka itäpuolella noin kahden kilometrin etäisyydellä sijaitsee Juvanmalmin lämpökeskus, neulasten δ^{34}S-arvo oli -2,2 ‰. Lisäksi Espoossa Puolarmetsän pohjoispuolella sijaitsevalla näytealalla δ^{34}S-arvo oli -4,4 ‰. Suomenojan hiilivoimala sijaitsee näytealan eteläpuolella noin kolmen kilometrin etäisyydellä, mutta neulasten rikin alkuperäksi voimalaitoksen päästöjä ei



Kuva 29. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten δ^{34}S-arvot (‰) talvella 2005. Taajamien ulkopuoliset näytealat on ympyröity.

Bild 29. δ^{34}S-värden (‰) i de yngsta tallbarren i medeltal på provytorna vintern 2005. Provområden utanför tätorterna har omringats.

voida täydellä varmuudella sanoa. Vantaalla neulasten δ^{34}S-arvo oli Martinlaakson voimalaitoksen luoteispuolella noin 2,5 kilometrin etäisyydellä lähimmällä näytealalla -4,3 ‰. Voimalaitoksessa käytetään polttoaineena maakaasun ohella kivihiiltä. Korsossa sijaitsevan lämpökeskuksen vaikutus näkyi kahdella lähimmällä näytealalla, joissa neulasten δ^{34}S-arvot olivat -5,4 ja -1,0 ‰. Lisäksi Vantaan Satomäessä määritettyyn δ^{34}S-arvoon -1,5 ‰ on voinut vaikuttaa lämpökeskus, joka sijaitsee Honkanummessa noin kahden kilometrin etäisyydellä näytealasta.

Negatiivisia δ^{34}S-arvoja määritettiin pääkaupunkiseudun ulkopuolella pääasiassa taajamien läheisyydessä. Useimmat näistä näytealoista sijaitsivat lämpökeskusten ja teollisuusalueiden läheisyydessä. Esimerkiksi Inkoon Betesmarkenissa δ^{34}S-arvo oli -3,1 ‰ näytealalla, joka sijaitsee alle kilometrin etäisyydellä kaukolämpölaitoksesta, jossa käytetään polttoaineena pääasiassa raskasta polttoöljyä. Neulasten δ^{34}S-arvot olivat negatiivisia teollisuusalueiden läheisyydessä muun muassa Kirkkonummen, Vihdin, Hyvinkään ja Tuusulan taajaman lähiympäristössä. Negatiivisia δ^{34}S-arvoja määritettiin myös muutamalta kuntakeskusten ulkopuoliselta alalta. Näillä näytealoilla neulasten rikki voi olla peräisin pienemmistä paikallisista päästölähteistä kuten öljylämmitteisten kiinteistöjen öljykattiloista.

Neulasten δ^{34}S-arvot ja rikkipitoisuudet eivät korreloineet keskenään (merkitsevyystaso 0,269), kun muuttujien välistä riippuvuutta testattiin eiparametrisellä Spearmanin korrelaatioanalyysillä. Tulos oli odotusten mukainen, sillä neulasten suurimmat rikkipitoisuudet painottuivat pääsääntöisesti taajamiin, mutta näillä kuormitetuimmilla alueilla määritettiin sekä selvästi positiivisia että selvästi negatiivisia δ^{34}S-arvoja riippuen näytealan sijainnista suhteessa suurimpiin rikin pistepäästölähteisiin.

Rikin isotooppikoostumuksen perusteella neulasten rikin alkuperän jäljittäminen ei ole täysin yksiselitteistä vaan eri päästöille ominaiset vaikutukset isotooppisuhteisiin tuottavat δ^{34}S-arvoja, jotka ovat osittain samaa tasoa. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla havaitut selvästi pienimmät negatiiviset arvot sijoittuivat voimalaitosten ja lämpökeskusten läheisyyteen. Osassa voimalaitosten lähimmistä näytealoista, esimerkiksi Helsingin Salmisaaren voimalaitoksen läheisyydessä, δ^{34}S-arvot olivat tasoa 0–+1 ‰. Myös muiden vastaavien laitosten läheisyydessä todettiin paitsi selvästi negatiivisia δ^{34}S-arvoja, myös tasoa -1–+1 ‰ olevia δ^{34}S-arvoja. Lähellä nollaa olevat δ^{34}S-arvot voivat viitata siihen, että neulasten rikki on ainakin osittain peräisin läheisistä lämmön- ja energiantuotantolaitoksista, mutta rikki lienee kuitenkin todennäköisimmin peräisin useammasta päästölähteestä. Neulasten δ^{34}S-arvoja tarkasteltaessa on myös muistettava, että neulasten rikki on peräisin suurelta osin maaperästä, jossa esiintyy runsaammin raskaampaa ^{34}S-isotooppia. Myös erilaiset luonnonprosessit ja näytealojen luontaiset ominaisuudet vaikuttavat neulasten rikkipitoisuuteen ja rikin isotooppisuhteisiin.

4.2. Seurantatutkimusten 2000–2001 ja 2004–2005 tulosten vertailu

Eri seurantatutkimusten välisessä vertailussa on mukana 622 havaintoalaa. Tarkastelussa ovat mukana vain ne kunnat, jotka olivat mukana seurannassa vuonna 2000 (Niskanen ym. 2001). Vuosien välistä vertailua heikentää se, etteivät kaikki havaintoalat ole säilyneet muuttumattomina seurantavuosien aikana. Vuonna 2004 jouduttiin perustamaan 40 uutta havaintoalaa hakkuiden ja maankäytön muutosten takia. Uudet havaintoalat ovat mukana vertailussa, mikä on otettava huomioon eri vuosien tuloksia vertailtaessa. Lisäksi tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että jäkälälajistossa yhden jäkälälajin muutos ja vaurioiden osalta puolen vaurioluokan muutos voi osassa havaintoaloista johtua myös jäkälähavainnointiin liittyvästä mittausepävarmuudesta.

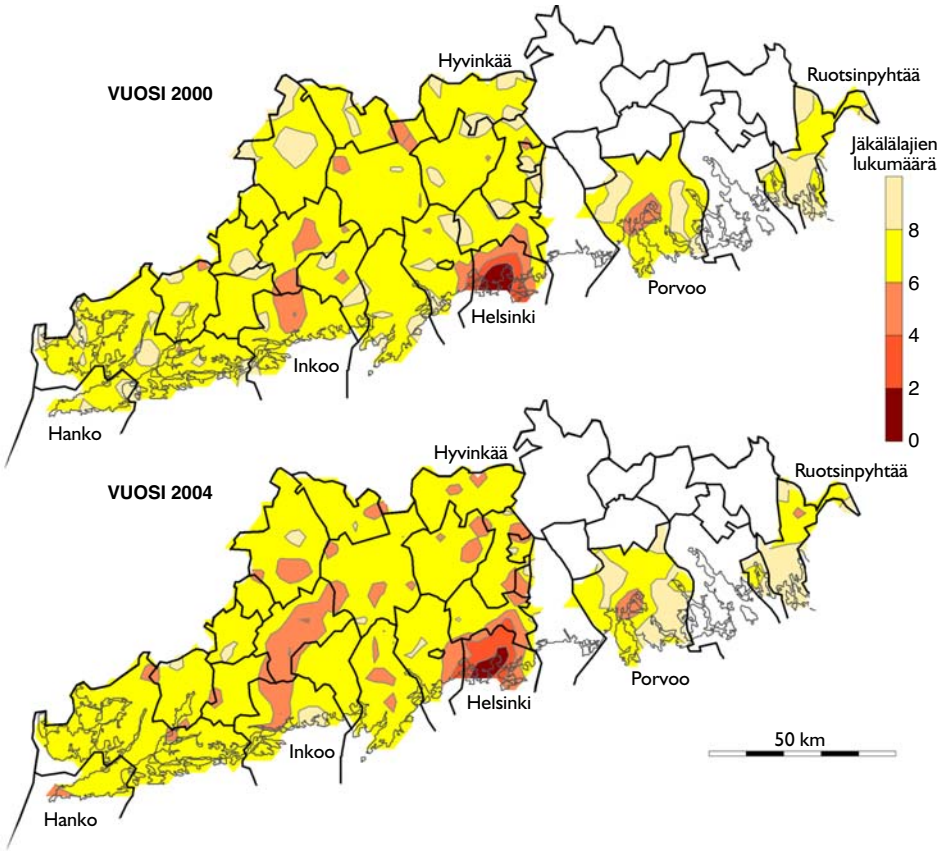
4.2.1. Mäntyjen runkojäkälät

Mäntyjen runkojäkälistöä kuvaavien muuttujien tilastolliset tunnusluvut vuosilta 2000 ja 2004 on esitetty taulukossa 18. Muuttujien perusteella laskennallisesti arvioituja vyöhykkeitä tarkasteltaessa jäkälälajistoltaan erittäin selvästi köyhtynyt alue oli pienentynyt Helsingissä, samalla kun selvästi köyhtynyt alue oli hieman laajentunut vuoteen 2000 verrattuna. Jäkälälajistoltaan köyhtynyt alue oli laajentunut Helsingin ja Keravan sekä Inkoon ja Lohjan välisellä alueella. Myös muualla Uudenmaan ja Itä-Uu-

Taulukko 18. Jäkälälajien lukumäärää, sormipaisukarpeen vaurioluokkaa ja sormipaisukarpeen peittävyyttä kuvaavat tunnusluvut Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 2000 ja 2004. Lajimäärissä on mukana standardin SFS 5670 mukaiset lajit ilman viherleväpeitettä ja seinänsuomujäkälää.

Tabell 18. Parameter som beskriver antalet lavarter samt blåslavs skadeklass och täckning i Nyland och Östra Nyland åren 2000 och 2004. Arter enligt SFS 5670 standarden är med i observationerna utom grönalgsbeläggning och flarnlav.

	vuosi	näytealoja kpl	suurin	pienin	keskiarvo
Jäkälälajien lukumäärä (0 – 10)	2000	622	10	1	7,1
	2004	622	10	1	6,6
Sormipaisukarpeen vaurioluokka (1 – 5)	2000	622	5,0	1,0	2,0
	2004	622	4,8	1,1	2,2
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2000	622	48	0	6,5
	2004	622	27	0	4,3



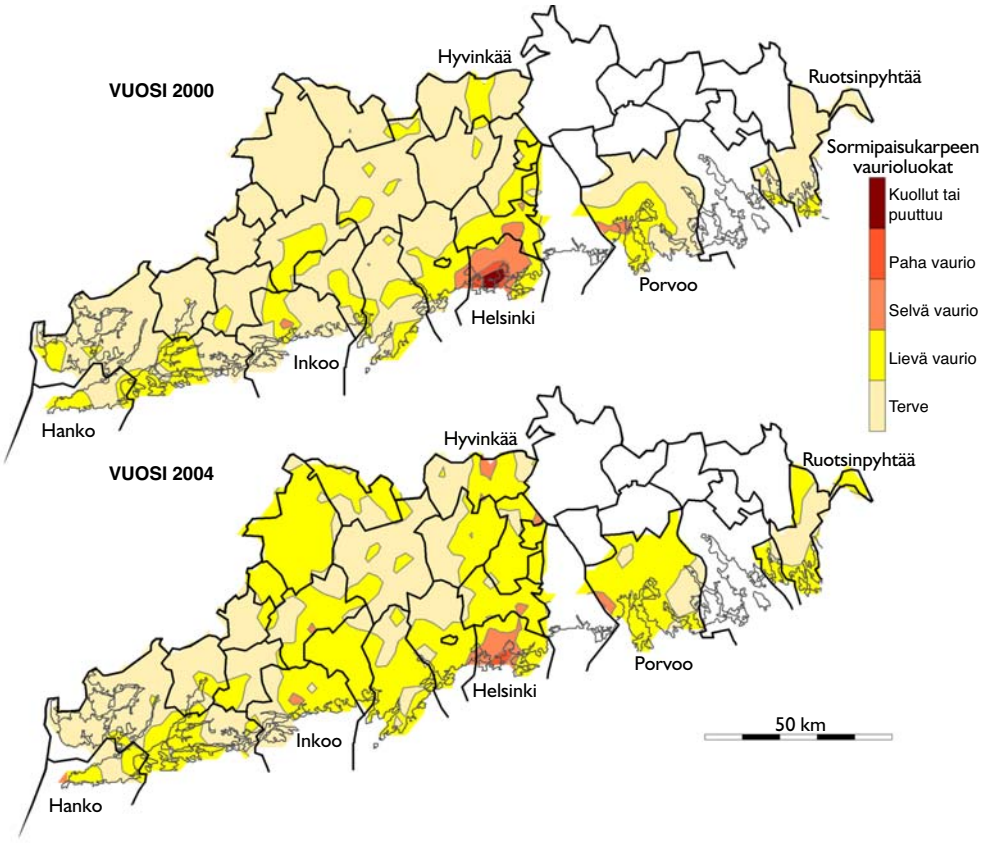
Kuva 30. Jäkälälajien lukumäärän perusteella laskennallisesti arvoidut vyöhykkeet Uudella-

maalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 2000 ja 2004. Mukana tarkastelussa ovat standardin SFS 5670 mukaiset lajit lukuun ottamatta viherleväpeitettä ja seinänsuomujäkälää.

Bild 30. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av antalet lavar i Nyland och Östra Nyland åren 2000 och 2004. Arter enligt SFS 5670 standarden är med i observationerna utom grönalgsbeläggning och flarnlav.

denmaan alueella lajistoltaan köyhät alueet olivat hieman laajentuneet (kuva 30).

Aikaisempaan tutkimukseen verrattuna Helsingin lisäksi yhdeltä Hyvinkään taajamassa ja yhdeltä Vantaa itäosissa sijaitsevalta havaintoalalta löydettiin enimmillään yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji. Hyvinkään taajamassa jäkälälajistossa todettu vähennys oli tällä havaintoalalla käytännössä yksi jäkälälaji. Vantaan itäosissa sijaitsevalla havaintoalalla vähennystä aikaisempaan oli kolme jäkälälajia. Tulos ei ole kuitenkaan suoraan verrannollinen aikaisempaan tutkimukseen, sillä havaintoala jouduttiin hakkuiden vuoksi perustamaan uudelleen.



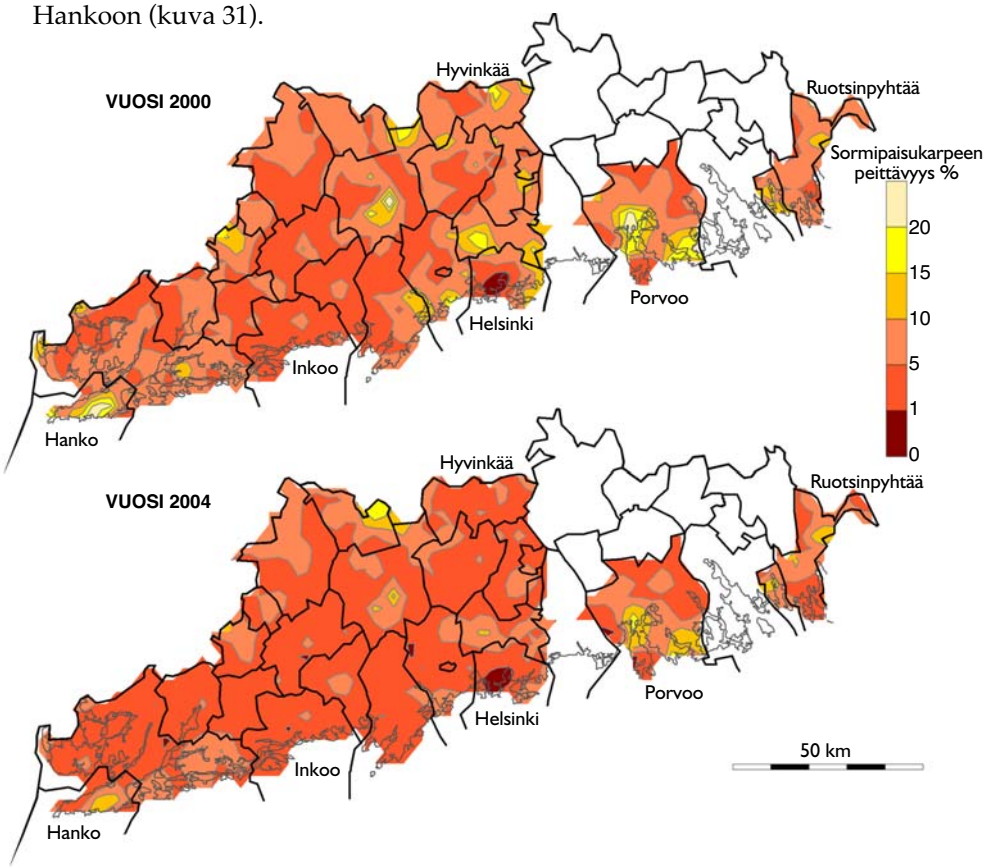
Kuva 31. Sormipaisukarpeen vaurioiden perusteella laskennallisesta arvioidut vyöhykkeet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 2000 ja 2004. Vaurioiden luokitus on esitetty taulukossa 5.

Bild 31. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av skador hos blåslav i Nyland och Östra Nyland åren 2000 och 2004. Klassificering av skadorna finns beskriven i tabell 5.

Lohjan ja Inkoon välisellä alueella todettu lajistoltaan köyhtyneen alueen laajentuminen oli seurausta jäkälälajiston vähenemisestä useilla Lohjan taajama-alueen läheisillä havaintoaloilla. Useilla näistä havaintoaloista ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärä oli vähentynyt aikaisempaan nähden kahdella jäkälälajilla.

Sormipaisukarpeen vaurioiden alueellisessa jakaantumisessa selvin muutos vuoden 2000 tilanteeseen verrattuna oli pahimman vaurioalueen pienentyminen Helsingissä ja lievien vaurioiden vyöhykkeen suurentuminen tutkimusalueella. Pääkaupunkiseudulla selvien vaurioiden vyöhyke oli pienentynyt. Selvien vaurioiden vyöhyke painottui vuonna 2000 pääkaupunkiseudulle, kun taas vuonna 2004 pieniä selvien vaurioiden alueita muodostui Porvoon ja Inkoon lisäksi myös Hyvinkäälle, Järvenpään pohjoispuolelle ja Hankoon (kuva 31).

Pistefrekvenssillä mitatut sormipaisukarpeen peittävyydet (%) olivat suuressa osassa tutkimusaluetta pienempiä kuin vuonna 2000. Vyöhyke, jolla sormipaisukarpeen peittävyys oli alle 1 %, oli pysynyt Helsingin keskustan läheisyydessä liki samansuuruisena. Vyöhykkeiden avulla tarkasteltuna alle 1 %:n peittävyydet keskittyivät vuonna 2000 Helsingin keskustan läheisyyteen, kun taas vuoden 2004 kartoituksessa pieniä alle 1 %:n peittävyysalueita muodostui myös Tammisaareen, Inkooseen, Lohjalle, Espooseen ja Porvooseen. Selvin muutos sormipaisukarpeen peittävyyksien alueellisessa jakautumisessa oli 1–5 %:n peittävyysvyöhykkeen selvä laajentuminen ja 5–15 %:n vyöhykkeiden selvä supistuminen. Myös alue, jossa peittävyydet olivat yli 15 %, oli pienentynyt (kuva 32).



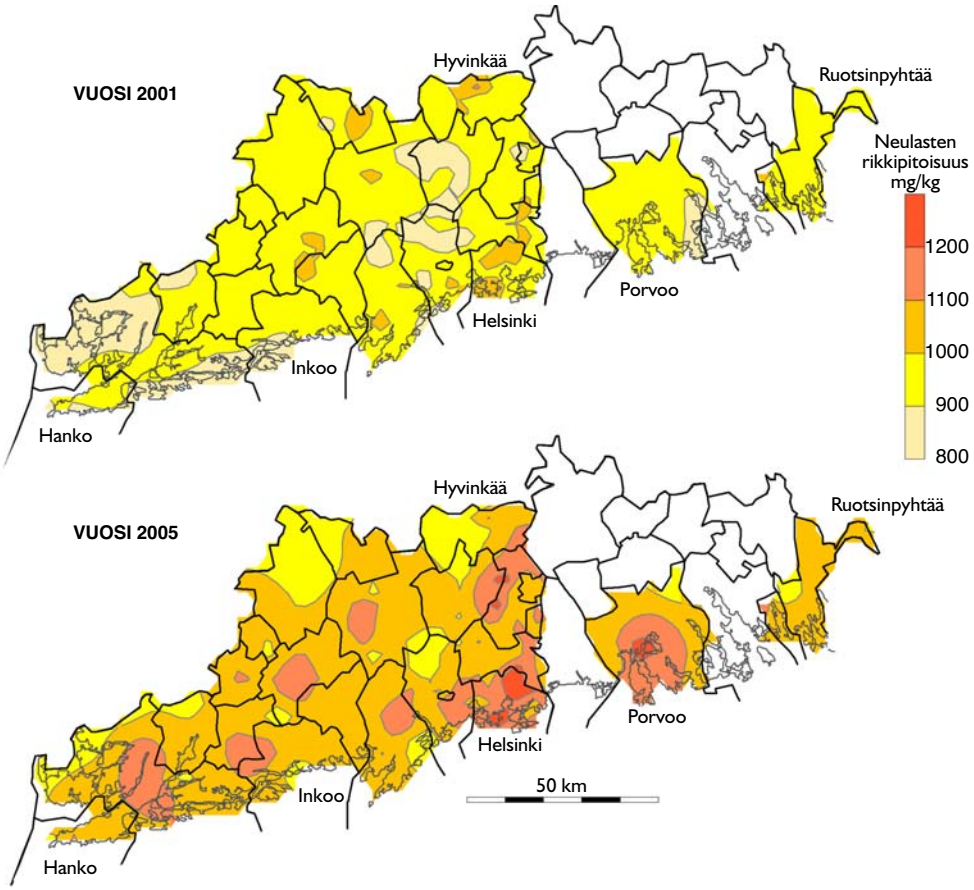
Kuva 32. Sormipaisukarpeen peittävyyden (%) perusteella laskennallisesta arvioidut vyöhykkeet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 2000 ja 2004.

Bild 32. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av täckning av blåslav (%) i Nyland och Östra Nyland åren 2000 och 2004.

4.2.2. Neulasten alkuainepitoisuudet

Neulasten rikkipitoisuudet olivat lähes koko tutkimusalueella suuremmat kuin vuonna 2001. Edellisellä seurantakierroksella neulasten rikkipitoisuudet olivat suuressa osassa tutkimusaluetta alle 1 000 mg/kg näytealojen keskimääräisen rikkipitoisuuden ollessa 947 mg/kg. Vuonna 2005 neulasten rikkipitoisuudet olivat yleisesti tasoa 1 000–1 100 mg/kg eli lievästi kohonneita. Keskimääräinen rikkipitoisuus oli 1 073 mg/kg, kun tarkastelussa on mukana vain vuonna 2001 tutkimuksessa mukana olleet kunnat. Laajimmat vyöhykkeet, joissa neulasten rikkipitoisuudet olivat tasoa 1 100–1 200 mg/kg, muodostuivat pääkaupunkiseudulle, Porvooseen, Tuusulan ja Nurmijärven väliselle alueelle sekä Tammisaareen. Lisäksi pienempiä vyöhykkeitä muodostui Keravalle, Kirkkonummelle, Vihtiin, Lohjalle, Karjalohjalle sekä Inkoon ja Karjaan väliselle alueelle. Pienet yli 1 200 mg/kg rikkipitoisuusvyöhykkeet muodostuivat Helsinkiin, Porvooseen sekä Tuusulan ja Nurmijärven rajalle (kuva 33).

Taajama-alueilla neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli 128 mg/kg suurempi kuin vuonna 2001. Neulasten rikkipitoisuudet vaihtelivat taajama-aloilla välillä 863–1 383 mg/kg (keskiarvo 1 083 mg/kg), kun vuonna 2001 vaihteluväli oli 826–1 150 mg/kg (keskiarvo 955 mg/kg). Tausta-alueilla neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli 110 mg/kg suurempi kuin edellisellä seurantakierroksella. Neulasten rikkipitoisuudet olivat tausta-



Kuva 33. Neulasten rikkipitoisuuksien perusteella laskennallisesta arvioidut vyöhykkeet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla vuosina 2001 ja 2005.

Bild 33. Zoner som är uppskattade enligt beräkningar utförda på basen av svavelhalterna i tallbarr i Nyland och Östra Nyland åren 2000 och 2004.

Taulukko 19. Männyn nuorimpien neulasten alkuainepitoisuudet Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan taajama- ja tausta-alueilla vuosina 2001 ja 2005. Kromin ja nikkelin keskiarvo ja keskihajonta on laskettu 0,5 * määritysraja.

Tabell 19. Koncentrationerna av grundämnen i de yngsta tallbarren på tätors- och bakgrundsområdena i Nyland och Östra Nyland åren 2001 och 2005. Medium och standardavvikelse för krom och nickel har räknats 0,5 * detektionsgräns.

	S mg/kg	N g/kg	B mg/kg	Ca g/kg	K g/kg	Mg g/kg	P g/kg	Al mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg	Na mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg
2001																
taajama-alueet																
n	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
suurin	1150,0	16,0	39,4	4,3	7,5	1,3	1,9	344,0	0,3	5,1	5,6	812,0	129,0	5,1	116,0	71,1
pienin	826,0	11,1	10,3	1,6	4,7	0,9	1,2	114,0	0,1	< 0,3	2,2	51,4	< 30	0,5	29,6	33,1
keskiarvo	954,8	13,1	18,1	2,5	5,9	1,1	1,5	204,1	0,1	0,9	3,3	356,6	36,7	1,6	52,0	41,6
keskihajonta	62,5	1,0	2,9	0,4	0,5	0,1	0,1	43,4	0,0	0,7	0,6	122,3	19,0	0,7	16,4	4,7
tausta-alueet																
n	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
suurin	995,0	14,0	26,3	3,0	6,5	1,3	1,6	311,0	0,2	2,6	3,9	653,0	59,1	2,4	101,0	53,0
pienin	798,0	10,7	14,2	1,6	4,9	0,9	1,1	137,0	0,1	<0,3	2,2	173,0	<30	0,7	31,7	34,7
keskiarvo	906,5	12,5	18,4	2,3	5,7	1,0	1,4	188,3	0,2	0,6	2,9	372,2	33,9	1,2	42,6	42,4
keskihajonta	46,5	0,8	2,4	0,3	0,4	0,1	0,1	35,5	0,0	0,5	0,4	119,9	15,0	0,4	12,0	4,6
2005																
taajama-alueet																
n	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
suurin	1383,3	22,4	60,2	5,1	7,8	1,4	2,1	456,6	0,4	0,5	5,4	873,8	358,6	5,0	179,0	99,2
pienin	863,1	7,0	13,4	1,9	4,6	0,9	1,0	101,6	0,1	<0,3	2,4	105,0	< 30	0,6	31,7	34,0
keskiarvo	1082,7	13,7	20,5	2,8	6,0	1,2	1,6	265,1	0,2	0,2	3,3	418,2	71,3	1,7	54,2	48,6
keskihajonta	83,5	1,7	5,1	0,5	0,5	0,1	0,2	56,6	0,0	0,0	0,4	141,4	43,1	0,7	18,3	7,0
tausta-alueet																
n	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
suurin	1171,0	18,4	29,3	3,6	6,9	1,4	1,7	408,1	0,3	0,7	3,7	926,6	102,0	2,1	64,8	66,2
pienin	866,0	10,7	13,7	1,7	4,6	0,9	1,0	189,6	0,1	<0,3	2,0	223,0	<30	0,4	30,0	35,2
keskiarvo	1016,8	13,2	19,5	2,6	5,8	1,1	1,5	243,8	0,2	0,2	2,9	442,0	54,5	1,2	39,9	48,5
keskihajonta	63,2	1,5	3,1	0,4	0,5	0,1	0,1	47,2	0,0	0,1	0,4	143,4	20,0	0,4	6,7	6,2

aloilla välillä 866–1 171 mg/kg (keskiarvo 1 017 mg/kg), kun vuonna 2001 pitoisuudet vaihtelivat välillä 798–995 mg/kg (keskiarvo 907 mg/kg) (taulukko 19).

Neulasten typpipitoisuudet olivat keskimäärin samaa tasoa kuin vuonna 2001. Edellisestä tutkimuksesta poiketen selvästi kohonneita yli 17 g/kg typpipitoisuuksia määritettiin kymmenellä alalla eri puolilla tutkimusaluetta. Neulasten keskimääräiset typpipitoisuudet olivat taajama- ja tausta-alueilla lievästi suuremmat kuin edellisellä seurantakierroksella. Taajama-alueilla neulasten typpipitoisuus oli vuonna 2005 keskimäärin 13,7 g/kg (vaihteluväli 7–22 g/kg) ja vuonna 2001 keskimäärin 13,1 g/kg (vaihteluväli 11–16 g/kg). Tausta-alueilla neulasten typpipitoisuus oli vuonna 2005 keskimäärin 13,2 g/kg (vaihteluväli 11–18 g/kg) ja vuonna 2001 keskimäärin 12,5 g/kg (vaihteluväli 11–14 g/kg) (taulukko 19).

Keskimääräistä korkeampia kalsiumpitoisuuksia todettiin selvästi laajemmalla alueella kuin vuonna 2001. Kalsiumpitoisuudet olivat tasoa 3–4 g/kg useilla näytealoilla Lohjalla, pääkaupunkiseudulla, Kirkkonummella, Tuusulassa, Vihdissä ja Hyvinkäällä sekä yksittäisillä näytealoilla eri puolilla tutkimusaluetta. Neulasten keskimääräinen kalsiumpitoisuus ei kuitenkaan poikennut merkittävästi vuoden 2001 keskimääräisestä tasosta. Neulasten kalsiumpitoisuuksien ohella kalium-, magnesium-, fosfori-, kupari- ja rautapitoisuudet eivät taajama- ja tausta-alueilla merkittävästi poikenneet vuoden 2001 tasosta. Neulasten kalsium- ja rautapitoisuudet olivat taajama-alueilta kerätyissä näytteissä keskimäärin hieman suuremmat kuin tausta-alueilla. Neulasten kalium-, magnesium- ja fosforipitoisuuksissa ei sen sijaan todettu merkittäviä eroja taajama- ja tausta-alueiden välillä kumpanakaan seurantavuotena. Neulasten natrium- ja sinkkipitoisuudet olivat sekä taajama- että tausta-aloilla keskimäärin suuremmat kuin vuonna 2001 (taulukko 19).

Vuoden 2005 neulasten typpipitoisuuden ja muiden alkuainepitoisuuksien välinen riippuvuus ei todettu tilastollisesti merkitseväksi yhdenkään alkuaineen kohdalla, kun muuttujien välisiä korrelaatioita tutkittiin ei-parametrisellä Spearmanin korrelaatioanalyysillä. Vuonna 2001 neulasten typpipitoisuuksien ja tutkittujen alkuainepitoisuuksien välillä todettiin positiivinen korrelaatio kaikkien muiden paitsi kadmium- ja mangaanipitoisuuksien kanssa (Rautjärvi ja Raitio 2003).

Edellisellä seurantakierroksella männyn nuorimpien neulasten typpipitoisuuksien suhde neulasten kalium-, fosfori- ja magnesiumpitoisuuksiin todettiin olevan lähes samaa tasoa Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla kuin suomalaisissa vertailututkimuksissa. Vertailun tuloksena typpilaskeuman vaikutuksen neulasten ainesuhteisiin ei todettu olevan tutkimusalueella merkittävästi voimakkaampaa vertailualueisiin nähden (Rautjärvi ja Raitio 2003). Neulasten typpipitoisuuden ja muiden alkuainepitoisuuksien suhteet olivat muuttuneet varsin vähän vuoteen 2001 verrattuna. Suhteessa typpeen neulasten kalium-, fosfori- ja rautapitoisuudet olivat hieman pienemmät kuin vuonna 2001, kun taas kalsium-, magnesium-, rikki-, boori-, mangaani- ja sinkkipitoisuudet olivat typpipitoisuuteen suhteutettuna suuremmat kuin edellisellä seurantakierroksella (taulukko 20).

Taulukko 20. Männyn nuorimpien neulasten typpipitoisuus suhteessa muiden alkuaineiden pitoisuuksiin.

Tabell 20. Kvävehalterna i de yngsta tallbarren jämfört med koncentrationerna av de övriga grundämnena.

	2001	2005
N/K	2,22	2,30
N/P	8,73	8,84
N/Ca	5,31	4,85
N/mg	12,17	11,81
N/Fe	257,46	262,42
N/S	13,73	12,70
N/B	716,67	668,04
N/Mn	36,20	32,27
N/Zn	311,74	280,34

5 Tulosten tarkastelu

5.1. Taustamuuttujien tarkastelu

Mitatut ja arvioidut taustamuuttujat jaettiin luokkiin ja luokkien keskimääräisiä tunnuslukuja tarkasteltiin tilastollisesti Kruskall-Wallisin ei-parametrisella varianssianalyysillä. Kruskall-Wallisin testissä kaikki havainnot asetetaan kasvavaan suuruusjärjestykseen ja korvataan järjestysluvuillaan. Jokaisesta vertailtavasta havaintoryhmästä lasketaan havaintojen järjestyslukujen summa. Jos havaintoryhmien havainnot ovat keskimäärin samaa suuruusluokkaa, ovat myös järjestyslukujen summat keskenään yhtä suuria. Järjestyslukusummien välisten erojen mittaamisessa käytettävä testisuure on pienimmillään silloin, kun järjestyslukusummat ovat yhtä suuria.

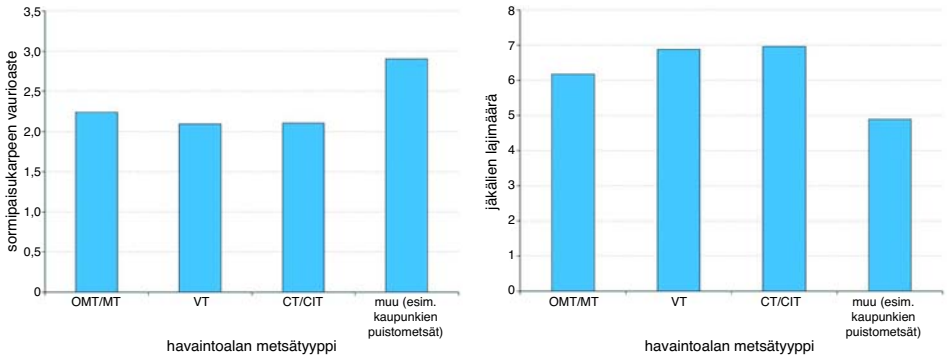
Varianssianalyysissä luokittelevina muuttujina käytettiin metsätyyppiä, metsikön kehitysastetta, metsikön puuston pohjapinta-alaa ja havaintopuiden keskimääräistä läpimittaa. Tilastollisessa tarkastelussa on kuitenkin otettava huomioon, ettei tutkimusaineisto ollut riittävä havaintomääriltään tasaisten luokkien aikaansaamiseksi. Havaintojen epätasainen jakautuminen luokkien kesken heikentää taustamuuttujaluokkien välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä. Varianssianalyysin perusteella voitiin todeta, että taustamuuttujien luokkien välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja useiden muuttujien suhteen. Ainoastaan neulasten pysyvien isotooppien δ^{34}S-arvot eivät korreloineet taustamuuttujien suhteen. Tämä johtuu siitä, että δ^{34}S-arvot vaihtelivat tutkimusalueella ominaisuuksiltaan tai kuormitustasoiltaan samanlaisilla näytealoilla selvästi negatiivisten ja positiivisten arvojen välillä (taulukko 21).

Taulukko 21. Taustamuuttujien perusteella tarkasteltujen muuttujien ei-parametrisen Kruskall-Wallisin varianssianalyysin testisuureet ja niiden merkitsevyystasot (p). Tilastolliset merkitsevyystasot: *** = erittäin merkitsevä ($p < 0{,}001$), ** = merkitsevä ($p < 0{,}01$), * = melkein merkitsevä ($p < 0{,}05$). Muuttujien selitteet: Hpv = sormipaisukarpeen vauriot, IAP = IAP-indeksi, Lajimäärä = jäkälälajien lukumäärä.

Tabell 21. Testvärden från den icke-parametriska Kruskall-Wallis variansanalysen för variabler studerade med bakgrundsvariabler som bas och nivåer av signifikans (p) för dessa värden. Statistiska nivåer av signifikans: *** = mycket signifikant, ** = signifikant, * = nästan signifikant.

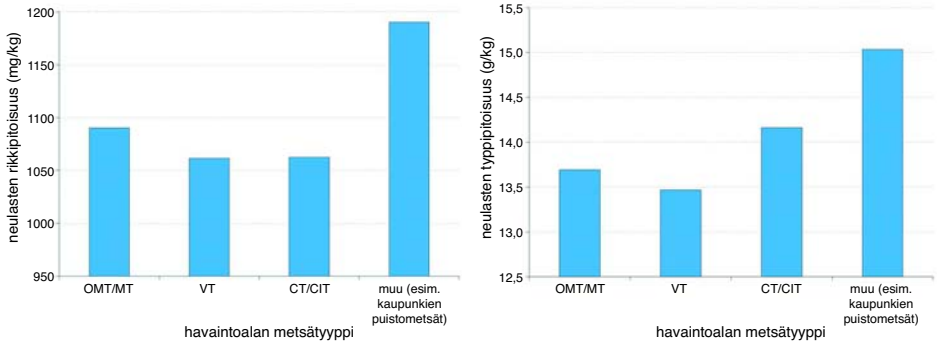
	TAUSTAMUUTTUJAT							
Tarkasteltu muuttuja	Metsätyyppi testisuure	p	Kehitysaste testisuure	p	Pohjapinta-ala testisuure	p	Puiden paksuus testisuure	p
Hpv	24,927	0,000***	31,203	0,000***	9,567	0,008**	16,292	0,000***
IAP	68,506	0,000***	17,704	0,000***	0,165	0,921	23,323	0,000***
Lajimäärä	30,501	0,000***	22,504	0,000***	0,550	0,759	8,968	0,011*
Neulasten N-pitoisuus	13,691	0,003**	0,702	0,402	2,944	0,229	4,797	0,091
Neulasten S-pitoisuus	34,026	0,000***	0,004	0,951	7,144	0,028	4,838	0,089
Neulasten δ^{15}N-arvot	36,034	0,000***	0,152	0,696	1,730	0,421	18,027	0,000***
Neulasten δ^{34}S-arvot	7,181	0,066	0,830	0,362	0,505	0,777	4,038	0,133

Aineisto luokiteltiin havaintoalojen metsätyyppien perusteella lehtomaisiin ja tuoreisiin metsiköihin (OMT / MT), kuivahkoihin metsiköihin (VT) sekä kuiviin ja karuihin metsiköihin (CT / ClT), joiden lisäksi muu-luokkaan luokiteltiin havaintoalat, joita ei voitu luokitella yhteenkään metsätyyppiin kuuluvaksi. Luokitellussa aineistossa todettiin eri metsätyyppien välillä eroja useiden muuttujien arvoissa. Jäkälälajien keskimääräinen lukumäärä ja lajistoa kuvaava IAP-indeksi olivat pienempiä käenkaali-mustikkatyypin (OMT) ja mustikkatyypin (MT) tuoreissa metsiköissä ja muu-luokkaan luokitelluissa metsätyypeissä. Näissä metsätyypeissä myös sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli suurempi kuin kuivemmilla havaintoaloilla. Muu-luokassa sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli yli puoli vaurioluokkaa suurempi kuin muissa metsätyypeissä. Luokka sisältää mm. taajamien puistometsiköt, mikä osaltaan selittää selvästi korkeammat sormipaisukarpeen vaurioluokat (kuva 34). Myös neulasten typpi- ja rikkipitoisuuksissa sekä neulasten pysyvien isotooppien δ^{15}N-arvoissa todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja eri metsätyyppien välillä. Taajamien puistometsiköissä pitoisuudet ja δ^{15}N-arvot olivat selvästi suuremmat kuin muissa metsätyyppiluokissa. Tilastotarkastelussa on kuitenkin otettava huomioon, että havainnot jakautuvat eri metsätyyppien kesken hyvin epätasaisesti (kuva 35).



Kuva 34. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet ja jäkälälajien lukumäärät havaintoalan metsätyypin mukaan luokiteltuina.

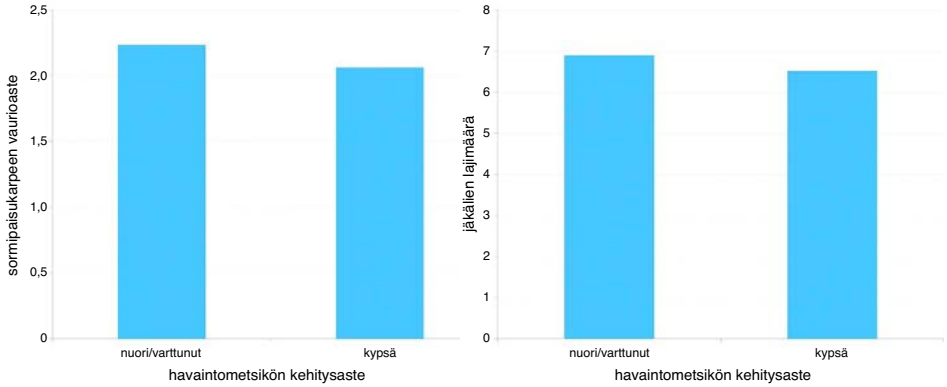
Bild 34. Graden av skador i medeltal på blåslav och antalet lavarter indelade på basen av observationsytans skogstyp.



Kuva 35. Neulasten rikki- ja typpipitoisuudet havaintoalan metsätyypin mukaan luokiteltuina.

Bild 35. Svavel- och kvävehalterna i tallbarr indelade på basen av observationsytans skogstyp.

Myös havaintometsiköiden eri kehitysasteet (luokat: nuori/varttunut kasvatusmetsikkö, kypsä kasvatusmetsikkö) poikkesivat toisistaan tarkasteltujen jäkälämuuttujien suhteen. Nuorissa ja varttuneissa kasvatusmet-siköissä jäkälälajeja oli keskimäärin enemmän, mutta sormipaisukarpeen vauriot olivat pahemmat kuin uudistuskypsissä metsiköissä (kuva 36).

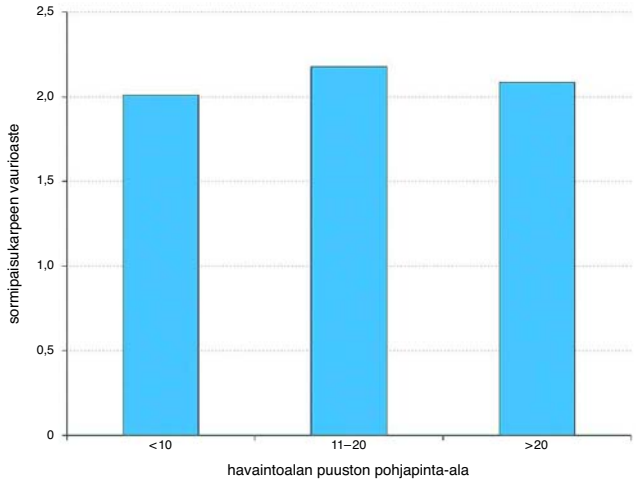


Kuva 36. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet ja jäkälälajien lukumäärät havaintometsikön kehitysasteen mukaan luokiteltuina.

Bild 36. Graden av skador i medeltal på blåslav och antalet lavarter indelade på basen av observationsskogens utvecklingsgrad.

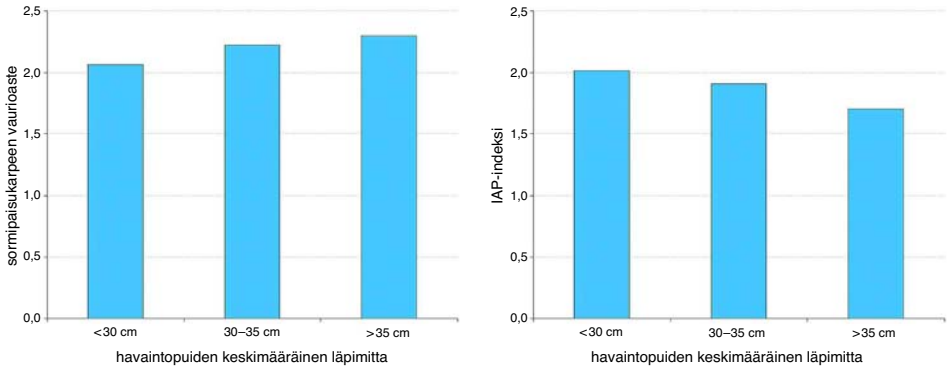
Havaintopuiden iän perusteella luokitellussa (luokat: 0–60 vuotta, > 60 vuotta) aineistossa ikäluokkien väliset erot jäkälämuuttujien suhteen eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Havaintoalan puuston pohjapinta-alan mukaan luokitellussa (< 10 m^2/ha, 11–20 m^2/ha, > 20 m^2/ha) aineistossa todettiin luokkien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja vain sormipaisukarpeen vaurioiden suhteen. Vauriot arvioitiin pienemmiksi puustoltaan harvemmilla havaintoaloilla (kuva 37).



Kuva 37. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet havaintoalojen puuston pohjapinta-alan (m^2/ha) mukaan luokiteltuina.

Bild 37. Graden av skador i medeltal på blåslav indelade enligt basarealerna för trädbestånden (m^2/ha) på observationsytorna.



Kuva 38. Sormipaisukarpeiden keskimääräiset vaurioasteet ja jäkälälajistoa kuvaavat IAP-indeksit havaintoalojen puiden keskimääräisten läpimittojen mukaan luokiteltuina.

Bild 38. Graden av skador i medeltal på blåslav och IAP-indexen indelade enligt omfånget i medeltal på träden på observationsytorna.

Havaintoalojen puiden keskimääräisten läpimittojen mukaan luokitellussa (luokat: < 30 cm, 30–35 cm, > 35 cm) aineistossa jäkälälajistoa kuvaavat keskimääräiset IAP-indeksit olivat sitä pienempiä ja sormipaisukarpeen keskimääräiset vauriot sitä pahempia mitä paksumpia havaintoalojen puut olivat (kuva 38). Myös neulasten pysyvien isotooppien δ^{15}N-arvoissa todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja eri luokissa. Mitä paksumpia havaintoalojen puut olivat, sitä suurempia neulasten δ^{15}N-arvot olivat. Todetut erot luokkien keskimääräisissä δ^{15}N-arvoissa olivat kuitenkin käytännön kannalta merkityksettömät.

Taustamuuttujien tarkastelu osoittaa, että havaintoalojen ominaisuuksilla saattaa olla vaikutusta tutkittuihin muuttujiin. Taustamuuttujien alueellisessa jakaantumisessa on kuitenkin havaittavissa painottumista tietylle alueelle. Esimerkiksi luokkien väliset erot metsätyyppien mukaan luokitellussa aineistossa johtuvat osin tutkimusalojen metsätyyppien alueellisesta painottumisesta. Mustikkatyypin metsiköt painottuivat taajamien läheisyyteen, erityisesti Helsinkiin ja Espoon eteläosiin, ja karummat kanervatyypin havaintoalat olivat yleisempiä tutkimusalueen länsi- ja keskiosissa kuin itäosissa. Tämän vuoksi luokkien väliset erot eivät kuvasta pelkästään kasvupaikasta johtuvia eroja vaan myös ilman epäpuhtauksien kuormituksesta johtuvia eroja. Myös läpimitaltaan paksuimmat havaintopuut painottuivat alueellisesti kuormitetuille alueille kuten taajamien puistometsiköihin, mikä osaltaan vaikuttaa luokkien välisiin eroihin puiden paksuuden perusteella luokitellussa aineistossa.

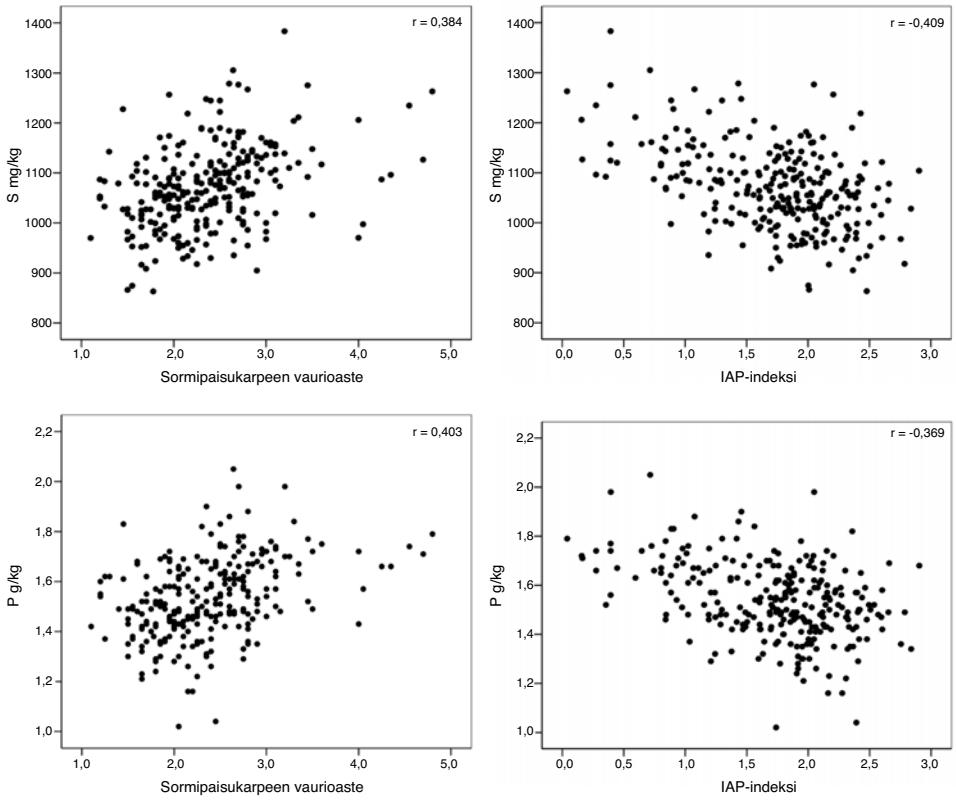
5.2. Neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien välinen riippuvuus

Neulasten alkuainepitoisuuksien ja keskeisimpien jäkälämuuttujien välistä riippuvuutta testattiin ei-parametrisellä Spearmanin korrelaatioanalyysillä, jossa korrelaatiokertoimen laskeminen perustuu ainoastaan havaintojen järjestykseen eikä muuttujien arvojen etäisyyksiä oteta huomioon. Neulasten alkuainepitoisuuksia tarkasteltiin lähemmin sormipaisukarpeen vaurioasteiden ja jäkälälajistoa kuvaavan IAP-indeksin suhteen. Lähempään tarkasteluun otettiin vain ne muuttujat, joiden välinen riippuvuus oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (merkitsevyystaso 0,000) ja riippuvuuden suuntaa ja intensiteettiä kuvaava korrelaatiokerroin (r) oli suurempi kuin 0,3. Korrelaatiokertoimen ollessa alle 0,3, ei riippu-

vuudella yleensä ole käytännön merkitystä.

Muuttujien välisen riippuvuuden olemassaoloa, voimakkuutta ja muotoa pyrittiin tarkastelemaan myös regressioanalyysin avulla. Menetelmällä mitataan muuttujien välistä lineaarista riippuvuutta. Regressioanalyysin käyttö edellyttää havainnoilta tiettyjä kriteerejä, jotka liittyvät muun muassa muuttujien normaalijakautuneisuuteen. Regressioanalyysi tuottaa residuaalit eli jäännöstermit, joilla tarkoitetaan regressiomallin mukaisen arvon ja havaitun arvon erotusta. Regressiomallin sopivuutta aineistoon voidaan tarkastella residuaalien hajontakuviolla. Regressioanalyysin tuottamien residuaalien hajontakuvioiden perusteella sormipaisukarpeen vaurioasteiden ja IAP-indeksin riippuvuus neulasten alkuainepitoisuuksista ei ole lineaarista vaan käyräviivaista. Havaintojen logaritmimuunnosten käyttöä ei kuitenkaan katsottu tarkoituksenmukaiseksi regressiomallin sopivuuden parantamiseksi.

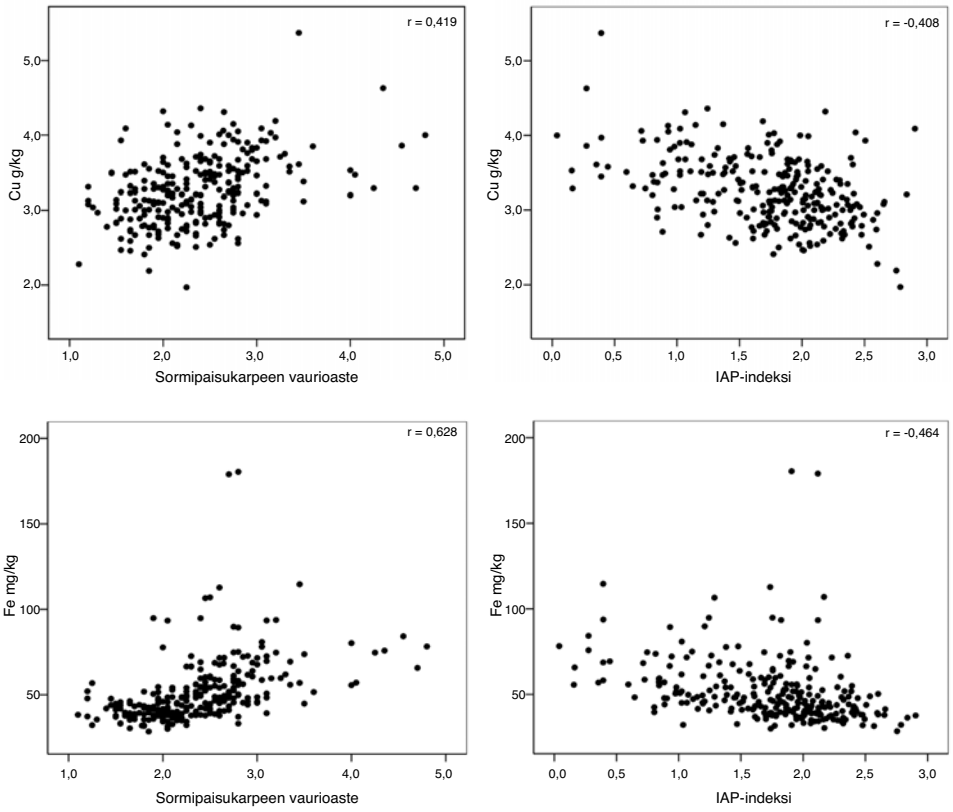
Sormipaisukarpeen vaurioasteiden ja neulasten alkuainepitoisuuksien välillä todettiin positiivinen korrelaatio eli neulasten alkuainepitoisuuksien kasvaessa sormipaisukarpeen vauriot lisääntyvät. IAP-indeksin ja alkuainepitoisuuksien välinen korrelaatio oli negatiivinen. IAP-indeksin arvot pienenevät eli jäkälälajien lukumäärä pie-



Kuva 39. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikki- ja fosforipitoisuudet suhteessa sormipaisukarpeen vaurioasteisiin ja IAP-indeksiin vuosina 2004–2005. Hajontakuvioin on esitetty ainoastaan ne muuttujat, joiden välinen riippuvuus on tilastollisesti erittäin merkitsevä (merkitsevyystaso 0,000) ja Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r) on suurempi kuin 0,3.

Bild 39. Svavel- och fosforhalterna i de yngsta tallbarren i jämförelse med skadegraden av blåslaven och IAP-indexet åren 2004–2005. Endast de variabler med mycket hög statistisk signifikans och vars Spearman korrelationskoefficient är större än 0,3, har presenterats med hjälp av spridningsmönster.

nenee ja ilmanepäpuhtauksille herkimpien lajien esiintyminen taantuu alkuainepitoisuuksien kasvaessa. Suurimmat korrelaatiokertoimet ja tilastolliset merkitsevyydet todettiin tarkasteltavien jäkälämuuttujien ja neulasten rikki-, fosfori-, kupari- ja rautapitoisuuksien välillä (kuvat 39 ja 40).



Kuva 40. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten kupari- ja rautapitoisuudet suhteessa sormipaisukarpeen vaurioasteisiin ja IAP-indeksiin vuosina 2004–2005. Hajontakuvioin on esitetty ainoastaan ne muuttujat, joiden välinen riippuvuus on tilastollisesti erittäin merkitsevä (merkitsevyystaso 0,000) ja Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r) on suurempi kuin 0,3.

Bild 40. 39.Koppar- och järnhalterna i de yngsta tallbarren i jämförelse med skadegraden av blåslaven och IAP-indexet åren 2004–2005. Endast de variabler med mycket hög statistisk signifikans och vars Spearman korrelationskoefficient är större än 0,3, har presenterats med hjälp av spridningsmönster.

Taulukossa 22 on esitetty kaikkien määritettyjen neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien väliset korrelaatiokertoimet tilastollisesti merkitsevien korrelaatioiden osalta. Neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien välisen riippuvuuden tarkastelua heikentää se, että neulasten alkuainepitoisuudet kuvastavat alle vuoden aikaista kehitystä, kun taas jäkälälajisto ilmentää alueen olosuhteita 10–20 vuoden ajalta. Ilmasta tuleva kuormitus vaikuttaa jäkäliin myös kasvualusta välityksellä, minkä vuoksi vaikutukset voivat heijastua jäkälälajistossa vielä pitkään, vaikka kuormitus olisikin loppunut. Lisäksi jäkälälajistoon vaikuttavat kasvupaikan ominaisuudet kuten kasvualustan ravinteisuus, ilmankosteus ja valon määrä, samalla kun neulasten alkuainepitoisuuksiin vaikuttavat sääolosuhteet ja maaperä.

Neulasten typpipitoisuuksien ja jäkälämuuttujien ei todettu korreloivan keskenään tilastollisesti merkitsevästi. Jäkälälajistoltaan köyhimmät ja jäkälävaurioiltaan pahimmat näytealat painottuivat kuormitetuimmille alueille, kun taas suurimmat typpipitoisuudet määritettiin tasaisemmin eri puolilta tutkimusaluetta. Neulasten fosfori-, kalium-, rauta-, rikki-, kupari-, nikkeli- ja alumiinipitoisuuksien kasvaessa sormipaisukarpeen vaurioiden ja leväpeitteen esiintyminen lisääntyy samalla kun ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien määrä vähenee. Alkuainepitoisuuksista neulasten rautapitoisuudet korreloivat jäkälämuuttujien kanssa voimakkaimmin. Kalium- ja alumiinipitoisuuksien ja jäkälämuuttujien väliset korrelaatiokertoimet olivat alle 0,3, joten muuttujien välisellä riippuvuudella ei liene käytännön merkitystä. Neulasten kalsium- ja magnesiumpitoisuudet korreloivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi ainoastaan sormipaisukarpeen vaurioiden kanssa. Neulasten mangaanipitoisuuksien ja jäkälämuuttujien väliset korrelaatiokertoimet olivat varsin pienet, mutta suuntaa antavasti voidaan todeta, että mangaanipitoisuuksien kasvaessa jäkälälajien määrä lisääntyy ja sormipaisukarpeen vauriot ja leväpeitteen esiintyminen vähenevät. Neulasten kadmium- ja kromipitoisuudet eivät korreloineet jäkälämuuttujien kanssa käytännön kannalta merkittävästi. Sen sijaan jäkälämuuttujien voimakkaampi korrelaatio neulasten rauta- ja nikkelipitoisuuksien kanssa kuvastaa mahdollisesti taajamien ja pääteiden vaikutusta näihin alkuainepitoisuuksiin (taulukko 22).

Taulukko 22. Männyn nuorimpien neulasten alkuainepitoisuuksien ja keskeisimpien jäkälämuuttujien välistä riippuvuutta kuvaavat Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet. Taulukossa on esitetty vain tilastollisesti merkitsevät riippuvuudet. Tilastolliset merkitsevyystasot: *** = erittäin merkitsevä ($p < 0,001$), ** = merkitsevä ($p < 0,01$), * = melkein merkitsevä ($p < 0,05$). Muuttujien selitteet: Hpv = sormipaisukarpeen vauriot, IAP = IAP-indeksi, Lajimäärä = jäkälälajien lukumäärä, Leväpeite = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi, Lupot = luppojen esiintymisfrekvenssi, Naavat = naavojen esiintymisfrekvenssi.

Tabell 22. Spearmans korrelationskoefficienter som beskriver beroendet mellan grundämneshalterna i de yngsta tallbarren och de centrala variablerna för lavar. I tabellen har man presenterat endast teststorheter med statistisk signifikans. Statistiska nivåer av signifikans: *** = mycket signifikant, ** = signifikant, * = nästan signifikant. Förklaringar till variablerna: Hpv = skador på blåslav, IAP = IAP-index, Lajimäärä = antalet lavarter, Leväpeite = frekvens för algsbeläggning, Lupot = frekvens för tagellavar, Naavat = frekvens för skägglavar.

Alkuaine	Hpv	IAP	Lajimäärä	Leväpeite	Lupot	Naavat
N						
P	0,403***	-0,369***	-0,280***	0,270***		-0,275***
K	0,231***	-0,232***	-0,230***	0,184**	-0,182**	-0,212***
Ca	0,287***	-0,141*				-0,127*
Mg	0,238***					
Fe	0,628***	-0,464***	-0,342***	0,420***	-0,266***	-0,464***
S	0,384***	-0,409***	-0,332***	0,307***	-0,185**	-0,333***
B	0,125*			0,148*		
Cu	0,419***	-0,408***	-0,334***	0,322***	-0,180**	-0,460***
Zn		0,122*		-0,169**		0,124*
Mn	-0,159**		0,152*	-0,154*	0,162**	
Cd				-0,196**	0,122*	
Cr						
Ni	0,304***	-0,370***	-0,313***	0,299***	-0,161**	-0,380***
Na	0,404***	-0,208**	-0,153*			-0,170**
Al	0,251***	-0,134*		0,167**	-0,139*	-0,186**

5.3. Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin

5.3.1. Mäntyjen runkojäkälät

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla jokaisella havaintoalalla todettiin vähintään yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji. Seitsemältä havaintoalalta löydettiin vain yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä indikaattorilaji. Näistä havaintoaloista viisi sijoittui Helsinkiin ja yksi havaintoala Vantaalle ja Hyvinkäälle. Vertailututkimuksissa Kanta-Hämeessä, Pohjois-Karjalassa, Vaasan ja Jyväskylän seuduilla sekä Kuopion kaupungissa on todettu vähimmillään 2–3 jäkälälajia, kun taas Kokkolan seudulla ja Kotkan kaupungissa on myös havaintoaloja, joilla ei ole havaittu yhtään ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia (taulukko 23).

Tutkimusalueella havaintoalojen keskimääräinen jäkälälajien lukumäärä 6,7 oli samaa tasoa kuin on todettu Vaasan seudulla vuonna 2000 ja hieman pienempi kuin Kanta-Hämeen maakunnassa vuonna 2002 ja Kuopion kaupungissa vuonna 1999. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja oli tutkimusalueella keskimäärin selvästi vähemmän kuin Pohjois-Karjalan maakunnassa ja Jyväskylän seudulla vuonna 1998. Vertailututkimuksista Kokkolan seudulla ja Kotkan kaupungissa vuonna 2002 jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin vähäisempää kuin tutkimusalueella (taulukko 23). Esimerkiksi Kokkolaan on keskittynyt runsaasti teollisuutta ja vaikka teollisuuden päästömäärät ovat sielläkin merkittävästi pienentyneet, ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyvät yhä selvästi jäkälälajistossa (Niskanen ym. 2003b). Turun seudun kuormitetulla alueella vuosina 2000–2001 toteutetussa seurantatutkimuksessa havaintoalojen keskimääräinen jäkälälajimäärä oli 6,2 ja lajeja todettiin vähimmillään 2 ja enimmillään 9, kun tarkastelussa olivat mukana myös ilman epäpuhtauksista hyötyvät lajit viherleväpeite ja seinänsuomujäkälä (Jussila ja Ojanen 2002).

Taulukko 23. Jäkälien lajimääriä ja niiden perusteella arvioitujen vyöhykkeiden pinta-aloja eri puolilla Suomea tehdyissä tutkimuksissa. Mukana tarkastelussa ovat standardin SFS 5670 mukaiset lajit, lukuun ottamatta viherleväpeitettä ja seinänsuomujäkälää (arvot välillä 0-10). Muiden paikkakuntien tulokset viitteistä: Niskanen ym. 2003a, Niskanen ym. 1999a, Niskanen ym. 2003b, Niskanen ym. 2003c, Raitio ym. 2002, Niskanen ym. 1999b, Niskanen ja Ellonen 1999.

Tabell 23. Antalet lavarter och den uppskattade arealen hos zonerna på basen av lavarternas förekomst från undersökningar gjorda på olika ställen runt om i Finland. Arter enligt SFS 5670 standarden är med i observationerna utom grönalgsbeläggning och flarnlav (värdena mellan 0 och 10). Resultat från andra orter finns i Niskanen m.fl. 2003a, Niskanen m.fl. 1999a, Niskanen m.fl. 2003b, Niskanen m.fl. 2003c, Raitio m.fl. 2002, Niskanen m.fl. 1999b, Niskanen och Ellonen 1999.

	N. aloja	Lajimäärä havaintoalalla (arvot 0–10)				Vyöhykkeiden laajuudet < 2 lajia		2–3 lajia	
	kpl	suurin	pienin	keskiarvo	mediaani	km²	%	km²	%
Uusimaa	**776**	**10**	**1**	**6,7**	**7**	**49**	**< 1**	**132,0**	**1**
Kanta-Häme	152	10	2	7,0	7	0	0	0,7	< 1
Pohjois-Karjala	611	10	3	7,7	8	0	0	1,0	< 1
Kokkolan seutu	100	9	0	6,1	7	12	<1	26,0	1
Kotka	125	9	0	6,1	7	8	2	23,0	6
Vaasan seutu	45	10	2	6,7					
Jyväskylä	144	10	3	7,8	8	0	0	0,5	< 1
Kuopio	50	9	2	7,0	7	0	0	1,0	< 1

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla seitsemän havaintoalaa, joilta löydettiin vain yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji, muodostivat jäkäläaution tai lähes jäkäläaution alueen, jonka pinta-ala oli noin 49 km^2. Tämä vastaa alle yhtä prosenttia tutkimusalueen laskennallisesti arvioidusta pinta-alasta. Havaintoaloja, joilla todettiin kaksi tai kolme jäkälälajia, oli yhteensä 16 ja ne muodostivat jäkälälajistoltaan selvästi köyhtyneen alueen, jonka pinta-alan arvioitiin olevan 132 km^2. Näiden jäkälälajistoltaan erittäin selvästi ja selvästi köyhtyneiden alueiden laajuus oli absoluuttisena pinta-alana suurempi kuin on todettu muualla Suomessa, mutta suhteellisena pinta-alana pienempi kuin on todettu Kokkolan seudulla ja Kotkan kaupungissa vuonna 2002 (taulukko 23).

Tässä tutkimuksessa sormipaisukarve arvioitiin terveeksi noin 9 % havaintoaloista. Suurimmalla osalla havaintoaloista vauriot olivat lieviä. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta 174 havaintoalalla ja pahasti vaurioitunutta tai kuollutta 13 havaintoalalla. Vertailututkimuksista Kanta-Hämeessä ja Pohjois-Karjalassa sormipaisukarve on arvioitu keskimäärin hieman terveemmäksi kuin Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla. Tutkimusalueen havaintoalojen keskimääräinen vaurioaste 2,1 oli samaa tasoa kuin on todettu Kokkolan ja Jyväskylän seuduilla sekä Kuopion kaupungissa, mutta hieman pienempi kuin Kotkan kaupungissa. Vaasan seudulla sormipaisukarpeen kunto on arvioitu selvästi huonommaksi kuin muissa vertailututkimuksissa. Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla selvien vaurioiden alueen laajuudeksi arvioitiin laskennallisesti 158 km^2 ja pahojen vaurioiden alueen laajuudeksi 18 km^2. Näiden alueiden suhteellinen pinta-ala oli suurempi kuin on todettu esimerkiksi Kanta-Hämeessä, Pohjois-Karjalassa ja Kokkolan seudulla, mutta pienempi kuin Kotkan kaupungissa (taulukko 24).

Kanta-Hämeen ja Pohjois-Karjalan maakunnissa jäkälälajisto on todettu runsaammaksi ja terveemmäksi kuin Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla, jossa ilmapäästöjen kuormitus on voimakkaampaa ja painottuu selvästi laajemmalle alueelle kuin vertailumaakunnissa. Absoluuttisena pinta-alana tarkasteltuna ilmapäästöjen kuormituksen vaikutus jäkälälajistossa näkyy tutkimusalueella selvästi laajemmalla alueella kuin Kanta-Hämeessä ja Pohjois-Karjalassa. Eri puolilla Suomea tehtyjä bioindikaattoritutkimuksia ver-

Taulukko 24. Sormipaisukarpeen vaurioasteita ja niiden perusteella arvioitujen vyöhykkeiden pinta-aloja eri puolilla Suomea tehdyissä tutkimuksissa. Vaurioiden luokitus on esitetty taulukossa 5. Muiden paikkakuntien tulokset viitteistä: Niskanen ym. 2003a, Niskanen ym. 1999a, Niskanen ym. 2003b, Niskanen ym. 2003c, Raitio ym. 2002, Niskanen ym. 1999b, Niskanen ja Ellonen 1999.

Tabell 24. Graden av skador på blåslav och de uppskattade zonernas arealer gjorda på basen av skadorna förekomst från undersökningar gjorda på olika ställen runt om i Finland. Klassificering av skadorna finns presenterad i tabell 5. Resultat från andra orter finns i Niskanen m.fl. 2003a, Niskanen m.fl. 1999a, Niskanen m.fl. 2003b, Niskanen m.fl. 2003c, Raitio m.fl. 2002, Niskanen m.fl. 1999b, Niskanen och Ellonen 1999.

	N. aloja	Vaurioasteet (arvot 1-5)				Vauriovyöhykkeet selvä vaurio		paha vaurio	
	kpl	suurin	pienin	keskiarvo	mediaani	km^2	%	km^2	%
Uusimaa	**776**	**4,8**	**1,1**	**2,1**	**2,1**	**158**	**2**	**18**	**< 1**
Kanta-Häme	152	3,9	1,0	1,5	1,4	3	< 1	0	0
Pohjois-Karjala	611	4,3	1,0	1,6	1,5	8	0	0	0
Kokkolan seutu	100	5,0	1,0	2,0	1,7	27	1	10	< 1
Kotka	125	5,0	1,0	2,4	2,1	33	9	21	6
Vaasan seutu	45	4,0	2,0	3,0					
Jyväskylä	144	4,4	1,0	1,9	1,8	8	1	0	0
Kuopio	50	4,4	1,0	2,2	2,1	9	1	1	< 1

tailtaessa keskisuurissa kaupungeissa kuten Kokkolassa ja Kotkassa, joihin on keskittynyt runsaasti teollisuutta, jäkälälajistoltaan köyhimmät ja vaurioituneimmat alueet ovat pinta-alaltaan varsin suuret sekä absoluuttisena että suhteellisena pinta-alana tarkasteltuna.

5.3.2. Männyn neulasten rikki- ja typpipitoisuudet

Tutkimusalueella neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus 1 071 mg/kg oli samaa tasoa kuin on todettu Kanta-Hämeessä vuonna 2002 ja Kuopion kaupungissa vuonna 1996. Sekä Uudellamaalla että Kanta-Hämeessä näytealojen sijainti painottuu taajamiin ja niiden läheisyyteen. Tutkimusalueeseen verrattuna neulasten rikkipitoisuudet olivat keskimäärin selvästi pienemmät Pohjois-Karjalassa vuonna 1998 sekä Vaasan seudulla ja Seinäjoella vuonna 2000. Neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli tutkimusalueeseen verrattuna noin 100 mg/kg pienempi Kotkan kaupungissa, Turun, Kokkolan ja Jyväskylän seuduilla, Pori-Harjavallan alueella sekä Itä-Uudenmaan, Päijät-Hämeen ja Kymenlaakson alueella vuosien 1997–2002 aikana toteutetuissa bioindikaattoritutkimuksissa (taulukko 25).

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla suurin määritetty neulasten rikkipitoisuus oli 1 383 mg/kg. Vertailututkimuksissa suurimmat neulasten rikkipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa tai hieman suurempia Kanta-Hämeessä, Kokkolan seudulla, Kuopion kaupungissa ja Pori-Harjavallan alueella. Vaasan seudulla ja Seinäjoella suurimmat määritetyt pitoisuudet ovat olleet tasoa 969 ja 1 030 mg/kg. Muilla vertailualueilla neulasten suurimmat rikkipitoisuudet ovat olleet tasoa 1 170–1 250 mg/kg (taulukko 25).

Neulasten keskimääräinen typpipitoisuus 13,6 g/kg oli samaa tasoa kuin on todettu esimerkiksi Kotkassa (13,7 g/kg, Niskanen ym. 2003c), Vaasan seudulla (12,2 g/kg, Raitio ym. 2002) ja Turun seudulla (14,0 g/kg, Jussila ja Ojanen 2002), mutta pienempi kuin on todettu Kanta-Hämeessä (15,0 g/kg, Niskanen ym. 2003a).

Taulukko 25. Männyn neulasten kokonaisrikkipitoisuuksia (mg/kg) eri puolilla Suomea tehdyissä ilmanlaadun bioindikaattoritutkimuksissa. * = 1. neulasvuosikerta, muissa tutkimuksissa 2. neulasvuosikerta. Muiden paikkakuntien tulokset viitteistä: Niskanen ym. 2003a, Niskanen ym. 1999a, Niskanen ym. 2003b, Niskanen ym. 2003c, Niskanen ym. 1999b, Niskanen ja Ellonen 1999, Jussila ja Ojanen 2002, Raitio ym. 2002, Raitio 2001, Jussila 1997, Pihlström ja Myllyvirta 2001.

Tabell 25. Totala svavelhalten i tallbarr (mg/kg) i bioindikatorforskningar som gjorts på olika orter i Finland kring luftkvaliteten. * = de yngsta barren, i övriga undersökningar två år gamla barr. Resultat från andra orter finns i Niskanen m.fl. 2003a, Niskanen m.fl. 1999a, Niskanen m.fl. 2003b, Niskanen m.fl. 2003c, Niskanen m.fl. 1999b, Niskanen och Ellonen 1999, Jussila och Ojanen 2002, Raitio m.fl. 2002, Raitio 2001, Jussila 1997, Pihlström och Myllyvirta 2001.

	Vuosi	Havaintoja kpl	Keskiarvo mg/kg	Suurin mg/kg	Pienin mg/kg
Uusimaa*	**2005**	**242**	**1071**	**1383**	**863**
Kanta-Häme	2002	151	1 033	1 361	774
Pohjois-Karjala	1998	101	888	1 170	698
Kokkolan seutu	2002	98	974	1 400	790
Kotka	2002	125	983	1 200	790
Jyväskylä	1997	148	990	1 250	782
Kuopio	1996	50	1 075	1 390	889
Turun seutu	2001	97	1 002	1 190	838
Vaasan seutu*	2000	50	899	1 030	798
Seinäjoki*	2000	31	802	969	681
Pori-Harjavalta	1997	175	975	1 450	826
Itä-Uusimaa, Päijät-Häme, Kymenlaakso	2000	450	980		

6 Johtopäätökset

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla rikkidioksidipäästöt ovat pienentyneet pitkällä aikavälillä. Kylmän talven ja vesivoiman niukkuuden seurauksena rikkidioksidin päästömäärät kasvoivat vuonna 2003 erityisesti pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Fortum Power and Heat Oy:n Inkoon voimalaitoksen tuotannon kasvaessa. Rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2003 lähes kokonaan peräisin teollisuus- ja energiantuotantolaitoksista, joista pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitokset, Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa ja Inkoon voimalaitos muodostivat merkittävimmät päästökeskittymät.

Tutkimusalueella typen oksidien päästöt ovat pienentyneet 1990-luvulla, mutta 2000-luvulla päästömäärät ovat kääntyneet lievään nousuun. Päästömäärän kasvu on johtunut pääasiassa pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Inkoon voimalaitoksen päästömäärien kasvusta. Näiden pistepäästölähteiden vaikutusalue ei ole kuitenkaan kovin laaja, joten koko tutkimusaluetta tarkasteltaessa liikenne ja liikennemäärien kasvu erityisesti pääkaupunkiseudun lähikunnissa on lisännyt typpikuormituksen määrää aikaisempaa laajemmalla alueella.

Ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyivät tutkittujen mäntyjen runkojäkäläkasvillisuudessa. Selvimpiä muutokset olivat alueilla, joilla myös ilman epäpuhtauksien kuormitus on suurin. Selvimmät muutokset painottuivat suhteellisen pienelle alueelle, vaikka tutkimusalueen väestötiheys on suuri muuhun Suomeen verrattuna.

Jäkälälajistossa havaittu kehitys jossa jäkälämuutoksiltaan pahin alue on pienentynyt, mutta lievempien muutosten alue on laajentunut, kuvastaa alueella vallitsevaa päästökehitystä, jossa kokonaispäästöt ovat pitkällä aikavälillä pienentyneet, mutta päästöt levittäytyvät laajemmalle alueelle. Helsingissä todettu jäkälälajiston elpyminen on seurausta erityisesti rikkidioksidipäästöjen pienentymisestä ja siten jäkäliin kohdistuvan rikin myrkkyvaikutuksen vähenemisestä pitkällä aikavälillä. Jäkälälajiston elpyminen tapahtuu hyvin hitaasti ja kuvastaa siten pitkäaikaisen päästökehityksen vaikutusta. Liikenteen typpipäästöjen määrä pysyy sen sijaan vakaana liikennemäärien kasvun seurauksena ja asutuksen levittäytymisen myötä liikenteen typpipäästöjen vaikutusalue on laajentunut. Tämä näkyy tutkimusalueella erityisesti taajamissa ja pääteiden läheisyydessä jäkälälajiston lievänä köyhtymisenä ja sormipaisukarpeen lievinä tai selvinä vaurioina. Myös typpilaskeumasta hyötyvä viherleväpeite oli yleistynyt tutkimusalueella, mikä on ilmeisesti osoitus vakaana pysyneen typpikuormituksen aiheuttamasta vaikutuksesta.

Tutkimusalueella todettiin neulasten selvästi kohonneita typpipitoisuuksia, mikä osaltaan ilmentää tutkimusalueella tapahtuvaa kehitystä, jossa kasvillisuudelle myrkyllisten rikkiyhdisteiden kuormitus on vaihtunut typpikuormitukseen. Neulasten typen isotooppikoostumusten perusteella typpikuormitus painottuu taajamiin ja erityisesti pääkaupunkiseudulla pääteiden läheisyyteen. Typen isotooppisuhteet viittasivat koko tutkimusalueella lähinnä liikenteestä peräisin olevaan typpeen.

Männyn nuorimpien neulasten rikkipitoisuuksien todettiin kohonneen lähes koko tutkimusalueella vuoteen

2001 verrattuna, jolloin rikkipitoisuudet olivat poikkeuksellisen pieniä. Pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitokset, Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa ja Inkoon voimalaitos ovat tutkimusalueen merkittävimmät päästökeskittymät. Neulasten rikkipitoisuuksien ei kuitenkaan todettu kohonneen pelkästään suurimpien päästökeskittymien läheisyydessä, vaan lähes koko tutkimusalueella. Tämä viittaa siihen, ettei kohonneisiin rikkipitoisuuksiin ole vaikuttanut niinkään rikkipäästöjen kasvu, vaan mahdollisesti tasoerot alkuainepitoisuuksien analysoinnissa.

Neulasten rikin isotooppisuhteet poikkesivat tutkimusalueella yleisesti vallitsevasta tasosta useiden polttoöljyä ja kivihiiltä polttoaineena käyttävien energiantuotantolaitosten läheisyydessä. Tulokset osoittavat, että näillä näytealoilla rikki on todennäköisesti peräisin läheisestä pistepäästölähteestä. Neulasten rikin isotooppien suhteet kuvastavat herkästi paikallisten päästölähteiden vaikutuksia, sillä isotooppien suhteet muuttuvat merkittävästi, vaikka rikin kokonaispitoisuudet eivät olisikaan selvästi kohonneita.

Neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien välinen riippuvuus todettiin tilastollisesti merkitseväksi useiden muuttujien kohdalla. Muuttujien väliset riippuvuudet eivät olleet kuitenkaan kovin voimakkaita ja niiden käytännön merkitys jää vähäiseksi. Suuntaa antavasti voidaan kuitenkin todeta, että sormipaisukarpeen vauriot lisääntyvät ja ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä pienenee, kun neulasten alkuainepitoisuudet kasvavat.

7 Yhteenveto

Tässä selvityksessä on tutkittu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien ilmanlaatua bioindikaattoreiden avulla. Indikaattoreina on käytetty männyn neulasia ja mäntyjen rungoilla kasvavia jäkäliä. Seuranta toteutettiin Uudenmaan ympäristökeskuksen laatiman seurantaohjelman mukaisesti ensimmäisen kerran vuosina 2000 ja 2001, jolloin seuranta kattoi Mäntsälää ja Pornaista lukuun ottamatta Uudenmaan maakunnan sekä Itä-Uudenmaan maakunnasta Porvoon, Loviisan ja Ruotsinpyhtään. Seurantatutkimuksen toinen kierros toteutettiin vuosina 2004 ja 2005 kattaen kokonaan molemmat maakunnat. Bioindikaattoriseurannan tilaajina ovat alueen kunnat, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV) ja Uudenmaan ympäristökeskus, joiden lisäksi seurannan kustannuksiin ovat osallistuneet useat maakuntien teollisuus- ja energiantuotantolaitokset. Seurantatutkimuksen on tehnyt Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus.

Seurannassa tehdyillä havainnoilla ja neulasten kemiallisilla määrityksillä on selvitetty ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan männiköissä sijaitsevilla havainto- ja näytealoilla. Taajamiin ja niiden läheisyyteen sijoitetuilla havaintopaikoilla on selvitetty paikallisten päästöjen aiheuttamia muutoksia ja niiden vertailukohteina on käytetty tasaisesti maakuntien alueelle sijoitettuja havaintopaikkoja. Seurannassa on käytetty uutena menetelmänä pysyvien isotooppien tutkimusta, jossa neulasnäytteiden rikin ja typen isotooppisuhteiden perusteella tarkastellaan eri päästölähteistä peräisin olevan rikin ja typen esiintymistä tutkimusalueella.

Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla rikkidioksidipäästöt ovat pienentyneet pitkällä aikavälillä. Kylmän talven ja vesivoiman niukkuuden seurauksena rikkidioksidin päästömäärät kasvoivat vuonna 2003 erityisesti pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Fortum Power and Heat Oy:n Inkoon voimalaitoksen tuotannon kasvaessa. Rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2003 lähes kokonaan peräisin teollisuus- ja energiantuotantolaitoksista, joista pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitokset, Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa ja Inkoon voimalaitos muodostivat merkittävimmät päästökeskittymät.

Tutkimusalueella typen oksidien päästöt ovat pienentyneet 1990-luvulla, mutta 2000-luvulla päästömäärät ovat kääntyneet lievään nousuun. Päästömäärän kasvu on johtunut pääasiassa pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Inkoon voimalaitoksen päästömäärien kasvusta. Näiden pistepäästölähteiden vaikutusalue ei ole kuitenkaan kovin laaja, joten koko tutkimusaluetta tarkasteltaessa liikenne ja liikennemäärien kasvu erityisesti pääkaupunkiseudun lähikunnissa on lisännyt typpikuormituksen määrää aikaisempaa laajemmalla alueella.

Ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyivät selvimmin mäntyjen runkojäkäläkasvillisuudessa sekä neulasten rikki- ja typpipitoisuuksissa. Todetut muutokset olivat selvimpiä alueilla, joilla myös ilman epäpuhtauksien kuormitus on suurin. Selvimmät muutokset painottuivat suhteellisen pienelle alueelle, vaikka tutkimusalue edustaa väestömäärältään merkittävintä aluetta Suomessa.

Lähes kaikkien kuntien taajamissa sijaitsi havaintoaloja, joilla sormipaisu-

karve oli selvästi vaurioitunutta ja noin joka toisen kunnan taajamassa jäkälälajisto oli myös köyhtynyt (2–5 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia). Laajin yhtenäinen vyöhyke, jolla sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä ja jäkälälajisto oli erittäin selvästi tai selvästi köyhtynyt, muodostui pääkaupunkiseudulle Espoon eteläosista ja Helsingistä Vantaan itäosien kautta Keravalle, Tuusulaan ja Järvenpäähän ulottuvalle alueelle. Pienempiä yhtenäisiä selvien vaurioiden alueita muodostui Lohjan seudulle sekä Hyvinkään, Kirkkonummen ja Porvoon taajama-alueille. Sormipaisukarpeen lieviä vaurioita todettiin yleisesti koko tutkimusalueella. Lisäksi tervettä sormipaisukarvetta tavattiin eri puolilla tutkimusaluetta.

Taajama-alueiden jäkäläkasvillisuuteen vaikuttavat teollisuuden, energiantuotannon, kiinteistöjen lämmityksen sekä liikenteen päästöt. Tieliikenteen vaikutus näkyi useilla valtateiden läheisillä havaintoaloilla jäkälälajiston köyhtymisenä ja sormipaisukarpeen selvinä vaurioina. Teollisuuslaitosten vaikutus jäkäläkasvillisuuteen näkyi Inkoon Torpissa, Tammisaaren Björknäsissä ja Porvoon Kilpilahdessa. Tammisaaressa ja Porvoossa teollisuuden vaikutus näkyi lähinnä sormipaisukarpeen vaurioissa, ei niinkään jäkälälajien lukumäärissä. Fortum Power and Heat Oy:n Inkoon voimalaitoksen päästökuormitus ei näkynyt voimalaitoksen läheisillä havaintoaloilla jäkälälajiston köyhtymisenä eikä sormipaisukarpeen vaurioitumisena, vaikka päästöt ovat lisääntyneet merkittävästi 2000-luvun alkuvuosina.

Edelliseen seurantakierrokseen verrattuna jäkälämuutoksiltaan pahin alue oli pienentynyt Helsingissä, mutta jäkälälajistoltaan köyhtynyt alue oli laajentunut Helsingin ja Keravan sekä Inkoon ja Lohjan välisellä alueella. Sormipaisukarpeen lievien vaurioiden vyöhyke oli tutkimusalueella laajentunut, mutta selvien vaurioiden vyöhyke oli pysynyt pinta-alaltaan suunnilleen samana. Jäkälälajistossa havaittu kehitys, jossa jäkälämuutoksiltaan pahin alue on pienentynyt, mutta lievempien muutosten alue on laajentunut, kuvastaa alueella vallitsevaa päästökehitystä, jossa kokonaispäästöt ovat pitkällä aikavälillä pienentyneet, mutta päästöt levittäytyvät laajemmalle alueelle. Helsingissä todettu jäkälälajiston elpyminen on seurausta erityisesti rikkidioksidipäästöjen pienentymisestä pitkällä aikavälillä. Liikennemäärien kasvun seurauksena liikenteen typpipäästöt ovat pysyneet vakaina. Koko tutkimusaluetta tarkasteltaessa liikenne ja liikennemäärien kasvu erityisesti pääkaupunkiseudun lähikunnissa on lisännyt typpikuormituksen määrää aikaisempaa laajemmalla alueella.

Tutkimusalueella todettiin neulasten selvästi kohonneita typpipitoisuuksia, mikä osaltaan ilmentää tutkimusalueella tapahtuvaa kehitystä, jossa kasvillisuudelle myrkyllisten rikkiyhdisteiden kuormitus on vaihtunut typpikuormitukseen. Neulasten typen isotooppikoostumusten perusteella typpikuormitus painottuu taajamiin ja erityisesti pääkaupunkiseudulla pääteiden läheisyyteen. Typen isotooppisuhteet viittasivat koko tutkimusalueella lähinnä liikenteestä peräisin olevaan typpeen.

Männyn nuorimpien neulasten rikkipitoisuuksien todettiin kohonneen lähes koko tutkimusalueella vuoteen 2001 verrattuna, jolloin rikkipitoisuudet olivat poikkeuksellisen pieniä. Pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitokset, Kilpilahden teollisuusalue Porvoossa ja Inkoon voimalaitos ovat tutkimusalueen merkittävimmät päästökeskittymät. Neulasten rikkipitoisuuk-

sien ei kuitenkaan todettu kohonneen pelkästään suurimpien päästökeskittymien läheisyydessä, vaan lähes koko tutkimusalueella. Tämä viittaa siihen, ettei kohonneisiin rikkipitoisuuksiin ole vaikuttanut niinkään rikkipäästöjen kasvu, vaan mahdollisesti tasoerot alkuainepitoisuuksien analysoinnissa. Neulasten rikin isotooppisuhteet poikkesivat tutkimusalueella yleisesti vallitsevasta tasosta useiden polttoöljyä ja kivihiiltä polttoaineena käyttävien energiantuotantolaitosten läheisyydessä. Arvot viittaavat siihen, että näillä näytealoilla rikki on todennäköisesti peräisin läheisestä pistepäästölähteestä.

Neulasten alkuainepitoisuuksista rikin, typen, nikkelin, raudan ja natriumin keskimääräiset pitoisuudet olivat taajama-alueilla hieman tausta-alueiden tasoa suuremmat. Muissa neulasten alkuainepitoisuuksissa ei todettu merkittäviä eroja taajama- ja tausta-alueiden välillä. Neulasten kalsiumpitoisuudet todettiin normaalia korkeammiksi Lohjalla sekä useilla näytealoilla eri puolilla tutkimusaluetta. Neulasten keskimääräinen kalsiumpitoisuus ei kuitenkaan neulasten kalium-, magnesium-, fosfori-, kupari- ja rautapitoisuuksien ohella poikennut taajama- ja tausta-alueilla merkittävästi vuoden 2001 tasosta. Neulasten keskimääräiset natrium- ja sinkkipitoisuudet olivat sekä taajama- että tausta-aloilla suuremmat kuin vuonna 2001.

Neulasten alkuainepitoisuuksien ja jäkälämuuttujien välinen riippuvuus todettiin tilastollisesti merkitseväksi useiden muuttujien kohdalla. Muuttujien väliset riippuvuudet eivät olleet kuitenkaan kovin voimakkaita ja niiden käytännön merkitys jää vähäiseksi. Suuntaa antavasti voidaan kuitenkin todeta, että sormipaisukarpeen vauriot lisääntyvät ja ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä pienenee, kun neulasten alkuainepitoisuudet kasvavat. Neulasten alkuainepitoisuudet ovat kuitenkin varsin huonoja jäkälämuutosten selittävinä tekijöinä, sillä jäkäläkasvillisuus kuvastaa ilmanlaatua pitkällä aikavälillä, kun taas neulasten alkuainepitoisuudet kuvastavat muutaman kuukauden mittaista kertymäjaksoa. Lisäksi neulasten alkuainepitoisuuksiin vaikuttavat sääolosuhteet ja maaperä, samalla kun jäkäläkasvillisuuteen vaikuttavat myös kasvupaikan ominaisuudet kuten kasvualustan ravinteisuus, ilmankosteus, valon määrä ja topografia.

8 Sammandrag

Denna rapport behandlar luftkvaliteten i landskapen Nyland och Östra Nyland genom observation av bioindikatorer. Tallbarr och epifytiska lavar på barrträdsstammar användes som indikatorer. Observationen genomfördes i enlighet med ett observationsprogram utformat av Nylands miljöcentral för första gången år 2000 och 2001 då observationsstudien täckte hela Nyland (med undantag för Mäntsälä och Borgnäs) och kommunerna Borgå, Lovisa och Strömfors i Östra Nyland. Andra omgången av studien genomfördes år 2004 och 2005, och den täckte då hela Nyland och Östra Nyland. Partnerna som idriftsatte observationsstudien av bioindikatorer är kommunerna i dessa regioner, Huvudstadsregionens samarbetsdelegation (SAD) och Nylands miljöcentral. Utöver dessa har ett flertal industrianläggningar och energiproducerande anläggningar deltagit för att täcka kostnaderna. Studien genomfördes av avdelningen för miljöforskning vid Jyväskylä universitet.

Observationerna som gjordes under observationsstudiens gång och de kemiska analyserna av tallbarren, har gjort det möjligt för oss att tydliggöra de förändringar som orsakats av de luftburna föroreningarna inom observations- och provytorna lokaliserade i tallskogarna i Nyland och Östra Nyland. Observationsytorna lokaliserade i befolkningscentra och deras omgivningar har utnyttjats för att avgöra förändringarna orsakade genom lokala emissioner. Andra observationsytor som systematiskt lokaliserats inom landskapen Nyland och Östra Nyland har använts som jämförelseobjekt. Studien innehöll användningen av en ny metod som är baserad på studier av stabila isotoper varigenom isotopnivåerna hos svavel och kväve i barrproven indikerar förekomsten av svavel och kväve med ursprung i olika källor i studieområdet.

Svaveldioxidemissionerna i Nyland och Östra Nyland har minskat i ett längre tidsperspektiv. Emissionerna av svaveldioxid ökade under 2003 som följd av den kalla vintern och brist på vattenkraft, särskilt då strömproduktionen ökade i såväl energiproducerande anläggningar inom huvudstadsregionen som i Fortum Power and Heat Oy i Ingå. Emissionerna av svaveldioxid under 2003 uppstod nästan helt genom industrianläggningar och energiproduktionsanläggningar; av dessa uppstod de mest betydande koncentrationerna av emissioner i huvudstadsregionens energiproducerande anläggningar, industriområdet Sköldvik i Borgå och Ingå kraftverk.

Emissionerna av kväveoxider inom studieområdet minskade under 1990-talet, men under det nya millenniet har emissionerna uppvisat en svagt stigande kurva. Ökningen av emissioner har huvudsakligen uppstått på grund av stigande emissioner i energiproduktionsanläggningarna i huvudstadsregionen och Ingå kraftverk. Emellertid är påverkansområdet utgående från dessa punktemissionskällor inte speciellt omfattande, men om man ser på studieområdet som helhet, har trafiken och tillväxten av trafikvolymerna, särskilt i huvudstadsregionens närkommuner inneburit att kvävebelastningen nu spridits ut över ett större området än tidigare.

Påverkan av de luftburna föroreningarna framstod tydligast genom de epifytiska lavarterna på tallstammar och genom svavel- och kvävekoncentrationerna hos tallbarren. Förändring-

arna var tydligast i de områden som hade störst påverkan av luftburna föroreningar. De tydligaste förändringarna inriktades på ett relativt litet område även om studiens område representerar ett mycket betydande område i fråga om den del av landets befolkning som är bosatt där.

Observationsytorna var lokaliserade i befolkningscentrum i nästan varje kommun. Blåslaven på dessa ytor befanns vara tydligt skadad och lavsamhällena i ungefär varannan kommun hade också försämrats (2–5 lavarter genom påverkan från de luftburna föroreningarna). Det största enhetliga området inom vilket skadorna på blåslav var tydliga och tillståndet för lavarterna var extremt tydligt eller tydligt försämrat, fanns inom de södra delarna av huvudstadsregionen, de södra delarna av Esbo, och från Helsingfors via de östra delarna av Vanda till Kervo, Tusby och Träskända. Mindre enhetliga områden med tydliga skador fanns i Lojo-området och inom befolkningscentrum i Hyvinge, Kyrkslätt och Borgå. Mindre skador på blåslav befanns vara vanliga inom hela studieområdet. Dessutom fanns frisk blåslav inom olika delar av studieområdet.

Emissioner från industri, energiproduktion, uppvärmning av bostäder och trafik påverkar lavsamhällena vid bosättningscentra. Påverkan från vägtrafiken var tydlig på ett flertal observationsytor längs huvudvägarna med en försämring av lavarternas sammansättning och tydliga skador på blåslav. Påverkan från industrianläggningar på lavsamhällena var tydliga i Torppa (Ingå), Björknäs (Ekenäs) och Sköldvik (Borgå). I Ekenäs och Borgå var påverkan från industrin tydlig huvudsakligen genom skadorna på blåslav, däremot inte så mycket i fråga om antalet lavarter. Emissionsbelastningen från Ingå kraftverk genom Fortum Power and Heat Oy, framstod inte som tydlig på observationsytorna nära kraftverket, varken genom en försämring av lavarterna eller genom skador på blåslav, även om emissionerna har ökat betydligt under de första åren i det nya millenniet.

I jämförelse med situationen under den föregående studien hade det försämrade området i fråga om lavarternas sammansättning blivit mindre i Helsingfors, men området som försämrats i fråga om dess lavarter hade blivit större i området mellan Helsingfors och Kervo och Ingå och Lojo. Området med mindre skador på blåslav hade blivit större i studieområdet, men området med tydliga skador hade behållit ungefär samma storlek. Utvecklingen av lavarternas samhällen, dvs. att området med de största förändringarna av lavarna hade blivit mindre men att området med mindre förändringar hade förstorats, avspeglas i emissionerna, där de totala emissionerna har minskat i ett längre tidsperspektiv, men istället har emissionerna nu spridits ut över ett större område. Återhämtningen hos lavarna som observerats i Helsingfors är en följd särskilt av reducerade svaveldioxidemissioner sett i ett längre tidsperspektiv. Som en följd av tillväxten av trafikvolymer har kväveemissionerna genom trafiken bibehållits på en jämn nivå. När man ser på studieområdet som helhet, på trafik och tillväxten i trafikvolymer, speciellt i huvudstadsregionens närkommuner, ser man att kvävebelastningen nu har ökat över ett större område än tidigare.

Tydligt stigande kvävekoncentrationer observerades också i tallbarren inom studieområdet, vilket tydliggör en utveckling där belastningen av svavelföreningar som är giftiga för växter har ersatts av kvävebelastningar. På basen av isotopsammansättningen av kväve i barren, inriktas kvävebelastningen på bosättningscentra och speciellt i huvudstadsregionen kring huvudvägarnas närområden. Isotopnivåerna i fråga pekar inom hela studieområdet på kvävet som huvudsakligen kommer från vägtrafiken.

Det noterades att svavelkoncentrationerna i de yngsta tallbarren hade ökat nästan över hela studieområdet i jämförelse med år 2001 när svavel-

koncentrationerna var exceptionellt låga. Energiproducerande anläggningar i huvudstadsregionen, industriområdet Sköldvik i Borgå, och Ingå kraftverk utgör de mest betydande emissionskoncentrationerna inom studieområdet. Det noterades emellertid att svavelkoncentrationerna i tallbarr hade ökat över hela studieområdet, inte bara i närheten av de största emissionskoncentrationerna. Detta skulle indikera att tillväxten av svavelkoncentrationer inte har varit ett resultat av tillväxt av svavelemissioner som sådana, men troligen beroende på nivåskillnader i analyserna av elementära koncentrationer. Kring flera energiproducerande anläggningar som använder brännolja och kol som bränslen skiljde sig isotopnivåerna av svavel i tallbarren från de nivåer som vanligen förekommer i studieområdet. Värdet indikerar att svavlet inom dessa provytor troligtvis härrör från en närliggande punktemissionskälla.

Vad gäller de elementära koncentrationerna i tallbarren, var de genomsnittliga koncentrationerna av svavel, kväve, nickel, järn och natrium något högre än nivåerna i bakgrundsområdena i bosättningscentra. Inga betydande skillnader mellan befolkningscentra och bakgrundscentra observerades vad gäller koncentrationerna av andra element i tallbarren. Kalciumkoncentrationerna hos tallbarren översteg det normala i Lojo och på ett flertal provytor i olika delar av studieområdet. Emellertid skiljde sig tallbarrens genomsnittliga kalciumkoncentration eller kaliuminnehåll, magnesiuminnehåll, fosforinnehåll, kopparkoncentrationer och järn inte i betydande grad från de nivåer som uppmättes år 2001 i befolkningscentra och bakgrundsområden. De genomsnittliga natriumkoncentrationerna hos tallbarren var högre än år 2001 både vad gäller ytor inom befolkningscentra och bakgrundsytor.

Beroendet mellan de elementära koncentrationerna hos tallbarren och lavarnas variabler befanns vara statistiskt signifikanta för ett flertal variabler. Beroendet mellan variablerna var emellertid inte särskilt kraftigt och deras praktiska betydelse kvarstår som mindre betydande. Genom att se på denna trend, kan det emellertid sägas att skadorna på blåslav kommer att öka och att antal lavarter som är känsliga för luftburna föroreningar blir färre då de elementära koncentrationerna hos tallbarren ökar. De elementära koncentrationerna hos tallbarren är emellertid ganska dåliga som bakgrundsfaktorer till lavförändringar eftersom lavsamhällena avspeglar luftkvaliteten i det långa perspektivet medan de elementära koncentrationerna avspeglar en ackumulationsperiod över fem månader. Dessutom påverkar väder- och markförhållandena de elementära koncentrationerna i tallbarren, och samtidigt påverkar också ståndortsegenskaperna lavsamhället, t.ex. markens näringsstatus, luftfuktighet, ljusförhållanden och topografi.

Kirjallisuus

Airola, H. & Soininen, J. 2000. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä: tarkkailuohjelma Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Monisteita nro 66. ISBN 952-5237-48-6.

Anttila, P., Alaviippola, B. & Salmi, T. 2003. Ilmanlaatu Suomessa – mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja eurooppalaisiin pitoisuustasoihin. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Ilmalaadun julkaisuja 33. ISBN 951-697-574-7.

Ammann, M., Siegwolf, R., Pichmayer, F., Suter, M., Saurer, M. & Brunold, C. 1999. Estimating the uptake of traffic_derived NO2 from 15N abundance in Norway spuce needles. Oceologia 118: 124_131. ISSN 0029-8549. http://www.springerlink.com/media/PF9DMXGUYNDYWPMXCD4P/Contributions/T/T/R/R/TTRRNUM5WM2MWU6L.pdf

Anttonen, T. 1990. Laskeuman ravinteiden vaikutus sormipaisukarvejäkälän (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) kasvuun. Kuopion yliopisto, ekologisen ympäristöhygienian laitos. Opinnäytetutkielma.

Bericnik-Vrbovsek, J., Pichlmayer, F., Blochberger, K., Jeran, Z. & Marsel, J. 2002. Isotopic analysis of sulphur in the assessment of SO2 emission sources. Acta Chimica Slovenica 49: 149-157. ISSN 1318-0207.

Caritat, P., Krouse, H.R. & Hutcheon, I. 1997. Sulphur isotope composition of stream water, moss and humus from eight arctic catchments in the Kola Peninsula Region (NW Russia, N Finland, NE Norway). Water, Air and Soil Pollution 94: 191-208. ISSN 0049-6979. http://www.springerlink.com/media/988T62JMEA7RRWF8AMDQ/Contributions/J/6/6/G/J66G2P7M2U4MP877.pdf

Durka, W., Schulze, E.-D., Gebauer, G. & Voerkelius, S. 1994. Effect of forest decline on uptake and leaching of deposited nitrate determined from ^{15}N and ^{18}O measurements. Nature 372: 765-767. ISSN 0028-0836.

Emmett, B.A., Reynolds, B., Silgram, M., Sparks, T. & Woods, C. 1998. The consequences of chronic nitrogen additions on N cycling and soilwater chemistry in a N saturated Sitka spruce stand, North Wales. Forest Ecology and Management 101(1–3): 165-175. ISSN 0378-1127.

Fortum 2004. Inkoon voimalaitos. http://www.fortum.fi /document.asp?path = 14020; 14028; 14029; 14055; 14219; 14223; 14252; 4387; 5080. [Viitattu 9.12.2004]

Fry, B. 1991. Stable isotope diagrams of freshwater food webs. Ecology 72: 2293-2297. ISSN 0012-9658.

Gebauer, G. & Schulze, E.-D. 1991. Carbon and nitrogen isotope ratios in different compartment of a healthy and declining *Picea Abies* forest in the Fichtelgebirge, NE Bavaria. Oecologia 87: 198-207. ISSN 0029-8549.

Heaton, T.H.E. 1990. $^{15}N/^{14}N$ ratios of NO_x from vehicle and coal-fired power stations. Tellus 42B: 304-307. ISSN 0280-6509.

Holmberg, R. & Pihlström, M. 1992. Ilmansuojelun kasvillisuuskartoitukset Länsi-Uudellamaalla 1991. Länsi-Uudenmaan vesi- ja ympäristö, Lohja. Länsi-Uudenmaan vesi- ja ympäristö ry. - julkaisu 17. ISSN 0789-9084.

Huttunen, S. 1982. Some experience on standardized monitoring of urban pollution in forest pollutants by plants, P. 155-161. Junk Publisher. The Hague.

Huttunen, S. 1988. Porvoon seudun metsät. Bioindikaattoritutkimus vuosina 1985–1986. Oulun yliopiston Kasvitieteen laitoksen monisteita nro 32. ISSN 0357-7805.

Huttunen, S., Laine, K. & Torvela, H. 1985. Seasonal sulphur contents of pine needles as indices of air pollution. Ann. Bot. Fennici 22: 343-359. ISSN 0365-7280.

Högberg, P. 1990. Forest losing large quantities of nitrogen have elevated ^{15}N: ^{14}N ratios. Oecologia 84: 229-231. ISSN 0029-8549.

Högberg, P. & Johannisson, C. 1993. ^{15}N abundance of forests is correlated with losses of nitrogen. Plant and Soil 157: 147-150. ISSN 0032-079X.

Högberg, P., Högbom, L., Schindel, H., Högberg, M., Johannisson, C. & Wallmark, H. 1996. ^{15}N abundance of surface soils, roots and mycorrhizas in profiles of European forest soils. Oecologia 108: 207-214. ISSN 0029-8549.

Ilmatieteen laitos 2004. Otsonin esiintyminen Suomessa. http://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu/otsoniha_3.html. [Viitattu 22.11.2004]

Jedrysek, M.O., Kaluzny, A. & Hoefs, J. 2002. Sulfur and oxygen isotope ratios in spruce needles as a tracer of atmospheric pollution. Journal of Geophysical Research 107(D18): ACH5/1-ACH5/12. ISSN 0148-0227.

Jukka, L. 1988. Metsäterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. Samerka Oy, Helsinki 1988. ISBN 951-9176-34-9.

Jung, K., Gebauer, G., Gehre, M., Hofmann, D., Weissflog, L. & Schüürmann, G. 1997. Antropogenic impacts on natural nitrogen isotope variations in Pinus Sylvestris stands in an industrially polluted area. Environmental Pollution 97(1_2): 175-181. ISSN 0269-7491. http://www.elsevier.com> Journals> Environmental Pollution> Volumes/Issues > Volumes 91-100> Volume 97, Issues 1-2, Pages 1-194 (1997)> Pages 175-181, Pdf

Jussila, I. 1997. Porin-Harjavallan ja Pohjois-Satakunnan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 1996–1997. Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus. Sykesarja B 12. ISBN 951-29-1075-6.

Jussila, I., Joensuu, E. & Laihonen, P. 1999. Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Ympäristöopas 59. ISBN 952-11-0458-9.

Jussila, I. & Ojanen, M. 2002. Turun seudun ja Paraisten alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 2000–2001. Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus. Sykesarja B 14. ISBN 951-29-2262-2.

Koskentalo, T. & Airola, H. 2003. Ilmanlaadun seurantaohjelma Uudenmaan ympäristökeskuksen (1) ja pääkaupunkiseudun (14) seuranta-alueille 2004–2008. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Monisteita nro 132. ISBN 952-463-049-4.

Krouse, H.R., Legge, A.H. & Brown, H.M. 1984. Sulfur gas emissions in the boreal forest: the West Whitecourt case study. Water, Air & Soil Pollution 22(3): 321-347. ISSN 0049-6979.

Krouse, H.R., Stewart, J.W.B. & Grimenko, V.A. 1991. Pedosphere and Biosphere. In: Krouse H.R. & Grimenko, V.A. (eds.). Stable Isotopes: Natural and Anthropogenic Sulphur in the Environment. John Wiley, New York. P. 267-306.

Krouse, H.R. 1989. Sulphur Isotope Studies of the Pedosphere and Biosphere. In: Rundel, P.W., Ehleringer, J.R. & Nagy, K.A. (eds.). Stable Isotopes in Ecological Research. Springer-Verlag, New-York. P. 424-444. (Ref. Caritat et al. 1997).

Kulmala, A., Leinonen, L., Ruoho-Airola, T., Salmi, T. & Waldén, J. 1998. Air Quality Trends in Finland – Ilmanlaatumittauksia– Air Quality Measurements. Ilmatieteen laitos, Helsinki. ISBN 951-697-488-0.

Kuusinen, K., Mikkola, K. & Jukola-Sulonen, E-L. 1990. Epiphytic lichens on conifers in the 1960's to 1980's in Finland. Julk.: Kauppi, P, Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin. S. 397-420. ISBN 3-540-52213-1.

Kärenlampi, L. 1990. Maaekosysteemit vaarassa – uhkat ilmakehästä. Kuopion luonnon ystäväin yhdistys r.y., Kuopio. ISBN 952-90-2157-7.

Laurila, T., Kukkonen, J., Pietarila, H., Hakola, H., Hellén, H., Tarvainen, V. & Kauhaniemi, M. 2003. Concentrations and Trends of Nitrogen Oxides, Ozone and Volatile Organic Compounds in the Helsinki Metropolitan Area - NOVOC. Ilmatieteen laitos, Helsinki. MOBILE2-vuosiraportti 2002, M2T0244. http://www.vtt.fi/virtual/mobile/vuosikirja2002/artikkelit/sivut%20217-230.pdf.

LeBlanc, F. & DeSloover, J. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can.J.Bot. 48: 1485-1496. ISSN 0008-4026.

Leinonen, L. 1999. Ilmanlaatumittauksia 1998. Air Quality Measurements 1998. Ilmatieteen laitos, Helsinki. ISBN 951-697-510-0.

Leinonen, L. 2000. Ilmanlaatumittauksia 1999. Air Quality Measurements 1999. Ilmatieteen laitos, Helsinki. ISBN 951-697-529-1.

Leinonen, L. 2001. Ilmanlaatumittauksia 2000. Air Quality Measurements 2000. Ilmatieteen laitos, Helsinki. ISBN 951-697-542-9.

Manninen, S., Lamppu, J., Rautio, P. & Osmo, J. 1990. Porvoon seudun metsien seurantaohjelma. Ympäristöinstituutti, Ii. Tutkimusraportti 9/1990.

Metla 2000. Metsätuho-opas. www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/index.htm. 9/2000 (päivitetty).

Myllynen, M., Koskentalo, T. & Alaviippola, B. 2004. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2003. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2004:5. ISBN 591-798-554-1.

Mäkelä, K., Laurikko, J. & Kanner, H. 2004. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2003 -laskentajärjestelmä.VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Espoo. Tutkimusraportti RTE 2814/04. http://www.lipasto.vtt.fi/lipasto/liisa/liisa2003raportti.pdf

Nadelhoffer, K.J. & Fry, B. 1994. Nitrogen isotope studies in forest ecosystems. In: Lajtha, K. & Michener, R.H. (eds.). Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science. Blackwell Scientific Publications, P. 22-44. ISBN 0-632-03154-9.

Niskanen, I. 1995. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1994. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:11. ISSN 0357-5454.

Niskanen, I. & Ellonen, T. 1998. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1998. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1998:12. ISSN 0357-5454.

Niskanen, I. & Ellonen 1999. Kuopion ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1999. Kuopion kaupunki. Erillisselvitykset Er 1999:9. ISSN 0785-0301.

Niskanen, I., Veijola, H. & Ellonen, T. 1996. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1996. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996:17. ISSN 0357-5454.

Niskanen, I., Ellonen, T., Nousiainen, O., Veijola, H. & Miettinen, M. 1999a. Pohjois-Karjalan bioindikaattoritutkimus vuosina 1998–1999. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu. Alueelliset ympäristöjulkaisut 146. 952-11-0642-5.

Niskanen, I., Veijola, H., Ellonen, T. & Nousiainen, O. 1999b. Jyväskylän ilmanlaatu. Bioindikaattoritutkimus. Jyväskylän kaupunki, ympäristövirasto. Julkaisu 1/1999. ISBN 952-9845-92-8.

Niskanen, I., Ellonen, T. & Nousiainen, O. 2001. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2000 ja 2001. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Alueelliset ympäristöjulkaisut 238. ISBN 952-11-0999-8.

Niskanen, I., Ellonen, T., Nousiainen, O. & Polojärvi, K. 2003a. Kanta-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2001–2002. Hämeen ympäristökeskus, Hämeenlinna. Alueelliset ympäristöjulkaisut 290. ISBN 952-11-1302-2.

Niskanen, I., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. & Laitakari, V. 2003b. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 156. ISBN 951-39-1583-2.

Niskanen, I., Polojärvi, K., Haahla, A. & Laitakari, V. 2003c. Kotkan kaupungin ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2002. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 155. ISBN 951-39-1438-0.

Nommik, H., Pluth, D.J., Larson, K. & Mahendrappa, M.K. 1994. Isotopic fractionation accompanying fertilizer nitrogen transformations in soil and trees of Scots pine ecosystem. Plant and Soil 158: 169-182. ISSN: 0032-079X.

Norman, A.L., Krouse, H.R. & MacLeod, J.M. 2004. Apportionment of pollutants in an urban airshed – Calgary, Canada, a case study. In: Borrego, C. & Incecik, S. (eds.). Air Pollution Modeling and Its Application XVI, Istanbul, Turkey, May 26-30, 2003. Proceedings of NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and Its Application. Springer-Verlag. P. 107-125. ISBN: 0-306-48464-1.

Nummela, K. & Kumpulainen, M. 2003. Lohjan seudun ilmanlaadun tarkkailu. Mittaustulokset vuodelta 2002, yhteenveto vuosilta 1997–2002. Lohjan ympäristölautakunta, julkaisu 3/03. ISBN 952-9518-62-5.

Pakarinen, P. & Mäkinen, A. 1976. Suosammalet, -jäkälät ja männyn neulaset raskasmetallien kerääjinä. Suo 27: 77-83. (Viitt. Rausjärvi & Raitio 2003)

Pihlström, M., Mäkinen, A., Hämekoski, K. & Ruuhijärvi, R. 1994. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta 1988–1993. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuus kunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1994:9. ISSN 0357-5454.

Pihlström, M. & Myllyvirta, T. 1995: Ilman epäpuhtauksien leviämis- ja vaikutustutkimus Itä-Uudellamaalla, Lahden seudulla, Mikkelin läänissä ja Joutsassa 1994–1995. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry, Porvoo. Tutkimusraportti.

Pihlström, M. & Myllyvirta, T. 2001: Ilman epäpuhtauksien leviäminen ja vaikutukset metsiin vuosina 1999–2000 Itä-Uudellamaalla, Päijät-Hämeessä, Kymilaaksossa ja osassa Keski-Suomen kuntia. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry, Porvoo. Tutkimusraportti.

Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. & Ellonen, T. 2005a. Mittaustarkkuus mäntyjen runkojäkälälajiston ja sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioiden havainnoinnissa. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 89/2005.

Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. & Ellonen, T. 2005b. Mittaustarkkuus männyn neulasten rikki- ja typpipitoisuuksien kartoittamisessa. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 64/2005.

Rausjärvi, H. & Raitio, H. 2003. Neulasten alkuainepitoisuudet sekä niiden suhde näytepuiden neulaskatoon ja epifyyttijäkäliin Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella vuosina 2000 ja 2001. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Monisteita nro 120. ISBN 952-463-034–6.

Raitio, H. 2001. Seinäjoen seudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä vuonna 2000. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.

Raitio, H., Kärkkäinen, K. & Osmo, J. 2002. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vaasanseudulla vuonna 2000. Vaasan kaupungin Ympäristölautakunnan julkaisuja 1/2002.

Rees, C.E., Jenkins, W.J. & Monster, J. 1978. The sulphur isotopic composition of ocean water sulphate. Geochim. et Cosmochim. Acta 42: 377-381. ISSN 0016-7037.

Reinikainen, A., Veijalainen, H. & Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688. ISBN 951-40-1629-7.

Rubenstein, D.R. & Hobson, K.A. 2004. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. Trends in Ecology and Evolution 19(5): 256-263. ISSN: 0169 5347. http://www.people.cornell.edu/pages/drr24/TREE2004.pdf.

Ruuhijärvi, R., Mäkinen, A., Pihlström, M. & Hiironniemi, K. 1988. Suunnitelma ilman epäpuhtauksien seurannaksi pääkaupunkiseudulla bioindikaattoreiden avulla. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1998: 5.

Saari, H., Pesonen, R. & Walden, J. 2004. Lohjan ilmanlaadun tarkkailu. Mittaustulokset vuodelta 2003. Lohjan ympäristölautakunta, julkaisu 2/04. ISBN 952-9518-62-5.

Salmi, T. 2004. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten tulokset vuosilta 2001–2003. Ilmatieteen laitos, Helsinki. [Tiedonanto 7.12.2004]

Schulz, H., Giesemann, A., Jung, K., Gehre, M., Schüürmann, G. & Weigel, H.-J. 1998. Natural isotope abundance variations and contents of sulfur and nitrogenfractions in needles, barks and soils of pine stands as influenced by atmospheric depositions. Isotopes in Environmental and Health Studies 34(1-2): 97. ISSN 1025-6016.

SFS 5669. 1990. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Havupuiden neulasten kokonaisrikkipitoisuus. Näytteenotto, esikäsittely ja tulosten esittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

SFS 5670. 1990. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkäläkartoitus. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

SFS 5781. 1994. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Havupuiden neulasten rikkipitoisuuden määrittäminen ICP-emissiospektrometrillä. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

Shearer, G. & Kohl, D.H. 1986. N2-fixation in field settings: estimations based on natural ^{15}N abundance. Australian Journal of Plant Physiology 13: 699-756.

Takala, K., Olkkonen, H. & Krouse, H.R. 1991. Sulphur Isotope Composition of Epiphytic and Terricolous Lichens and Pine Bark in Finland. Environmental Pollution 69(4): 337-348. ISSN 0269-7491.

Thelin, G., Rosengren-Brinck, U., Nihlgård, B. & Barkman, A. 1998. Trends in needle and soil chemistry of Norway spruce and Scots pine stands in South Sweden 1985–1994. Environmental pollution 99(2):149-158. ISSN 0269-7491. http://www.elsevier.com> Journals> Environmental Pollution> Volumes/Issues > Volumes 91-100> Volume 99, Issues 2, Pages 141-292 (1998)> Pages 149-158, Pdf

Uotila, A. & Kankaanhuhta, V. 1999. Metsätuhojen tunnistus ja torjunta. Metsälehti Kustannus, Helsinki. ISBN 952-5118-23-1.

Uudenmaan ympäristökeskus 2004. Uudenmaan ympäristöluvanvaraisten laitosten päästötiedot vuosilta 2000–2003. [Tiedonanto 6.9.2004]

Westerholm, H. 2002. Ilmanlaatu Kilpilahden ympäristössä 2001. Fortum, Öljyn tutkimus ja teknologia, vuosiraportti 02002Y.

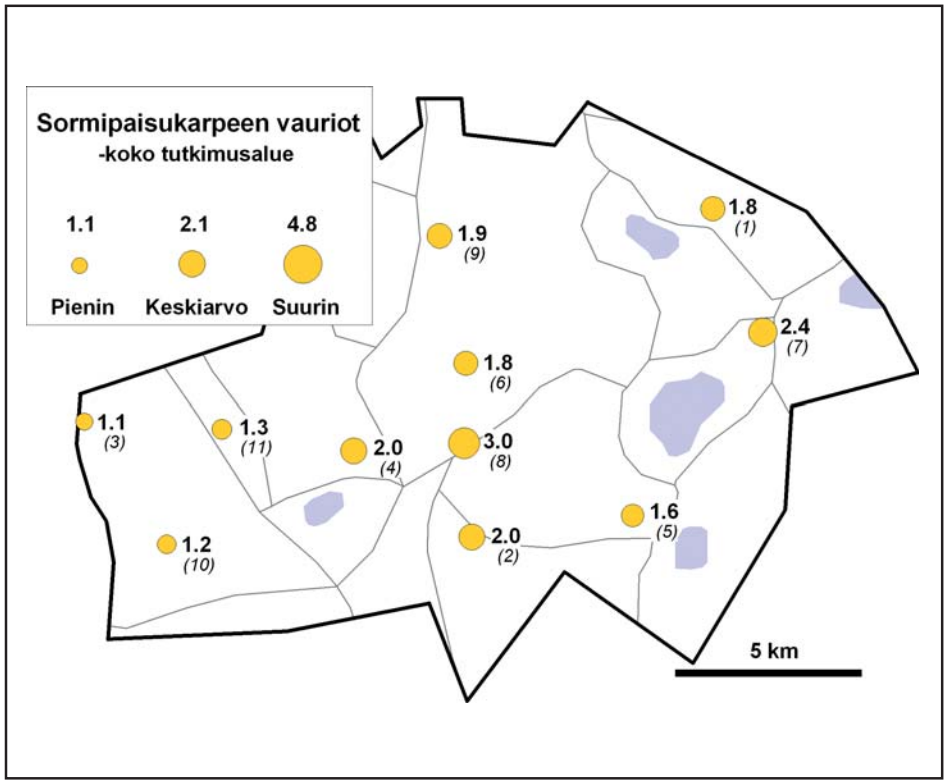
Westerholm, H. 2003. Ilmanlaatu Kilpilahden ympäristössä 2002. Fortum, Öljyn tutkimus ja teknologia, vuosiraportti OTK-198.

Westerholm, H. 2004. Ilmanlaatu Kilpilahden ympäristössä v. 2003. Fortum, Öljyn tutkimus ja teknologia, vuosiraportti OTK-353.

Winner, W.E., Bewley, J.D., Krouse, H.R. & Brown, H.M. 1978. Stable sulfur isotope of SO_2 pollution impact on vegetation. Oecologia 36: 351-361. ISSN 0029-8549. (Ref. Caritat et al. 1997).

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Askolan kunnan alueella

Askolan kunnan alueella sijaitsi 11 havaintoalaa. Neulasnäytteet otettiin kahdelta alalta, joista toinen sijaitsi taajaman tuntumassa. Sormipaisukarpeen keskimääräinen kunto oli hieman koko tutkimusalueen tasoa parempi ja jäkälälajisto vastasi tutkimusalueen taustatasoa. Yhdellä taajamassa sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Samalla alalla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt, sillä havaintoalalla todettiin vain neljä jäkälälajia. Kolmella kunnan läntisimmissä osissa sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi. Kaikilla muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin lieviksi ja jäkälälajeja todettiin vähimmällään kuusi. Leväpeitettä esiintyi Askolan kunnan havaintoaloilla hieman enemmän kuin keskimäärin. Suurimmat leväpeittävyydet sijoittuivat keskustaajaman kahdelle havaintoalalla. Jäkäläkasvillisuudessa todettujen muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Askolan kunnan alueella voidaan pitää vähäisenä. Todetut muutokset olivat lieviä ja ne rajoittuivat taajama-alueelle.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Askolan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Askolan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Askola	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	11	11	11	11
keskiarvo	5	1,8	2,2	7
suurin	10	3,0	2,9	9
pienin	0	1,1	1,2	4

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Näytepuiden neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli hieman korkeampi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Molempien näytealojen rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneita (rikkipitoisuus > 1100 mg/kg). Neulasten typpipitoisuudet vastasivat koko tutkimusalueen tasoa ollen normaalina pidettävällä tasolla.

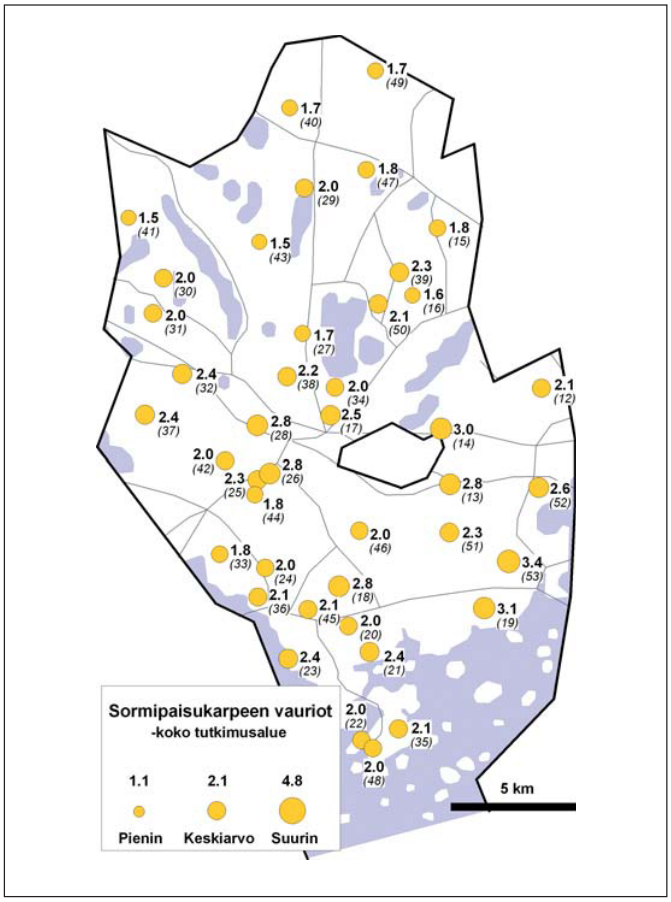
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Askolan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Askola	NeulN	NeulS
havaintoaloja	2	2
keskiarvo	13,6	1125
suurin	14,9	1143
pienin	12,2	1107

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Espoon kaupungin alueella

Havaintopuiden runkojäkäliä tutkittiin 42 havainto- ja näytealalla Espoon kaupungin alueella. Sormipaisukarpeen kunto, levän peittävyys, IAP-indeksi ja jäkälälajiston määrä vastasivat koko tutkimusalueen keskiarvoja. Huomattavimmat muutokset jäkälälajistossa esiintyivät Espoon itäosissa, lähellä Helsingin rajaa. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi kahdeksalla havaintoalalla Espoon itä- ja keskiosissa, muilla aloilla sormipaisukarve luokiteltiin lievästi vaurioituneeksi. Jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyt kahdella havaintoalalla Tapiolassa ja Haukilahdessa. Verrattuna edelliseen tutkimuskertaan havaintoaloilla ei enää todettu pahoja sormipaisukarpeen vaurioita ja myös selvien vaurioiden määrä oli vähentynyt. Toisaalta täysin tervettä sormipaisukarvettä ei havaittu enää yhdelläkään alalla. Nämä todetut muutokset ovat saman suuntaisia kuin pääkaupunkiseudulla yleisesti: voimakkaimmin kuormitetuilla alueilla jäkälien vauriot ovat vähentyneet, mutta toisaalta lievät vauriot ovat levittäytyneet laajemmalle.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Espoon kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Esbo stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Espoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Espoo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	42	42	42	42	42	42	42	42
keskiarvo	4	2	2,2	2,2	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	3,4	3,7	2,8	3,2	10	10
pienin	0	0	1,5	1,4	0,6	0,7	2	2

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Näytemäntyjen neulasten rikki- ja typpipitoisuudet olivat suurempia kuin edellisessä seurantatutkimuksessa. Espoon näytealojen neulasten keskimääräiset pitoisuudet vastasivat kuitenkin koko tutkimusalueen yleistä tasoa. Kahdella näytealalla Tapiolassa ja Puolarmetsässä rikkipitoisuudet olivat kohonneita eli pitoisuudet olivat yli 1 200 mg/kg. Lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia (< 1 100 mg/kg) tavattiin etenkin kaupungin etelä- ja itäosissa sekä yksittäisellä näytealalla Ämmässuon kaatopaikan lähistöllä. Suurimmalla osalla Espoon näytealoja keskimääräiset rikkipitoisuudet olivat välillä 1 000 – 1 100 mg/kg. Neulasten typpipitoisuus oli selvästi kohonnut yhdellä Martinmäellä sijainneella näytealalla. Kahdella näytealalla näytepuut kärsivät typen puutteesta, sillä neulasten typpipitoisuus alitti 11 g/kg tason. Muilla näytealoilla typpipitoisuus oli normaalina pidettävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Espoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Espoo	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	42	42	42	42
keskiarvo	13,2	12,6	1050	915
suurin	18,5	14,5	1257	1020
pienin	7,0	11,0	866	809

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Esbo stads område

Trädstammarnas lavar på observationsträd examinerades på 42 observations- och provytor inom Esbo stads gränser i södra Finland. Tillståndet hos blåslaven (*Hypogymnia physodes*), algens täckningsgrad, IAP-index och antalet lavarter motsvarade medelvärdet för hela forskningsområdet. De största förändringarna i lavarnas artsammansättning inträffade i de östra delarna Esbo, nära stadsgränsen till Esbo-Helsingfors. På åtta observationsytor i de östra och centrala delarna av Esbo klassificerades blåslaven såsom tydligt skadad, medan den på andra ytor endast bedömdes ha blivit mindre skadad. Artsammansättningen hos lavar var tydligt försämrad på två observationsytor i Tapiola och Gäddvik. Jämfört med de föregående studieresultaten noterades inte längre allvarliga skador på blåslaven på observationsytorna och även antal tydligt skadade fall hade minskat. Å andra sidan, observerades inte helt frisk blåslav på några ytor. Förändringarna motsvaras av det som generellt observerats i storstadsområdet: Skador på lavar har minskat i de mest belastade områdena, men de mindre skadorna har, å andra sidan, blivit mer utspridda.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Esbo stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

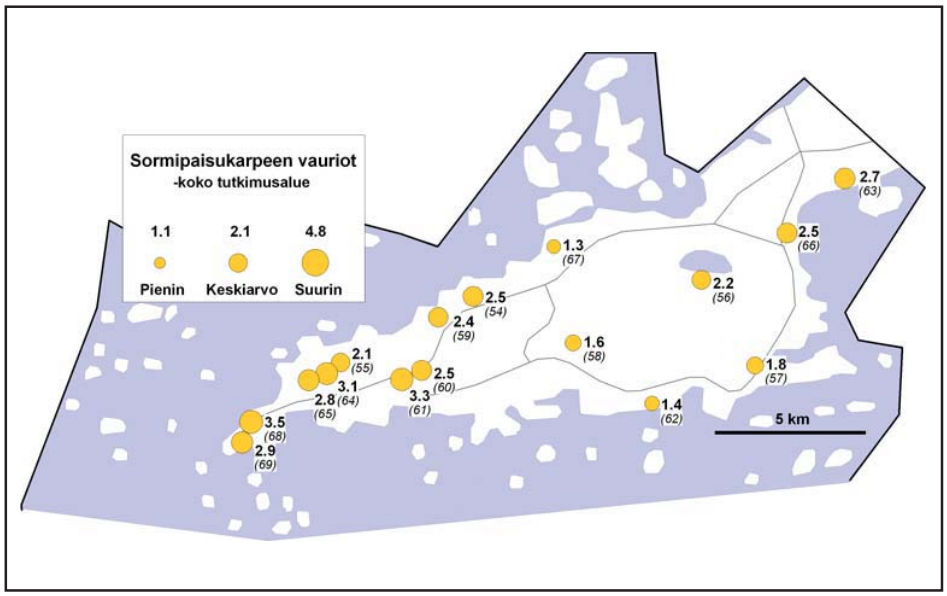
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Esbo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
medeltal	4	2	2,2	2,2	1,9	2,1	7	7	13,2	12,6	1050	915
högst	10	10	3,4	3,7	2,8	3,2	10	10	18,5	14,5	1257	1020
lägst	0	0	1,5	1,4	0,6	0,7	2	2	7,0	11,0	866	809

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Koncentrationerna av svavel och kväve i barren hos tallprovträden var högre än i den föregående uppföljningsstudien. De genomsnittliga koncentrationerna i barren som inhämtats från provytor i Esbo överensstämde med den generella nivån för hela studieområdet. Svavelkoncentrationerna hade ökat på två provytor i Tapiola och Bolarskog, dvs. koncentrationerna översteg 1200 mg/kg. Mindre ökningar av svavelkoncentrationer (< 1100 mg/kg) observerades särskilt i de södra och östra delarna av staden och på en provyta kring Käringmossen. De genomsnittliga svavelkoncentrationerna på de flesta provytorna in Esbo varierade inom en skala på 1000 – 1100 mg/kg. Kvävekoncentrationerna i tallbarren hade ökat tydligt på en provyta i Mårtensbacka. Träden på två provytor led av kväveunderskott eftersom kvävekoncentrationerna i barren understeg 11 g/kg. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna låg på nivåer som anses vara normala.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hangon kaupungin alueella

Hangon kaupungin alueella sijaitsi 16 havaintoalaa ja viisi näytealaa, joilta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen kunto luokiteltiin Hangon havaintoaloilla hieman koko tutkimusalueen keskimääräistä tulosta huonommaksi. Muiden muuttujien osalta tulokset Hangon kaupungin havaintoaloilla eivät poikenneet merkittävästi keskimääräisistä tuloksista. Yhdeksällä havaintoalalla, jotka sijoittuivat keskustan läheisyyteen ja Lappohjan alueelle, sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Kahdella havaintoalalla sormipaisukarve arvioitiin terveeksi. Jäkälälajistoltaan lievästi köyhtyneet (4 tai 5 jäkälälajia) havaintoalat sijoittuivat Tulliniemeen ja aivan kaupungin keskustaan. Jäkälälajiston lukumäärä oli vähentynyt hieman edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Suurimmat muutokset jäkäläkasvillisuudessa keskittyvät keskustan ja Lappohjan alueilla sijaitseville havaintoaloilla ja nämä alueet ovat selvästi ilman epäpuhtauksien kuormittamia.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Hangon kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Hangö stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Hangon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Hanko	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	16	16	16	16	16	16	16	16
keskiarvo	3	5	2,4	2,2	1,9	2,1	6	8
suurin	10	10	3,5	3,1	2,6	2,6	9	10
pienin	0	0	1,3	1,2	1,0	1,3	4	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Näytealojen neulasten typpipitoisuudet olivat nousseet edelliseen näytteenottokertaan verrattuna noin 10 % ja pitoisuudet olivat hieman koko tutkimusalueen keskimääräisiä pitoisuuksia korkeammat. Neulasten typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopiva yhdellä keskustassa sijainneella näytealalla ja vältäviä (11,0 – 13,9 g/kg) muilla näytealoilla. Mäntyjen neulasten rikkipitoisuudet olivat nousseet edelliseen tutkimukseen verrattuna. Rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneet (> 1100 mg/kg) kahdella keskustan näytealalla ja neulasten normaalina pidettävä taso, 900 mg/kg, ylittyi kaikilla näytealoilla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Hangon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Hanko	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	5	5	5	5
keskiarvo	14,1	12,6	1082	905
suurin	15,8	13,2	1153	980
pienin	13,3	11,5	986	857

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Hangö stads område

Barrproven hämtades från sexton observationsytor och fem provytor i Hangö. Tillståndet för blåslaven på observationsytorna i Hangö klassificerades som något sämre jämfört med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. I förhållande till andra variabler skiljde sig de inhämtade resultaten på observationsytorna i Hangö stad inte i någon betydande grad från medelresultaten. På nio observationsplatser lokaliserade i närheten av stadens centrum och i Lappvik-området klassificerades blåslaven som tydligt skadad. På två observationsytor uppskattades blåslaven vara helt frisk. De observationsytor där lavarnas artsammansättning hade genomgått en mindre försämring (4 – 5 lavarter) var lokaliserade på Tulludden och i stadens centrum. Antal lavarter hade minskat något jämfört med föregående studies resultat. De största förändringarna i lavarnas samhällen är koncentrerade till de observationsytor som är lokaliserade i stadens centrum och Lappvik; dessa områden är tydligt belastade av luftburna föroreningar.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Hangö stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

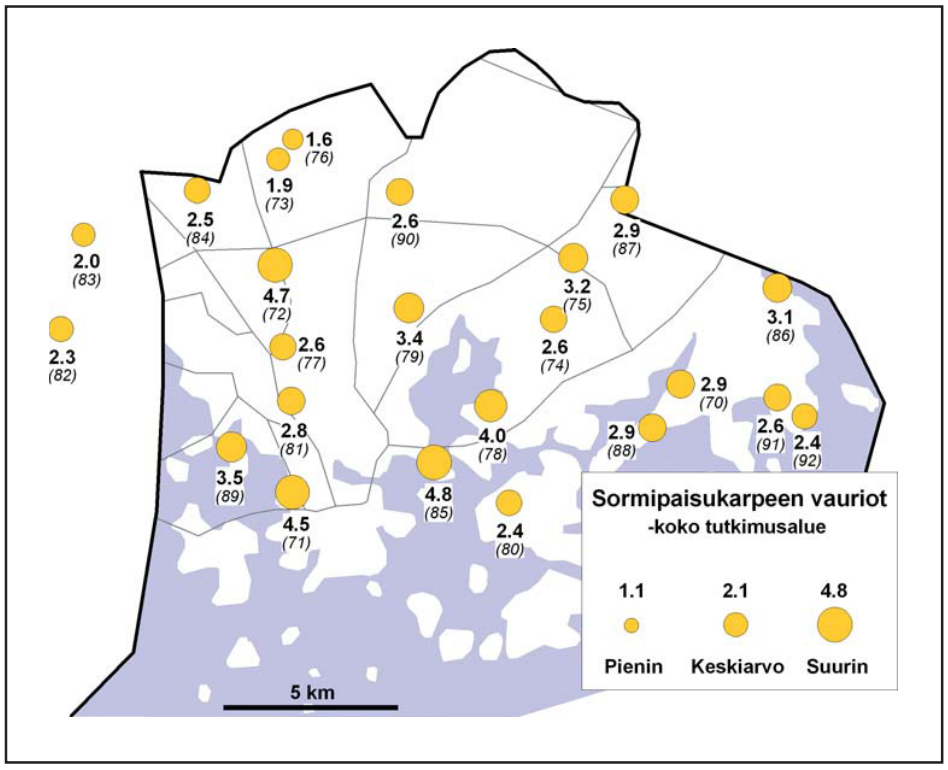
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Hangö	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	16	16	16	16	16	16	16	16	5	5	5	5
medeltal	3	5	2,4	2,2	1,9	2,1	6	8	14,1	12,6	1082	905
högst	10	10	3,5	3,1	2,6	2,6	9	10	15,8	13,2	1153	980
lägst	0	0	1,3	1,2	1,0	1,3	4	6	13,3	11,5	986	857

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Kvävekoncentrationerna hos de barr som inhämtats från provytträden hade ökat med omkring 10 % i jämförelse med den föregående provtiden och koncentrationerna var något högre än de genomsnittliga koncentrationerna för hela studieområdet. Kvävekoncentrationerna hos barren på en provyta lokaliserad i stadens centrum var lämpliga utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbeståndet medan kvävekoncentrationerna var tolerabla på de övriga provytorna (11,0 – 13,9 g/kg). Svavelkoncentrationerna hos tallarna hade ökat jämfört med föregående studies resultat. Svavelkoncentrationerna hade ökat något (> 1 100 mg/kg) på två provytor i stadens centrum och den nivå som anses normal för barr, 900 mg/kg, överskreds på samtliga provytor.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Helsingin kaupungin alueella

Helsingin kaupungin alueella sijaitsi 23 havaintoalaa, joilta kaikilta otettiin myös neulasnäytteet. Erityisesti sormipaisukarpeen vauriot, IAP-indeksi ja jäkälälajiston määrä olivat huomattavasti koko tutkimusalueen keskimääräisiä tuloksia heikommat. Viidellä havaintoalalla Helsingin keskustassa havaittiin vain yhtä jäkälälajia, sormipaisukarvetta. Neljällä alalla näistä sormipaisukarpeen peittävyys oli 0 % ja havaintoalat luokiteltiin jäkäläautioiksi. Eniten jäkälälajeja tavattiin edelleen Helsingin pohjoisimmalla havaintoalalla sekä viidellä alalla kaupungin kaakkoisosissa. Havaintoalojen määrä, joilta sormipaisukarve oli kuollut tai puuttui oli vähentynyt edellisen tutkimuskerran viidestä alasta kolmeen havaintoalaan. Myös sormipaisukarpeen pahojen vaurioiden määrä oli vähentynyt edellisestä havaintokerrasta. Todettujen jäkälämuutosten perusteella, ilmansaasteiden kuormitus Helsingissä oli voimakkainta koko tutkimusalueella. Vuoteen 2000 verrattuna jäkälälajiston määrä oli pysynyt samana mutta jäkälien vauriot olivat hieman lieventyneet.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Helsingin kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Helsingfors stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Helsingin kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Helsinki	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	23	23	23	23	23	23	23	23
keskiarvo	6	5	3,0	3,4	0,9	0,9	4	4
suurin	10	10	4,8	5,0	2,1	2,0	7	9
pienin	0	0	1,6	2,1	0,0	0,0	1	1

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Rikki- ja typpiyhdisteiden aiheuttama kuormitus Helsingissä on suurempaa kuin tutkimusalueen muissa osissa. Tämä näkyy neulasten keskimääräistä suurempina rikki- ja typpipitoisuuksina. Mäntyjen neulasten rikkipitoisuudet olivat kasvaneet vuonna 2001 otettuihin näytteisiin verrattuna. Kahdella näytealalla Pohjois-Pakilassa ja Kurkimäellä rikkipitoisuudet ylittivät 1300 mg/kg tason. Rikkipitoisuudet olivat kaikilla neulasnäytealoilla yli 1000 mg/kg. Myös typpipitoisuudet olivat nousseet neljän vuoden takaiseen tilanteeseen verrattuna. Yhdellä näytealalla (näyteala 78) pitoisuus oli yli 17 g/kg eli selvästi kohonnut. Muiden näytealojen typpipitoisuudet olivat normaalina pidettävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Helsingin kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Helsinki	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	23	23	23	23
keskiarvo	14,3	13,7	1148	978
suurin	17,9	16,0	1383	1100
pienin	11,9	11,9	1010	902

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Helsingfors stads område

Det fanns 23 observationsytor lokaliserade i Helsingfors stads område och barrprover togs på alla dessa. Skadorna på blåslaven, IAP-index och antal lavarter var betydligt mer negativa än medelresultatet för hela forskningsområdet. På fem observationsytor i centrum av Helsingfors observerades endast en lavart, blåslav. På fyra av dessa ytor var täckningsgraden för blåslaven 0 % och de nämnda observationsytorna klassificerades som områden i avsaknad av lavar. Högsta antalet lavarter påträffades fortfarande på de nordligaste observationsytorna i Helsingfors och på fem ytor i sydöstra delen av staden. Antal observationsytor på vilka blåslaven hade dött eller försvunnit hade minskat från den föregående studiens fem ytor till den nuvarande studiens tre ytor. Antal fall av allvarlig skada på blåslaven hade också minskat jämfört med den föregående observationstiden. Utgående från de observerade lavförändringarna var belastningen orsakad av luftburna föroreningar som kraftigast i Helsingfors. I jämförelse med situationen år 2000 var antalet lavarter oförändrade, men skadorna på lavar hade blivit något mindre.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Helsingfors stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

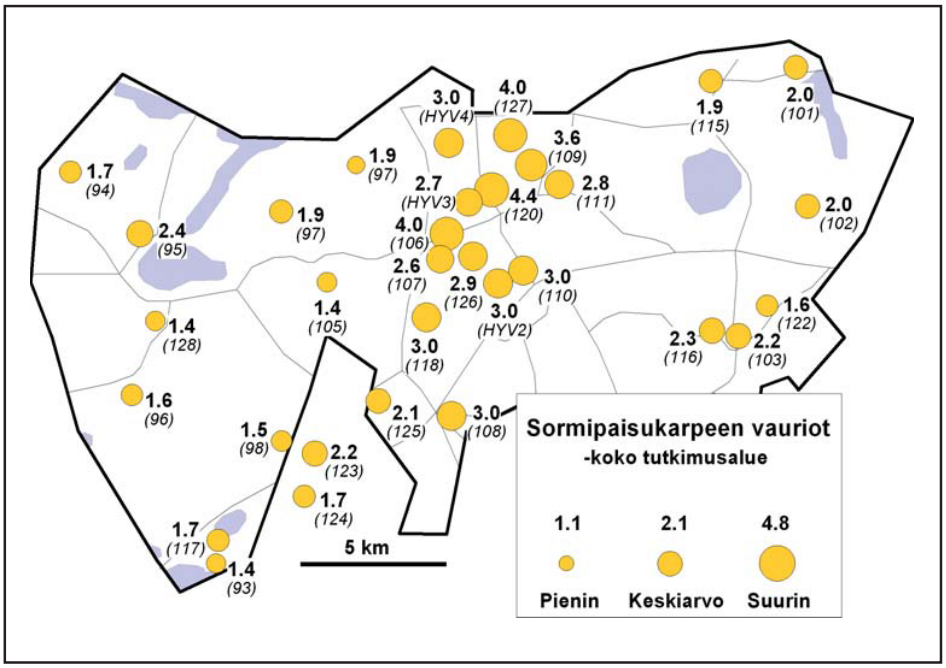
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Helsingfors	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
medeltal	6	5	3,0	3,4	0,9	0,9	4	4	14,3	13,4	1148	978
högst	10	10	4,8	5,0	2,1	2,0	7	9	17,9	16,0	1383	1100
lägst	0	0	1,6	2,1	0,0	0,0	1	1	11,9	11,9	1010	902

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Belastningen orsakad av svavel- och kväveföreningar i Helsingfors är högre än i de övriga delarna av studieområdet. Detta visas genom svavel- och kvävekoncentrationerna i tallbarr, som är större än de genomsnittliga koncentrationerna. Koncentrationerna av svavel i tallbarr hade ökat jämfört med inhämtade provresultat under 2001. På två provytor i Norra Baggböle och Kurkimäki översteg svavelkoncentrationerna nivån 1300 mg/kg. Svavelkoncentrationerna överskred 1000 mg/kg på samtliga provytor för tallbarr. Kvävekoncentrationerna hade också ökat i jämförelse med situationen för fyra år sedan. På en provyta (Yta 78) översteg koncentrationen 17 g/kg, dvs. en tydlig ökning. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna låg på nivåer som anses vara normala.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hyvinkään kaupungin alueella

Jäkälähavaintoja tehtiin Hyvinkään kaupungin alueella 23 havaintoalalla. Neulasnäytteet kerättiin 12 näytealalta. Hyvinkään keskustan Vieremän kaupunginosassa oli yksi havaintoala, jolta löydettiin vain yksi jäkälälaji. Sormipaisukarpeen peittävyys tällä paikalla oli 0 %, joten alaa voidaan pitää jäkäläautiona. Jäkälälajistoltaan lievästi köyhtyneiden havaintoalojen määrä oli lisääntynyt edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Havaintoaloja, joilta tavattiin neljästä viiteen jäkälälajia, oli kaupungin alueella viisi. Pahojen ja selvien sormipaisukarpeen vaurioiden määrä oli lisääntynyt vuoden 2000 havaintoihin verrattuna. Pahat ja selvät vauriot keskittyivät kaupungin keskusta-alueelle, mutta selviä vaurioita havaittiin myös keskustaajaman ulkopuolella Helsinki-Hämeenlinna moottoritien varrella. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamat jäkälämuutokset etenkin Hyvinkään kaupungin keskustan alueella olivat selviä ja kuormitus tällä alueella on jäkälähavaintojen mukaan voimakasta. Vuoteen 2000 verrattuna jäkälälajisto oli hieman köyhtynyt ja vauriot lisääntyneet.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Hyvinkään kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Hyvinkään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Hyvinkää	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	32	32	32	32	32	32	32	32
keskiarvo	3	3	2,4	2,0	1,8	2,2	6	7
suurin	10	10	4,4	3,7	2,5	2,8	8	9
pienin	0	0	1,2	1,1	0,3	0,4	1	2

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Hyvinkäällä neulasten rikki- ja typpipitoisuudet olivat pysyneet samalla tasolla kuin vuonna 2001 ja pitoisuudet olivat hieman koko tutkimusalueen keskiarvoja alhaisemmat. Neulasten typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopiva yhdellä keskustan näytealalla. Muilla näytealoilla pitoisuudet olivat välttäviä pitoisuuksien vaihdellessa välillä 11,5 – 13,9 g/kg. Rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneita (> 1 100 mg/kg) kahdella näytealalla. Muiden neulasnäytteiden rikkipitoisuudet olivat 908 – 1 030 mg/kg.

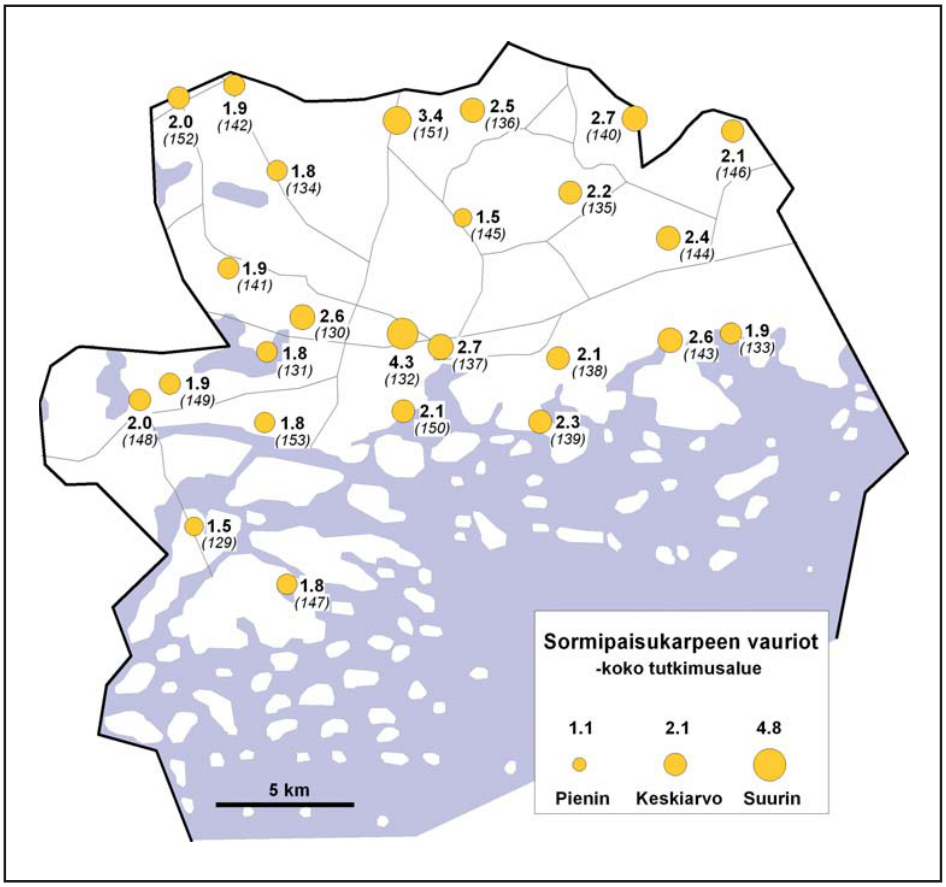
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Hyvinkään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Hyvinkää	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	12	12	12	12
keskiarvo	13,1	13,1	996	992
suurin	14,0	15,3	1118	1150
pienin	11,5	11,5	905	920

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Inkoon kunnan alueella

Inkoon kunnan alueella oli 25 havaintoalaa. Inkoon keskustan tuntumassa teollisuuslaitoksen välittömässä läheisyydessä sijainnut havaintoala (havaintoala 132) oli edelleen lähes jäkäläautio ja sormipaisukarve luokiteltiin pahasti vaurioituneeksi. Edellisessä seurantatutkimuksessa kaikilla muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli luokiteltu terveeksi tai lievästi vaurioituneeksi. Nyt kuudella havaintoalalla sormipaisukarpeen kunto arvioitiin selvästi vaurioituneeksi. Jäkälälajistoltaan lievästi köyhtyneitä havaintoaloja, joilta löydettiin vain 4 – 5 jäkälälajia, oli kolme Inkoon pohjoisosissa. Kaikkiaan lajimäärissä ei kuitenkaan ollut tapahtunut selvää muutosta vuoden 2000 tutkimuskertaan verrattuna.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Inkoon kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Ingå kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Inkoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Inkoo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	25	25	25	25	25	25	25	25
keskiarvo	2	1	2,2	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	7	4,3	4,9	2,6	2,7	9	9
pienin	0	0	1,5	1,0	0,4	0,5	2	2

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Inkoon neulasnäytteiden rikki- ja typpipitoisuudet olivat kasvaneet vuoden 2001 tuloksiin verrattuna. Samalla ajanjaksolla Inkoon teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidi- ja typpioksidien päästöt olivat lisääntyneet merkittävästi. Keskimääräinen typpipitoisuus oli hieman tutkimusalueen keskitasoa korkeampi. Rikkipitoisuus jäi tutkimusalueen keskiarvoa alhaisemmaksi. Västerskogenissa sijainneella näytelalla typpipitoisuus oli selvästi kohonnut (17,7 g/kg) ja yhdellä alalla taajamassa sopiva (14,6 g/kg). Samoilla alueilla myös rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneita, sillä rikkipitoisuudet olivat 1010 – 1171 mg/kg.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Inkoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Inkoo	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	4	4	4	4
keskiarvo	14,5	12,5	1042	994
suurin	17,7	13,2	1171	972
pienin	11,9	11,8	959	851

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Ingå kommuns område

Det fanns 25 observationsytor lokaliserade i Ingå kommuns område. Den observationsyta (Yta 132) som fanns lokaliserad nära Ingå stads centrum i den omedelbara närheten av en industrianläggning var fortfarande nästan helt utan lavar och blåslaven klassificerades som allvarligt skadad. I den föregående observationsstudien hade blåslaven klassificerats som frisk eller som mindre skadad på alla övriga observationsytor. Nu uppskattades tillståndet för blåslav på sex observationsytor vara tydligt skadat. Det fanns tre observationsytor med mindre försämringar hos lavarnas artsammansättning, med endast 4 – 5 trädlavsarter, och dessa ytor var lokaliserade i de norra delarna av Ingå. Totalt sett observerades inga tydliga förändringar i artsammansättningen vid jämförelse med situationen år 2000.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Ingå kommun och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

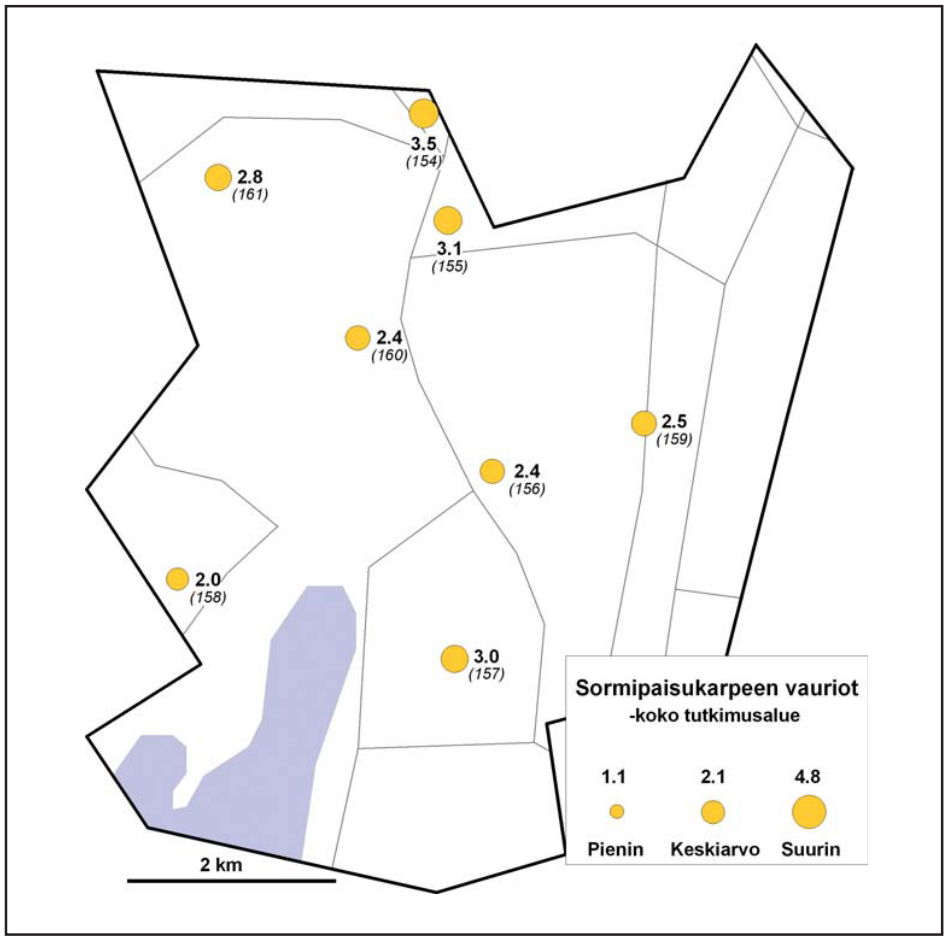
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Ingå	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	25	25	25	25	25	25	25	25	4	4	4	4
medeltal	2	1	2,2	2,0	1,9	2,1	7	7	14,5	12,5	1042	924
högst	10	7	4,3	4,9	2,6	2,7	9	9	17,7	13,2	1171	972
lägst	0	0	1,5	1,0	0,4	0,5	2	2	11,9	11,8	959	851

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Koncentrationerna av svavel och kväve i tallbarrproverna från Ingå hade ökat i jämförelse med de insamlade resultaten år 2001. Emissionerna av svaveldioxid och salpeteroxider från industri och energiproduktion i Ingå hade ökat tydligt sedan 2001. Den genomsnittliga kvävekoncentrationen var lite högre än genomsnittet för studieområdet. Svavelkoncentrationen befanns vara lägre än för genomsnittet i studieområdet. Kvävekoncentrationen på en provyta i Västerskogen hade stigit tydligt (17,7 g/kg) och på en yta lokaliserad i bosättningscentrum var den lämplig (14,6 g/kg). Svavelkoncentrationerna hade också ökat något i samma områden och de varierade mellan 1 010 – 1 171 mg/kg.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Järvenpään kaupungin alueella

Järvenpään kaupungin alueella sijaitsi 8 havaintoalaa ja 7 neulasnäytealaa. Yhdellä taajamassa sijaitsevalla havaintoalalla sormipaisukarve arvioitiin pahasti vaurioituneeksi. Samalla alalla lajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt IAP-indeksin jäädessä alle 1,0. Lisäksi neljällä muulla havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Järvenpään kolme pohjoisinta havaintoalaa luokiteltiin jäkälien lajimäärän mukaan lievästi köyhtyneeksi, koska lajeja tavattiin vain 4 tai 5. Jäkälävauriot Järvenpäässä olivat selvästi koko tutkimusalueen keskimääräistä vaurioastetta pahempia. Pohjoisimpien havaintoalojen (havaintoalat 154, 155 ja 161) jäkälävaurioihin vaikuttaa luultavasti lähistöllä sijaitsevan teollisuuslaitoksen päästöt. Muiden havaintoalojen jäkälämuutoksia selittänee havaintoalojen sijainnit tiheällä taajama-alueella ja vilkasliikenteisen Lahti-Helsinki moottoritien läheisyydessä (havaintoalat 157 ja 159). Keskimäärin jäkäläkasvillisuuden muutoksissa ei ollut juurikaan eroa vuosien 2000 ja 2004 havaintojen välillä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Järvenpään kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Järvenpään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Järvenpää	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	8	8	8	8	8	8	8	8
keskiarvo	6	6	2,7	2,5	1,7	1,9	7	7
suurin	10	10	3,5	3,4	2,4	2,6	9	9
pienin	1	0	2,0	1,6	0,8	1,1	4	4

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Typpipitoisuudet Järvenpään neulasnäytteissä olivat samalla tasolla kuin vuonna 2001. Typpipitoisuudet olivat välttävällä ja sopivalla tasolla pitoisuuksien vaihdellessa välillä 11,6 – 14,6 g/kg. Neulasten rikkipitoisuudet olivat kohonneet neljän vuoden takaiseen tilanteeseen verrattuna, mutta pitoisuudet jäivät alle koko tutkimusalueen keskitason. Kahdella näytealalla rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneet pitoisuuksien ollessa yli 1 100 mg/kg. Vain yhden näytealan rikkipitoisuus oli alle 1 000 mg/kg.

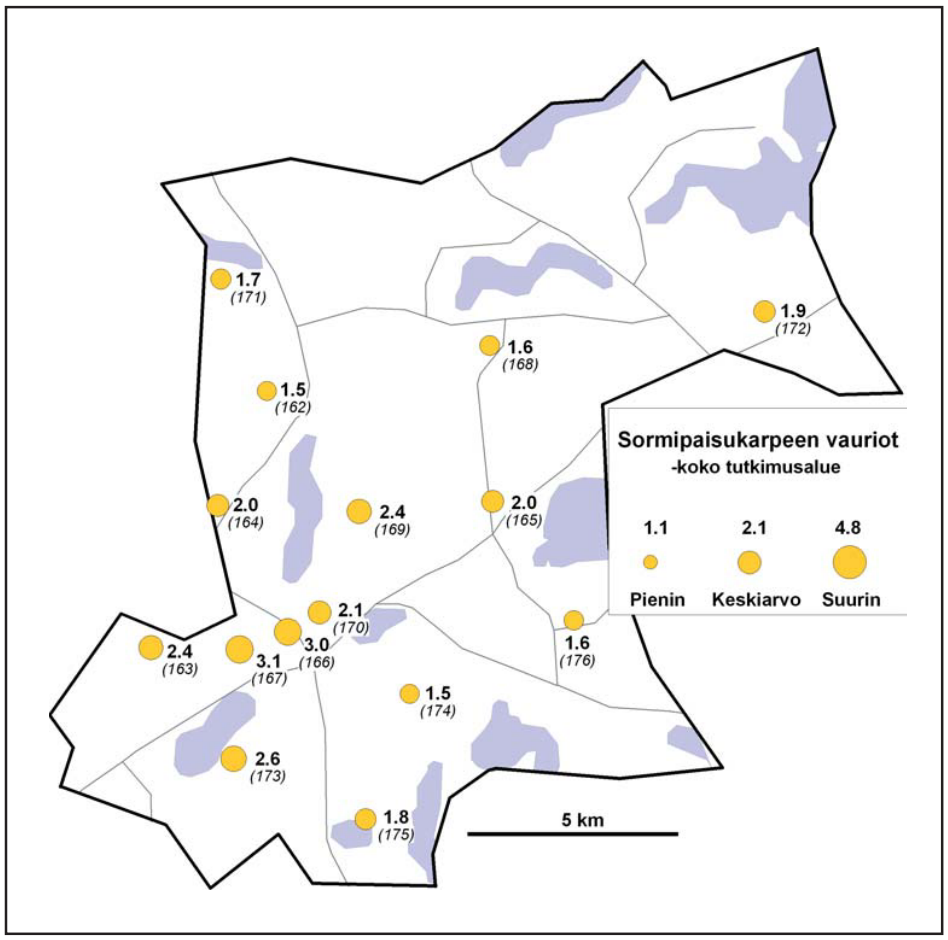
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Järvenpään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Järvenpää	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	7	7	7	7
keskiarvo	12,7	12,6	1056	933
suurin	14,6	13,9	1148	1050
pienin	11,6	11,2	979	857

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karjaan kaupungin alueella

Havaintopuiden runkojäkäliä tutkittiin Karjaalla 15 havaintoalalla ja neulasnäyte otettiin neljältä alalta. Kahdella taajama-alalla ja yhdellä taajaman ulkopuolisella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Kaikilla muilla aloilla sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin lieviksi. Kahden havaintoalan jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt. Havaintoalojen keskimääräinen lajilukumäärä vastasi koko tutkimusalueen keskiarvoa. Vuoden 2000 tuloksiin verrattuna Karjaan kaupungin jäkäläkasvillisuudessa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia. Selvät jäkäläkasvillisuuden muutokset keskittyvät kaupungin keskustaajaman läheisyyteen ja kahdelle lähellä valtatie 25 sijaitsevalle havaintoalalle.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Karjaan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Karis stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Karjaan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Karjaa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	15	15	15	15	15	15	15	15
keskiarvo	3	1	2,1	1,9	2,0	2,3	7	7
suurin	10	7	3,1	3,1	2,8	2,9	9	8
pienin	0	0	1,5	1,5	1,0	0,8	5	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Karjaalla sekä neulasten rikki- että typpipitoisuudet olivat kasvaneet vuodesta 2001 ja pitoisuudet olivat hieman koko tutkimusalueen keskiarvoja suurempia. Keskustaajamassa ja sen pohjoispuolella sijainneelle kahdella näytealalla rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneita, kun pitoisuudet olivat 1121 mg/kg ja 1130 mg/kg. Myös muilla näytealoilla rikkipitoisuudet ylittivät 1000 mg/kg. Typpipitoisuudet olivat normaalina pidettävällä tasolla pitoisuuksien vaihdellessa välillä 13 – 15 g/kg.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Karjaan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Karjaa	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	4	4	4	4
keskiarvo	14,1	12,6	1088	933
suurin	15,4	13,9	1130	1050
pienin	12,9	11,2	1016	857

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Karis stads område

Trädstammarnas lavar på observationsträd examinerades på 15 observationsytor i Karis och barrprover togs på fyra av dessa ytor. På två ytor i det tätbefolkade bosättningscentrumet och på en observationsyta utanför bosättningscentrumet klassificerades blåslaven som tydligt skadad. På alla övriga ytor uppskattades blåslavens skador vara av mindre art. Lavarnas artsammansättning på två observationsytor hade blivit något försämrad. Det genomsnittliga artantalet på observationsytorna överensstämde med den generella nivån för hela studieområdet. Jämfört med de inhämtade resultaten år 2000 hade inga betydande förändringar ägt rum i lavarnas artsammansättning i Karis stad. De tydliga fallen av förändringar i lavarnas artsammansättning koncentrerades till stadscentrats omgivningar och till två observationsytor nära motorväg nummer 25.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Karis stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

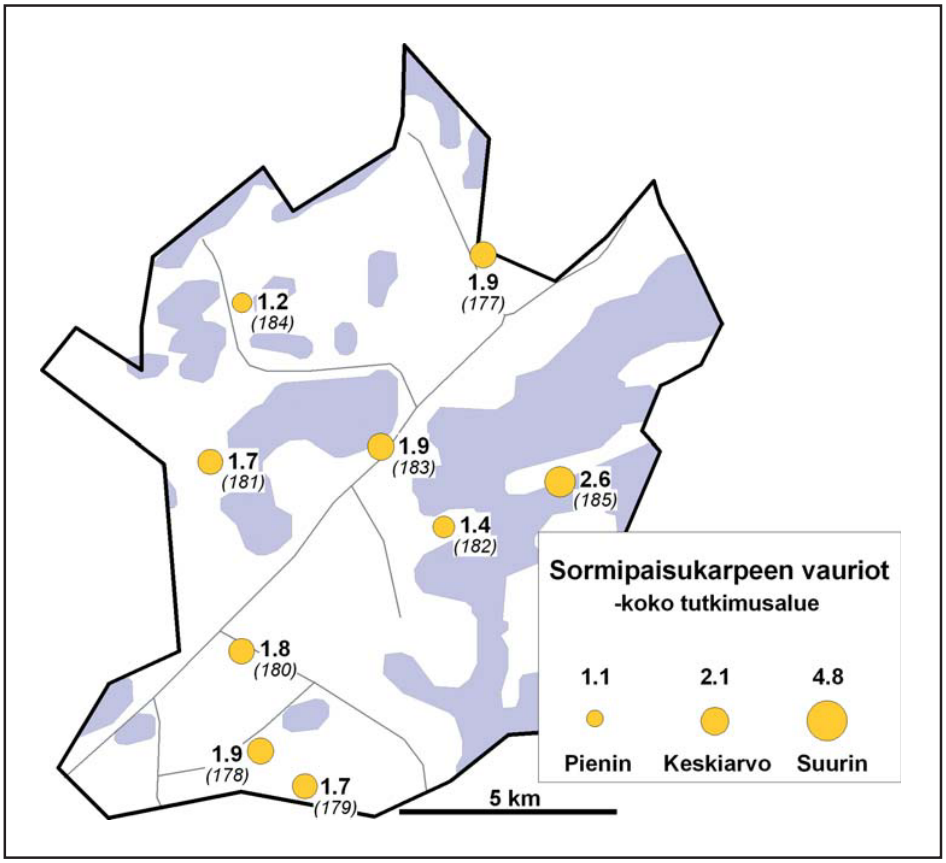
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Karis	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	15	15	15	15	15	15	15	15	4	4	4	4
medeltal	3	1	2,1	1,9	2,0	2,3	7	7	14,1	12,6	1088	933
högst	10	7	3,1	3,1	2,8	2,9	9	8	15,4	13,9	1130	1050
lägst	0	0	1,5	1,5	1,0	0,8	5	6	12,9	11,2	1016	857

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Både svavel- och kvävekoncentrationerna hos tallbarren i Karis hade ökat sedan år 2001 och koncentrationerna var något högre än de genomsnittliga koncentrationerna för hela studieområdet. Svavelkoncentrationerna hade genomgått en mindre ökning på de två provytorna lokaliserade i stadens centrum och norr om detta; Koncentrationerna var 1 121 mg/kg och 1 130 mg/kg. Också på de övriga provytorna översteg svavelkoncentrationerna 1 000 mg/kg. Kvävekoncentrationerna varierade inom en skala på 13 – 15 g/kg, vilket anses vara normalnivån.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karjalohjan kunnan alueella

Karjalohjan kunnan alueella sijaitsi 9 havaintoalaa ja neulasnäyte otettiin yhdeltä alalta. Karkalin luonnonpuistossa sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve arvioitiin selvästi vaurioituneeksi. Muiden havaintoalojen sormipaisukarve oli tervettä tai lievästi vaurioitunutta. Karjalohjan alueella sijainneiden havaintoalojen jäkälälajisto oli keskimääräistä runsaampi, sillä havaintoaloilla todettiin minimissäänkin 6 jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vaurioaste ja levän esiintymisfrekvenssi olivat Karjalohjalla hieman pienempiä kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Jäkäläkasvillisuuden muutoksia kunnan alueella voidaan kaikkiaan pitää lievinä. Keskimääräisissä kuntakohtaisissa tuloksissa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosien 2000 ja 2004 välillä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Karjalohjan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Karjalohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Karjalohja	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	9	9	9	9	9	9	9	9
keskiarvo	2	1	1,8	1,7	2,1	2,2	7	7
suurin	6	4	2,6	2,2	2,6	2,9	9	9
pienin	0	0	1,2	1,0	1,7	1,8	6	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Taajamassa sijainneen näytealan neulasten typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta välttävällä tasolla. Neulasten rikkipitoisuus puolestaan oli lisääntynyt noin 15 % vuodesta 2001, pitoisuuden ollessa nyt lievästi kohonnut (> 1 100 mg/kg).

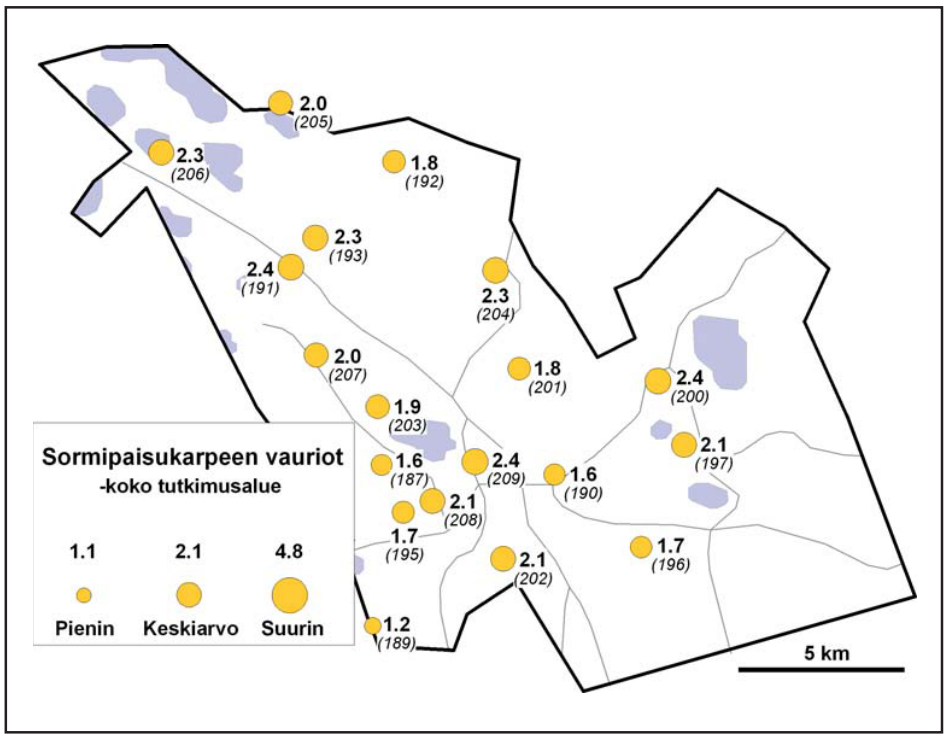
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Karjalohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Karjalohja	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	1	1	1	1
keskiarvo	13,8	15,5	1 128	957
suurin	13,8	15,5	1 128	957
pienin	13,8	15,5	1 128	957

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1 071	947
suurin	22,4	16,0	1 383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karkkilan kaupungin alueella

Karkkilan kaupungissa sijaitsi 19 havaintoalaa, joista neulasnäytteet kerättiin viideltä näytealalta. Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi kahdella Karkkilan eteläisimmällä havaintoalalla, kun vuonna 2000 terveen luokituksen saaneita havaintoaloja oli myös kaupungin pohjoisimmissa osissa. Kaikkien muiden havaintoalojen sormipaisukarve arvioitiin lievästi vaurioituneeksi. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli hieman suurentunut vuoden 2000 tuloksiin verrattuna. Karkkilan läntisimmällä havaintoalalla esiintyi vain 5 jäkälälajia ja ala luokiteltiin lajistoltaan lievästi köyhtyneeksi. Kaikilla muilla havaintoaloilla havaittiin vähintään 6 jäkälälajia. Leväpeitteen määrä Karkkilan havaintoaloilla oli lisääntynyt vuodesta 2000. Leväpeitettä ei kuitenkaan ollut merkittävästi enemmän kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Lajistoa kuvaavan IAP-indeksin perusteella havaintoalojen jäkäläkasvillisuus oli Karkkilassa edelleen hieman runsaampaa kuin keskimäärin. Ilman epäpuhtauksista johtuvia jäkäläkasvillisuuden muutoksia Karkkilan alueella voidaan pitää vähäisinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Karkkilan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Karkkilan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Karkkila	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	19	19	19	19	19	19	19	19
keskiarvo	5	0	2,0	1,6	2,2	2,4	7	7
suurin	9	4	2,4	2,7	2,9	3,1	9	9
pienin	0	0	1,2	1,0	1,4	1,8	5	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Karkkilassa neulasten rikkipitoisuudet olivat hieman kasvaneet edellisestä näytteenottokerrasta mutta pitoisuudet olivat pienemmät kuin tutkimusalueella keskimäärin. Karkkilan keskustassa yhdellä näytealalla neulasten rikkipitoisuus oli lievästi kohonnut ja ylitti 1100 mg/kg pitoisuuden. Kahdella muulla taajamanäytealalla rikkipitoisuus oli yli 1000 mg/kg. Myös neulasten typpipitoisuudet olivat kasvaneet hiukan etenkin kaupungin keskustassa. Pitoisuudet olivat edelleen normaalina pidettävällä tasolla pitoisuuksien vaihdellessa välillä 12,6 – 15,0 g/kg.

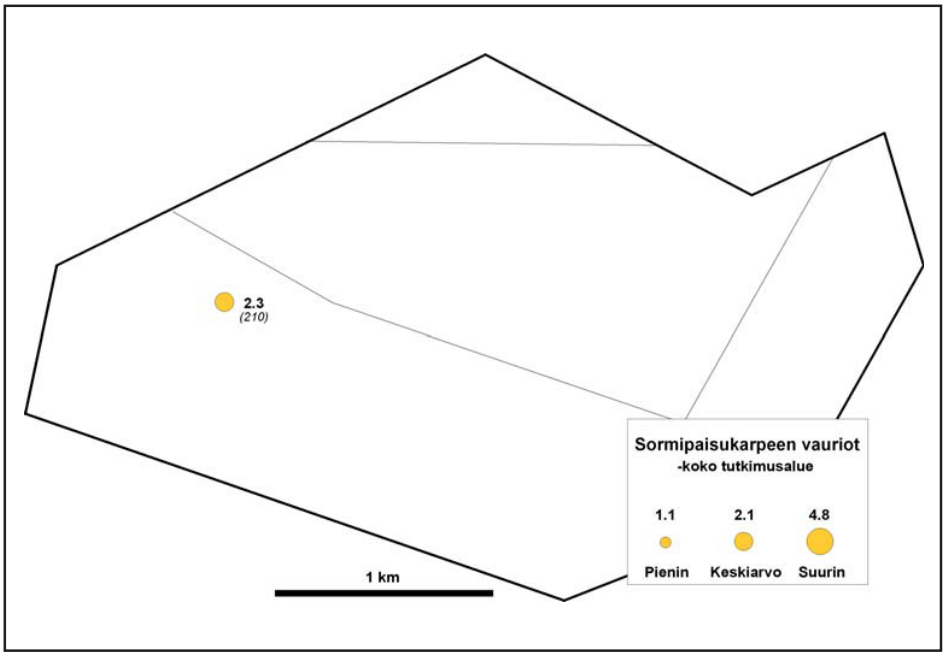
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Karkkilan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Karkkila	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	5	5	5	5
keskiarvo	13,9	13,2	1027	992
suurin	15,0	14,5	1104	1130
pienin	12,6	12,1	953	877

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kauniaisten kaupungin alueella

Kauniaisten kaupungin alueella oli yksi havaintoala, jolta otettiin myös neulasnäyte. Havaintoalan sormipaisukarve luokiteltiin edelleen hieman vaurioituneeksi ja jäkälälajeja löydettiin myös vuonna 2004 seitsemän. Jäkälälajistoa kuvaava IAP-arvo oli laskenut arvosta 2,6 arvoon 2,1. Tämän mukaan jäkälälajistossa oli lieviä muutoksia ja herkimpiä lajeja puuttui yleisesti. Leväpeitteen määrä oli hieman lisääntynyt edelliseen tutkimuskertaan verrattuna, sitä esiintyi kolmella rungolla. Kauniaisten havaintoalan jäkäläkasvillisuuden muutoksista kertovat muuttujat vastasivat kaikkiaan koko tutkimusalueen keskimääräisiä tuloksia. Jäkäläkasvillisuuden muutoksia voidaan pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Kauniaisten kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Grankulla stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Kauniaisten kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Kauniainen	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	1	1	1	1	1	1	1	1
keskiarvo	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7
suurin	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7
pienin	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Männyn neulasten rikki- ja typpipitoisuudet olivat Kauniaisissa kasvaneet hieman vuoteen 2001 verrattuna. Pitoisuudet jäivät kuitenkin alle keskimääräisen tason ja olivat edelleen normaalina pidettävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Kauniaisten kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Kauniainen	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	1	1	1	1
keskiarvo	11,9	13,2	1047	911
suurin	11,9	13,2	1047	911
pienin	11,9	13,2	1047	911

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Grankulla stads område

Det fanns en observationsyta i stadsområdet i Grankulla, som också fungerade som provyta för tallbarr. Blåslaven på observationsytorna klassificerades som mindre skadad och antal lavarter var sju under 2004. IAP-värdet visar att lavarterna hade minskat från 2,6 till 2,1. Detta innebär att det hade skett mindre förändringar i lavarnas artsammansättning och några av de mest känsliga arterna saknades generellt. Algens täckningsgrad hade ökat jämfört med den föregående studien; den förekom på tre stammar. Allt som allt motsvarade de variabler som visade förändringarna i lavarnas artsammansättning på observationsytan i Grankulla, de medelresultat som inhämtades för studieområdet som helhet. Förändringarna i lavarnas artsammansättning kan betraktas vara av mindre grad.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Grankulla stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

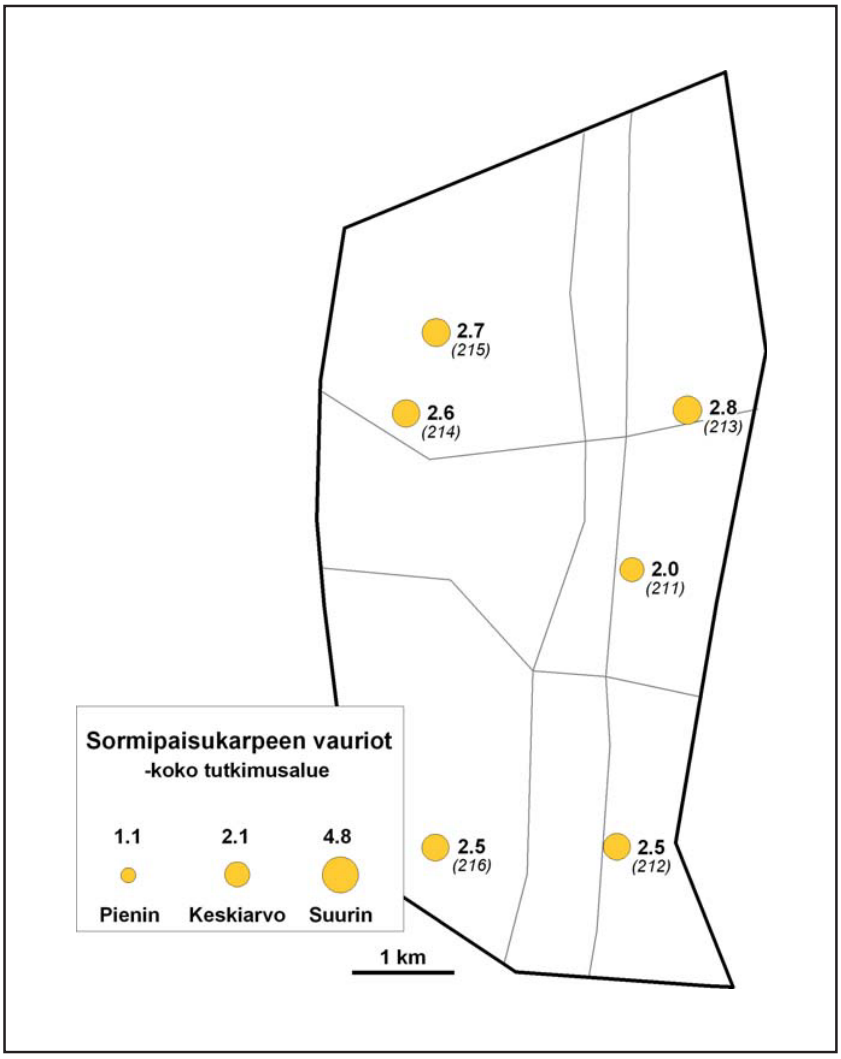
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Grankulla	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
medeltal	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7	11,9	13,2	1047	911
högst	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7	11,9	13,2	1047	911
lägst	3	1	2,3	2,2	2,1	2,6	7	7	11,9	13,2	1047	911

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Koncentrationerna av svavel och kväve i barrproven i Grankulla hade genomgått en mindre ökning i jämförelse med de resultat som inhämtades 2001. Koncentrationerna kvarstod emellertid under genomsnittet och var fortfarande på en nivå som kan anses vara normal.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Keravan kaupungin alueella

Keravan kaupungin alueella sijaitsi kuusi havaintoalaa ja neulasnäytteet kerättiin neljältä näytealalta. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi kahdella keskustaajamassa ja yhdellä Kuusisaaren taajamassa sijainneella havaintoalalla. IAP-indeksin perusteella kaikki Keravan havaintoalat luokiteltiin jäkälälajistoltaan köyhtyneiksi. Leväpeitettä esiintyi kaikilla havaintoaloilla. Viherlevän esiintymisfrekvenssin, sormipaisukarpeen kunnon, IAP-indeksin ja lajimäärän osalta Keravan alueella sijainneiden havaintoalojen tulokset olivat heikommat kuin tutkimusalueella keskimäärin. Samojen muuttujien osalta keskimääräiset tulokset olivat hieman huonompia kuin neljä vuotta sitten. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamat muutokset jäkäläkasvillisuudessa olivat selviä Keravan alueella sijainneilla havaintoaloilla. Muutoksia Keravan alueen jäkäläkasvillisuuteen aiheuttanee tiheä taajamaasutus sekä taajamaliikenteen päästöt ja kaupungin poikki kulkevan Lahti-Helsinki moottoritien liikenteen päästöt.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Keravan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Keravan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Kerava	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	6	6	6	6	6	6	6	6
keskiarvo	10	6	2,5	2,1	1,6	2,1	6	8
suurin	10	8	2,8	2,5	2,0	2,4	9	9
pienin	9	3	2,0	1,7	1,2	1,8	5	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Mäntyjen neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli kasvanut vuodesta 2001 ja pitoisuus oli tutkimusalueen keskimääräistä tasoa korkeampi. Kaikilla näytealoilla rikkipitoisuus oli yli 1 000 mg/kg ja kolmella näytealalla pitoisuus oli lievästi kohonnut eli yli 1 100 mg/kg. Neulasten typpipitoisuudet olivat välttävällä tasolla pitoisuuksien vaihdellessa välillä 12 – 13 g/kg.

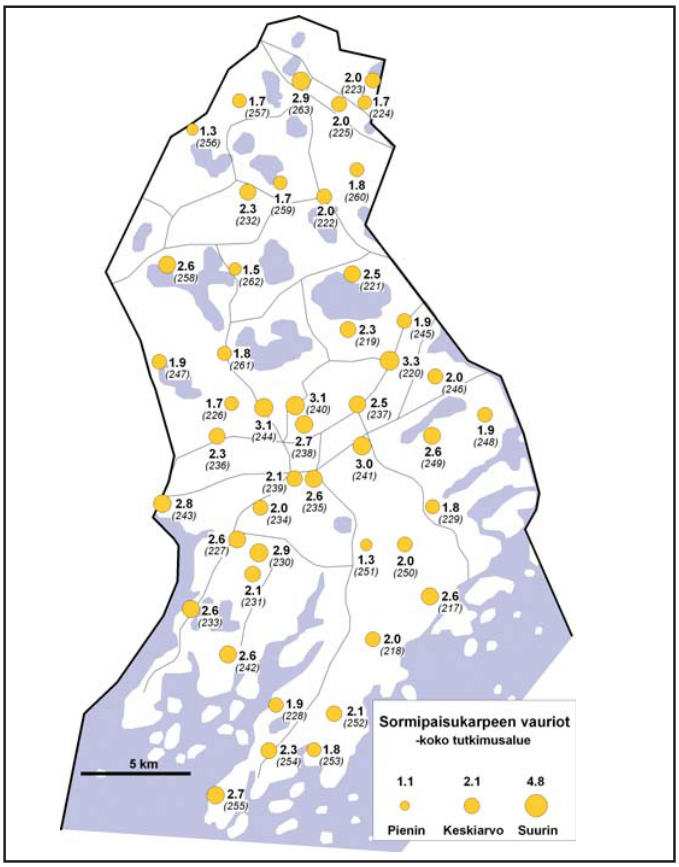
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Keravan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Kerava	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	4	4	4	4
keskiarvo	12,8	12,8	1114	972
suurin	13,4	13,7	1182	1010
pienin	12,4	12,2	1048	937

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kirkkonummen kunnan alueella

Kirkkonummen kunnan alueella sijaitsi 47 havaintoalaa, joista 18 näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli noussut hieman edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Kesällä 2004 sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi 17 havaintoalalla, kun edellisellä havaintokerralla vuonna 2000 vastaavien havaintoalojen määrä oli viisi. IAP-indeksin perusteella Kirkkonummen taajamassa oli yksi havaintoala, jolla lajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt. Lajistoltaan lievästi köyhtyneiden havaintoalojen määrä oli myös kasvanut edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Nämä havaintoalat sijoittuivat melko tasaisesti koko kaupungin alueella. Kaikkiaan Kirkkonummen jäkälähavaintojen tulokset eivät poikenneet juurikaan koko tutkimusalueen keskimääräisistä tuloksista. Kirkkonummen alueella havaintoalat, joilla jäkäläkasvillisuuden muutokset olivat selvimpiä, painottuivat taajamaan ja isojen teiden varsille. Selkeitä jäkäläkasvillisuuden muutoksia havaittiin kuitenkin koko Kirkkonummen alueella.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Kirkkonummen kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Kyrkslätt kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Kirkkonummen kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Kirkkonummi	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	47	47	47	47	47	47	47	47
keskiarvo	2	2	2,2	1,9	1,9	2,3	7	7
suurin	10	10	3,3	3,1	2,7	3,2	8	9
pienin	0	0	1,3	1,1	0,6	1,3	4	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Kirkkonummen neulasten keskimääräiset rikki- ja typpipitoisuudet olivat talvella 2005 korkeammat kuin talvella 2001. Suurin kohonnut rikkipitoisuus 1 204 mg/kg todettiin Masalassa. Kahta näytealaa lukuun ottamatta muilla näytealoilla mitattiin lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia, jotka ylittivät 1 000 mg/kg pitoisuuden. Neulasten typpipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta sopivana pidettävällä tasolla kahdeksalla näytealalla ja välttävällä tasolla kymmenellä näytealalla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Kirkkonummen kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Kirkkonummi	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	18	18	18	18
keskiarvo	13,9	12,6	1083	951
suurin	16,8	14,8	1204	1070
pienin	11,3	11,2	924	848

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Kyrkslätt kommuns område

Det fanns 47 observationsytor lokaliserade i Kyrkslätt kommun och 18 av dessa var provytor utvalda för barrprov. Jämfört med den föregående studiens resultat var de genomsnittliga skadorna något högre på blåslaven. Sommaren 2004 klassificerades blåslaven som tydligt skadad på 17 observationsytor, medan i den tidigare studien, år 2000, antalet liknande observationer var fem. IAP-index indikerade att det fanns en observationsyta i Kyrkslätt bosättningscentrum där artsammansättningen var mycket tydligt försämrad. Antalet observationsytor som karakteriserades av en mindre försämring av artsammansättningen hade också ökat i jämförelse med den föregående studien. Dessa observationsytor var utplacerade tämligen jämnt över hela stadens område. Allt som allt skiljde sig resultaten för lavobservationerna i Kyrkslätt inte mycket från medelresultatet för hela studieområdet. De observationsytor i Kyrkslätt på vilka förändringarna i lavarter var tydligast var mest lokaliserade i bosättningscentra och kring större vägar. De tydliga förändringarna hos lavarterna observerades emellertid över hela Kyrkslätt.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Kyrkslätt kommun och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

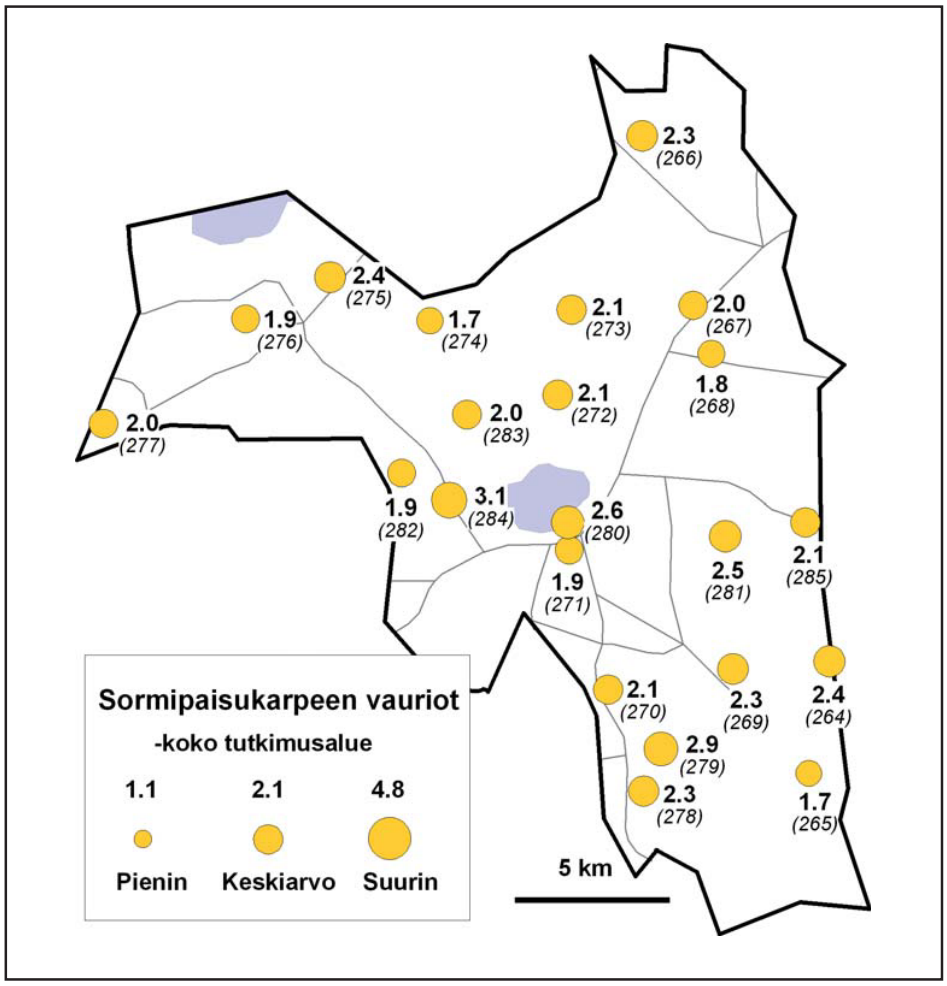
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Kyrkslätt	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	47	47	47	47	47	47	47	47	18	18	18	18
medeltal	2	2	2,2	1,9	1,9	2,3	7	7	13,9	12,6	1083	951
högst	10	10	3,3	3,1	2,7	3,2	8	9	16,8	14,8	1204	1070
lägst	0	0	1,3	1,1	0,6	1,3	4	6	11,3	11,2	924	848

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Den genomsnittliga svavel- och kvävekoncentrationen i tallbarrproven i Kyrkslätt var högre under vintern 2005 än de som insamlades under vintern 2001. Den största höjningen av svavelkoncentration, 1204 mg/kg, observerades i Masaby. Förutom på två provytor, hade svavelkoncentrationerna genomgått en mindre ökning på de övriga provytorna med koncentrationer som översteg 1000 mg/kg. Kvävekoncentrationerna hos tallbarren på åtta provytor var lämpliga utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden medan kvävekoncentrationen var tolerabel på tio provytor.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lapinjärven kunnan alueella

Lapinjärven kunnan alueella sijaitsi 22 havaintoalaa. Neulasnäytteet kerättiin kolmelta näytealalta. Sormipaisukarpeen esiintyminen ja kunto sekä jäkälälajien määrä vastasivat koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi yhdellä Lapinjärven taajaman havaintoalalla ja sekä kahdella yksittäisellä havaintoalalla taajaman ulkopuolella (Lapinkylä ja Torparbacken). Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve arvioitiin lievästi vaurioituneeksi. IAP-indeksin mukaan lajistollisesti köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi melko tasaisesti koko kunnan alueella. Leväpeitteen esiintyminen Lapinjärven kunnan havaintopuilla oli keskimääräistä runsaampaa. Viherlevää tavattiin jokaisella havaintoalalla. Jäkäläkasvillisuudessa esiintyneitä muutoksia Lapinjärven kunnan alueella voidaan pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Lapinjärven kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Lappträsk kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Lapinjärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Lapinjärvi	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	22	22	22	22
keskiarvo	8	2,2	2,0	7
suurin	10	3,1	2,8	9
pienin	2	1,7	1,4	4

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Neulasten rikkipitoisuus Lapinjärvellä oli hieman korkeampi ja typpipitoisuus hieman alhaisempi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Korkein rikkipitoisuus, joka oli lievästi kohonnut, mitattiin kunnan länsiosissa. Muillakin näytealoilla rikkipitoisuus oli yli 1000 mg/kg. Typpipitoisuus oli läntisimmällä näytealalla puuston kasvun kannalta sopivaksi pidettävällä tasolla ja muilla välttävä.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Lapinjärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Lapinjärvi	NeulN	NeulS
havaintoaloja	3	3
keskiarvo	12,8	1102
suurin	14,5	1131
pienin	11,7	1083

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lappträsk kommuns område

Det fanns 22 observationsytor lokaliserade i Lappträsk kommuns område. Barrproven samlades in från tre provytor. Förekomsten och tillståndet hos blåslaven och antalet lavarter motsvarade medelvärdet för hela forskningsområdet. Blåslaven klassificerades som tydligt skadad på en yta i bosättningscentrumet i Lappträsk och på två observationsytor utanför bosättningscentrumet (Lappböle och Torparbacken). På de övriga observationsytorna uppskattades blåslaven vara mindre skadad. Utgående från IAP-index var observationsytorna, som var utlokaliserade tämligen jämnt över hela kommunen, försämrade efter förlust av vissa lavarter. Förekomst av algskikt på observationsträden i Lappträsk kommun översteg genomsnittet. Algbeläggningen påträffades på varje observationsyta. Förändringarna i lavarnas artsammansättning i Lappträsk kommun kan betraktas vara av mindre grad.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Lappträsk kommun och i hela undersökningsområdet. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

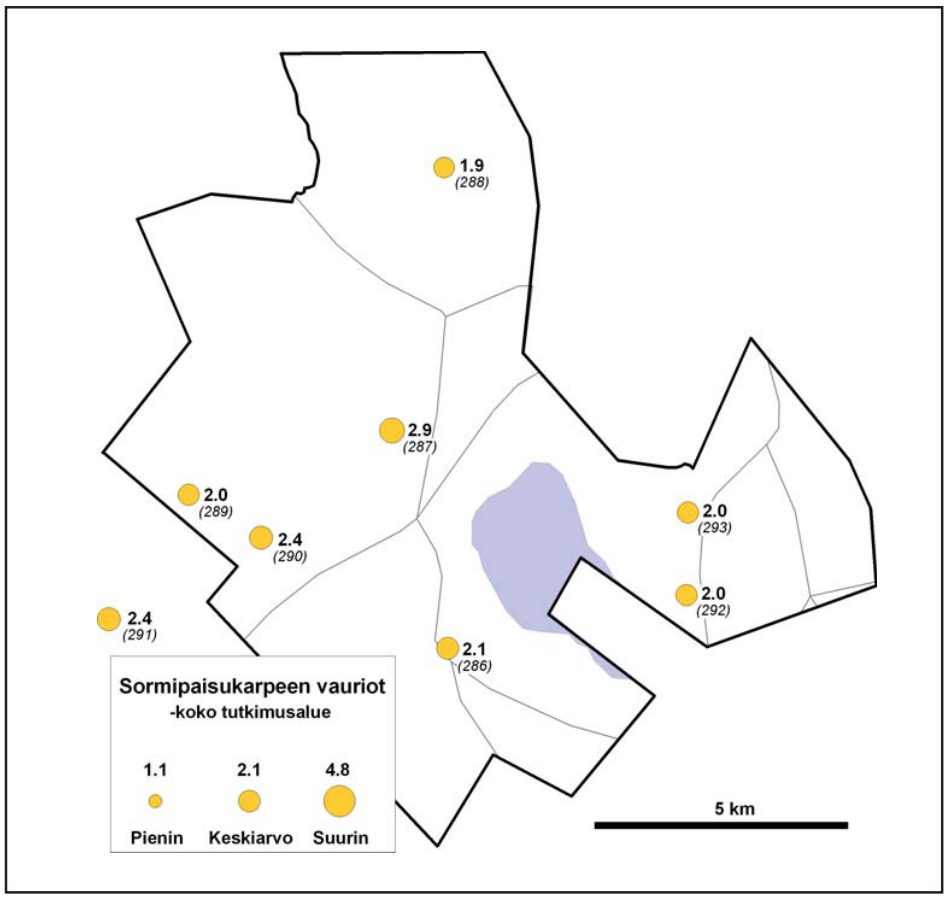
Lappträsk	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	22	22	22	22	3	3
medeltal	8	2,2	2,0	7	12,8	1102
högst	10	3,1	2,8	9	14,5	1131
lägst	2	1,7	1,4	4	11,7	1083

HELA OMRÅDET	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	776	776	776	776	267	267
medeltal	4	2,1	1,9	7	13,6	1071
högst	10	4,8	3,4	10	22,4	1383
lägst	0	1,1	0,0	1	7,0	863

Svavelkoncentrationerna hos tallbarren i Lappträsk var något högre och kvävekoncentrationerna var något lägre än genomsnittet för hela studieområdet. Den högsta svavelkoncentrationen, som hade ökat något, uppmättes i de västra delarna av kommunen. Också på de övriga provytorna översteg svavelkoncentrationerna 1000 mg/kg. Kvävekoncentrationerna på den västligaste provytan var lämplig utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden och tolerabel på de övriga provytorna.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Liljendalin kunnan alueella

Liljendalin kunnan alueella sijaitsi kahdeksan havaintoalaa, joista yhdeltä kerättiin neulasnäyte. Sormipaiskarpeen kunto, IAP-indeksi sekä jäkälälajiston määrä olivat Liljendalin havaintoaloilla samaa tasoa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Lähimpänä taajamaa sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Kaikilla muilla havaintoaloilla havaittiin lieviä sormipaisukarpeen vaurioita. Jokaisella havaintoalalla tavattiin vähintään kuusi jäkälälajia. Liljendalin kunnan jokaisella havaintoaloilla esiintyi leväpeitettä keskimääräistä tutkimusalueen tasoa enemmän. Jäkäläkasvillisuudessa tapahtuneiden muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Liljendalin kunnan alueella voidaan pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Liljendalin kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Liljendal kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Liljendalin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana levä-peite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Liljendal	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	8	8	8	8
keskiarvo	8	2,2	2,1	7
suurin	10	2,9	3,3	9
pienin	6	1,9	1,7	6

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Neulasnäytteen typpipitoisuus alitti tutkimusalueen keskiarvon ja oli välttävänä pidettävällä tasolla. Neulasten rikkipitoisuus oli yli 1100 mg/kg eli lievästi kohonnut.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Liljendalin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Liljendal	NeulN	NeulS
havaintoaloja	1	1
keskiarvo	13,1	1107
suurin	13,1	1107
pienin	13,1	1107

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Liljendal kommuns område

Det fanns 8 observationsytor lokaliserade i Liljendal kommun och en av dessa provytor var utvald för barrprov. Tillståndet för blåslaven, IAP-index och antal lavarter låg på samma nivå på observationsytorna i Liljendal i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. På en yta nära det tätbefolkade bosättningscentrumet klassificerades blåslaven såsom tydligt skadad. På alla övriga ytor uppskattades blåslaven vara mindre skadad. Varje observationsyta uppskattades innehålla minst sex lavarter. Algens täckningsgrad på varje observationsyta i Liljendal kommun var rikligare förekommande än i studieområdet som helhet. På basen av de förändringar som har inträffat i lavsamhällen, kan belastningen orsakad genom luftburna föroreningar anses vara av mindre art inom Liljendal kommun.

Kvävekoncentrationen hos barrproven var mindre än genomsnittet i studieområdet och anses ligga på en tolerabel nivå. Svavelkoncentrationen hos tallbarren översteg 1 100 mg/kg, dvs. en mindre ökning hade inträffat.

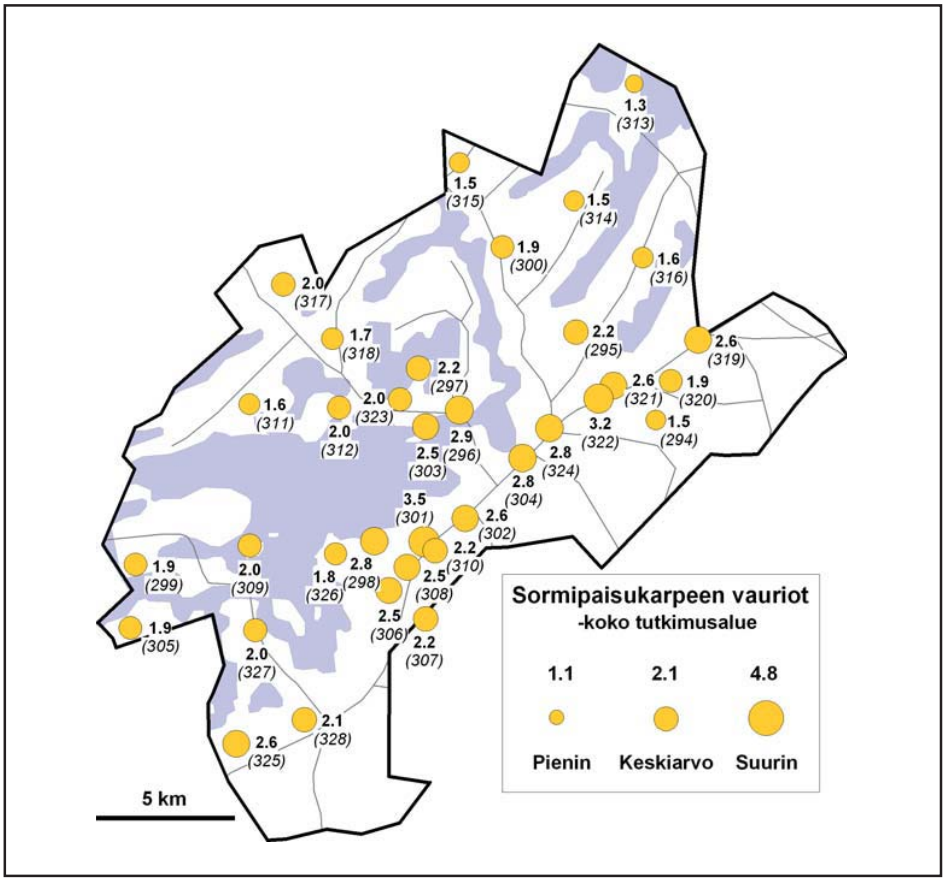
Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Liljendal kommun och i hela undersökningsområdet. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

Liljendal	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	8	8	8	8	1	1
medeltal	8	2,2	2,1	7	13,1	1 107
högst	10	2,9	3,3	9	13,1	1 107
lägst	6	1,9	1,7	6	13,1	1 107

HELA OMRÅDET	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	776	776	776	776	267	267
medeltal	4	2,1	1,9	7	13,6	1 071
högst	10	4,8	3,4	10	22,4	1 383
lägst	0	1,1	0,0	1	7,0	863

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lohjan kaupungin alueella

Lohjan kaupungin alueella sijaitsi 35 havaintoalaa, joista 14 kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarve luokiteltiin pahasti vaurioituneeksi yhdellä havaintoalalla Gunnarlassa (havaintoala 301). Yhdellätoista havaintoalalla sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin selväksi. Selvien vaurioiden alat sijaitsivat pääasiassa taajamassa sekä yhdellä yksittäisellä havaintoalalla kaupungin luoteisosassa. IAP-indeksin ja jäkälälajien lukumäärän perusteella kaksi taajamahavaintoalaa oli jäkälälajistoltaan selvästi köyhtyneitä. Huomattava määrä havaintoaloja luokiteltiin lajistoltaan köyhtyneeksi. IAP-indeksin mukaisia lajistomuutoksia esiintyi melko tasaisesti koko kunnan alueella. IAP-indeksi ja jäkälien lajilukumäärä olivat Lohjan kaupungin alueella alhaisempia kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Samat jäkälälajistoa kuvaavat muuttujat näyttäisivät huonontuneen vuoden 2000 tuloksiin verrattuna. Selvät muutokset sormipaisukarpeen vaurioissa ja jäkälälajien määrissä näyttivät keskittyvän pääasiassa Lohjan taajamissa ja valtatie 25 tuntumassa sijaitseviin havaintoaloihin.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Lohjan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Lojo stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Lohjan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Lohja	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	35	35	35	35	35	35	35	35
keskiarvo	4	2	2,2	2,0	1,5	1,7	5	7
suurin	10	10	3,5	4,1	2,6	2,7	8	9
pienin	0	0	1,3	1,2	0,8	0,9	3	4

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Kahdella Vivamossa ja Tynninharjulla sijainneella näytealalla neulasten rikkipitoisuudet olivat selvästi kohonneella tasolla ja ylittivät 1 200 mg/kg pitoisuuden. Yhtä näytealaa lukuun ottamatta kaikilla muilla näytealoilla rikkipitoisuus oli yli 1 000 mg/kg. Vivamossa myös neulasten typpipitoisuus oli selvästi kohonnut ja pitoisuus oli 17,1 g/kg. Muilla näytealoilla typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopivalla tai välttävällä tasolla. Neulasten rikkipitoisuudet olivat Lohjan näytealoilla nousseet noin 10 % vuodesta 2001 ja pitoisuudet olivat suuremmat kuin tutkimusalueella keskimäärin.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Lohjan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Lohja	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	14	14	14	14
keskiarvo	14,0	13,6	1104	991
suurin	17,1	14,8	1267	1090
pienin	12,1	11,9	935	898

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lojo stads område

Det fanns 35 observationsytor lokaliserade i Lojo kommun och 14 av dessa var provytor utvalda för barrprov. På en observationsyta lokaliserad i Gunnarla (yta 301) klassificerades blåslaven som allvarligt skadad. På elva observationsytor uppskattades blåslaven vara tydligt skadad. Ytorna som påvisar tydliga skador lokaliserades huvudsakligen i bosättningscentra och på en individuell observationsyta i nordöstra delen av staden. Utgående från IAP-index och antal lavarter befanns två av observationsytorna i bosättningscentra var tydligt försämrade gällande lavarternas sammansättning. Ett betydande antal observationsytor klassificerades såsom försämrade i fråga om artsammansättningen. Förändringar i lavarnas artsammansättning utgående från IAP-index förekom tämligen jämnt över hela kommunen. IAP-index och antal lavarter låg på en lägre nivå i Lojo stad i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. Samma variabler visar att lavarnas artsammansättning påvisar en försämring i jämförelse med resultaten av studien som genomfördes år 2000. Tydliga förändringar i skador på blåslaven och antalet lavarter föreföll att koncentreras huvudsakligen till observationsytor lokaliserade i Lojo bosättningscentrum och i området kring riksväg 25.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Lojo stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

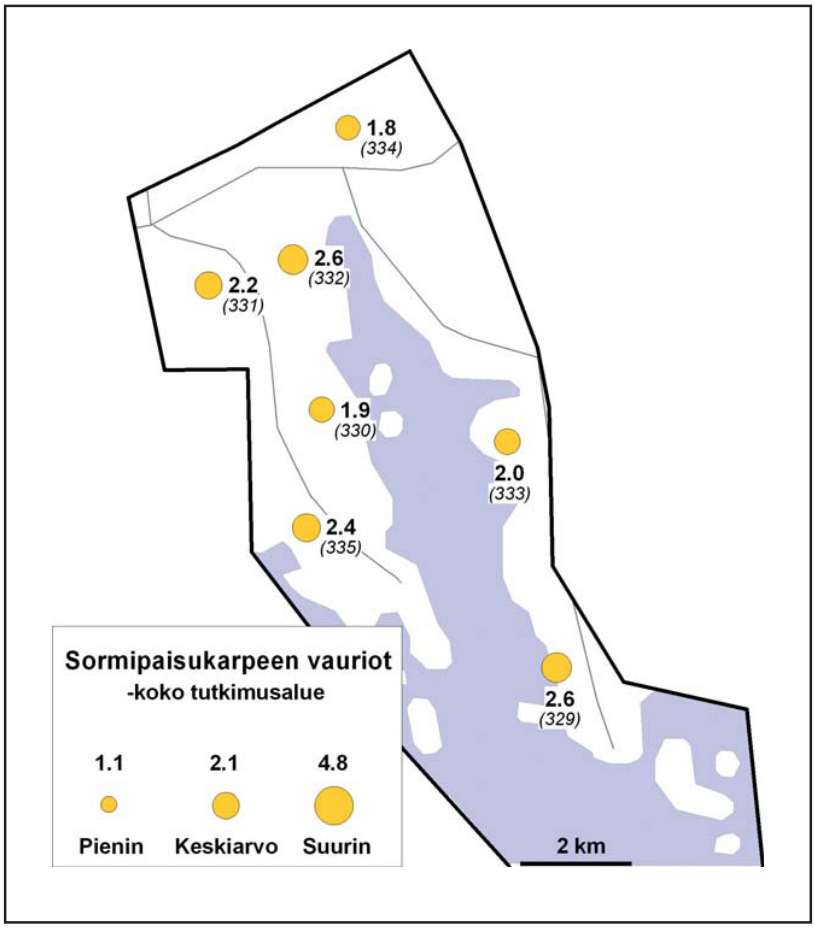
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Lojo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	35	35	35	35	35	35	35	35	14	14	14	14
medeltal	4	2	2,2	2,0	1,5	1,7	5	7	14,0	13,6	1104	991
högst	10	10	3,5	4,1	2,6	2,7	8	9	17,1	14,8	1267	1090
lägst	0	0	1,3	1,2	0,8	0,9	3	4	12,1	11,9	935	898

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Svavelkoncentrationerna hos tallbarrsprover på två provytor lokaliserade i Vivamo och Tynninharju visade tydligt stigande nivåer, överstigande en koncentration på 1200 mg/kg. Förutom på en yta översteg svavelkoncentrationerna 1000 mg/kg. Kvävekoncentrationen hos tallbarren i Vivamo hade stigit tydligt och koncentration var 17,1 g/kg. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna var lämpliga eller tolerabla utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden. Svavelkoncentrationerna hos tallbarren på provytorna i Lojo hade ökat med omkring 10 % sedan år 2001 och koncentrationerna var högre än de genomsnittliga för hela studieområdet.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Loviisan kaupungin alueella

Loviisan kaupungin alueella sijaitsi seitsemän havaintoalaa. Kolmelta näytealalta otettiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen vauriot luokiteltiin selviksi yhdellä taajamassa sijainneella havaintoalalla (havaintoala 332) ja yhdellä yksittäisellä havaintoalalla taajaman ulkopuolella (havaintoala 329), muualla sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin lieviksi. Jäkälälajisto oli Loviisassa runsasta yhtä havaintopaikkaa lukuun ottamatta, jolla tavattiin kuusi jäkälälajia. IAP-indeksi ja jäkälälajien lukumäärä olivatkin Loviisassa korkeampia kuin tutkimusalueella keskimäärin. Leväpeitteen esiintyvyys oli lisääntynyt vähän edellisestä tutkimuskerrasta. Muissa muuttujissa ei ollut tapahtunut muutosta vuoteen 2000 verrattuna. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia Loviisan jäkäläkasvillisuudessa voidaan pitää melko lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Loviisan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Lovisa stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Loviisan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Loviisa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	7	7	7	7	7	7	7	7
keskiarvo	6	2	2,2	2,0	2,3	2,3	8	8
suurin	10	8	2,7	2,7	2,7	2,7	10	9
pienin	3	0	1,8	1,6	1,8	1,7	6	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Mäntyjen neulasten rikkipitoisuudet olivat nousseet Loviisassa edellisestä näytteenottokerrasta, mutta keskimääräinen pitoisuus alitti yhä selvästi tutkimusalueen keskiarvon. Taajamassa sijainneella näytealalla rikkipitoisuus oli lievästi kohonnut, 1138 mg/kg. Koko tutkimuksen alhaisin rikkipitoisuus 863 mg/kg mitattiin myös Loviisassa. Neulasten typpipitoisuus oli laskenut vuoteen 2001 verrattuna. Yhdellä näytealalla (Varvet) näytepuut kärsivät typen puutteesta, sillä typpipitoisuus alitti 11 g/kg tason.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Loviisan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Loviisa	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	3	3	3	3
keskiarvo	12,6	13,8	1026	963
suurin	13,7	14,2	1138	1040
pienin	10,9	13,2	863	894

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lovisa stads område

Det fanns sju observationsytor lokaliserade i Lovisa stads område. Barrproven samlades in från tre provytor. Förekomsten av skador på blåslaven klassificerades som tydlig på en observationsyta (Yta 332) lokaliserad i bosättningscentrum och på en observationsyta utanför bosättningscentrum (Yta 329) medan skadorna för övriga blåslavar uppskattades vara av mindre art. Förutom på en observationsplats, som innehöll sex lavarter, bedömdes lavarnas artsammansättning i Lovisa vara rikligt förekommande. IAP-index och antal lavarter låg på en högre nivå i Lovisa i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. Algens täckningsgrad hade ökat något sedan den föregående studien. De övriga variablerna hade inte förändrats sedan 2000. Förändringarna orsakade av luftburna föroreningar i Lovisas lavsammansättning kan anses vara av mindre art.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Lovisa stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

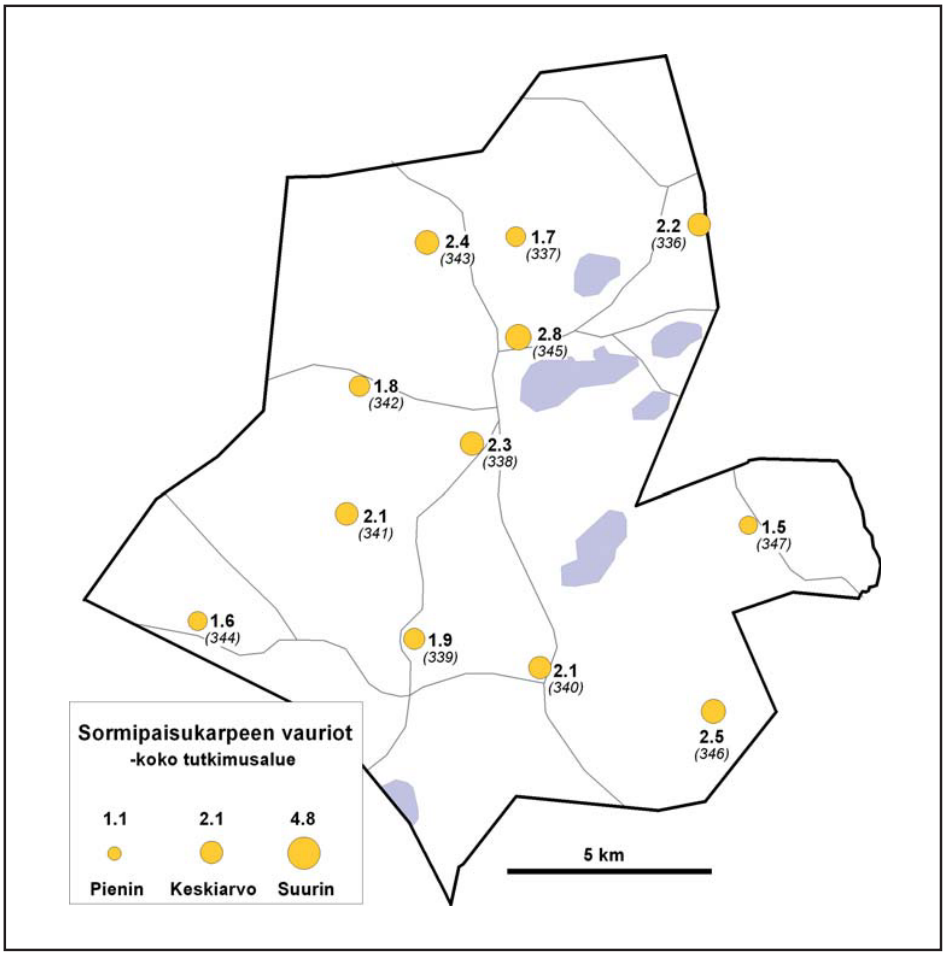
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Lovisa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3
medeltal	6	2	2,2	2,0	2,3	2,3	8	8	12,6	13,8	1026	963
högst	10	8	2,7	2,7	2,7	2,7	10	9	13,7	14,2	1138	1040
lägst	3	0	1,8	1,6	1,8	1,7	6	6	10,9	13,2	863	894

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Svavelkoncentrationerna hos tallbarren hade ökat jämfört med den föregående studien i Lovisa, men de genomsnittliga koncentrationerna var fortfarande tydligt lägre än de genomsnittliga för hela studieområdet. Svavelkoncentrationen hos tallbarren på en provyta i bosättningscentrum hade stigit något och var nu 1138 mg/kg. Den lägsta svavelkoncentrationen för hela studien, 863 mg/kg, uppmättes också i Lovisa. Kvävekoncentrationen hos tallbarren hade minskat jämfört med år 2001. Träden på en provyta (Varvet) led av kväveunderskott eftersom kvävekoncentrationerna hos barren understeg 11 g/kg.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Myrskylän kunnan alueella

Myrskylän kunnan alueella oli 12 havaintoalaa, joista kahdelta näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen kunto arvioitiin selvästi vaurioituneeksi yhdellä taajamassa sijainneella havaintoalalla. Kunnan itäisimmällä alalla sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi, muualla lievästi vaurioituneeksi. Jäkälälajisto Myrskylän kunnan alueella oli runsasta. Suurimmalla osalla havaintoaloja tavattiin vähintään kahdeksan jäkälälajia. Keskimääräinen IAP-indeksi ja jäkälälajilukumäärä olivat Myrskyläss sä korkeampia kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Ilman epäpuhtauksista johtuvia jäkäläkasvillisuuden muutoksia Myrskylän kunnan alueella voidaan pitää lievinä ja ilman saasteiden kuormitusta vähäisenä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Myrskylän kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Mörskom kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Myrskylän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Myrskylä	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	12	12	12	12
keskiarvo	6	2,1	2,3	8
suurin	10	2,8	2,8	9
pienin	0	1,5	1,7	6

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Myrskylässä molemmilla näytealoilla neulasten rikkipitoisuudet ylittivät 1 000 mg/kg pitoisuuden. Neulasten keskimääräiset rikkipitoisuudet olivat yli 5 % suuremmat kuin tutkimusalueella keskimäärin. Typpipitoisuudet neulasissa olivat puuston kasvun kannalta välttävänä ja sopivana pidettävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Myrskylän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Myrskylä	NeulN	NeulS
havaintoaloja	2	2
keskiarvo	14,0	1138
suurin	14,9	1219
pienin	13,2	1056

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Mörskom kommuns område

Det fanns 12 observationsytor i Mörskom kommun och två av dessa var provytor utvalda för barrprov. Tillståndet för blåslaven uppskattades vara klart skadad på en observationsyta lokaliserad i bosättningscentrum. På den ostligaste ytan i kommunen klassificerades blåslaven som frisk, medan tillståndet på andra ytor var något försämrat. Lavarnas artsammansättning i Mörskom kommuns område var rikligt förekommande. De flesta observationsytor noterades innehålla minst åtta lavarter. Genomsnittligt IAP-index och antal lavarter i Mörskom var högre i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. Förändringarna i lavarternas sammansättning orsakad genom luftburna föroreningar kan anses vara av mindre art inom Mörskoms kommuns område och ävenså belastningen genom luftburna föroreningar.

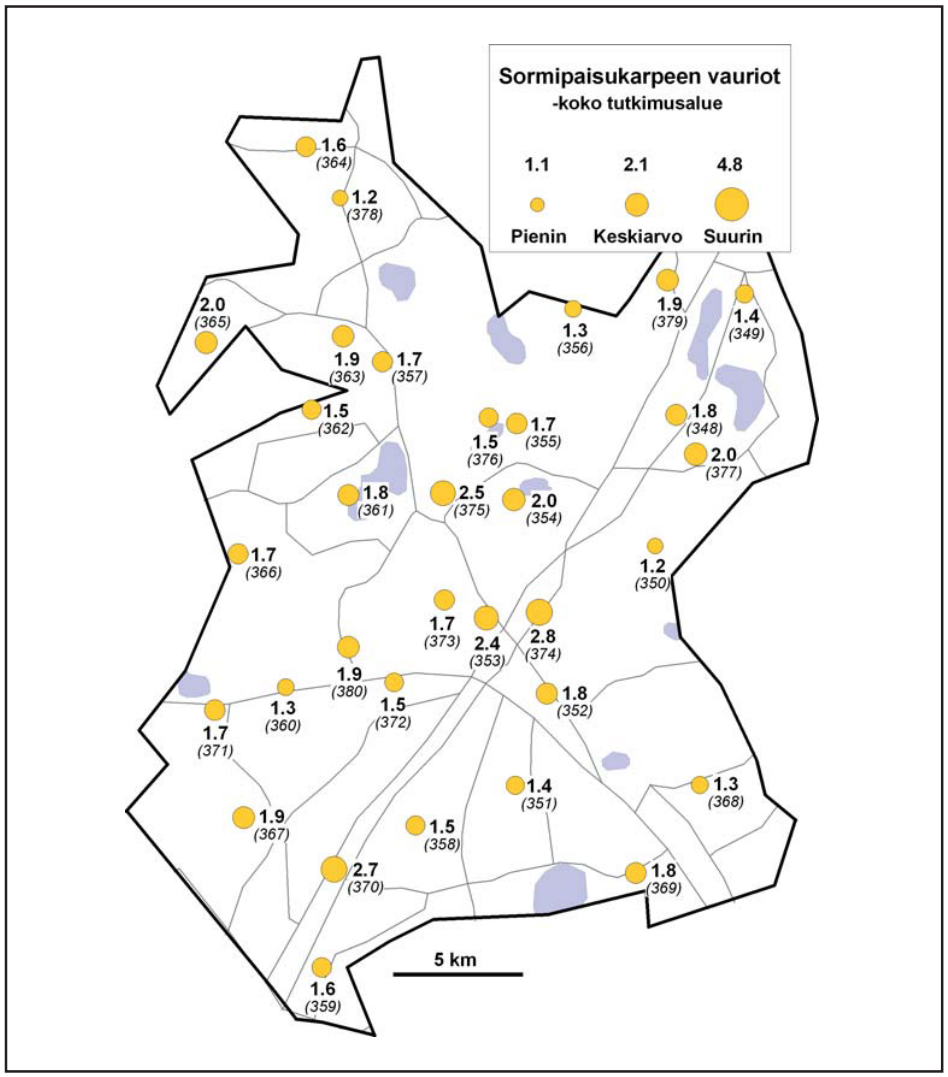
Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Mörskom kommun och i hela undersökningsområdet. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

Mörskom	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	12	12	12	12	2	2
medeltal	6	2,1	2,3	8	14,0	1138
högst	10	2,8	2,8	9	14,9	1219
lägst	0	1,5	1,7	6	13,2	1056
HELA OMRÅDET	**Alg frekv.**	**Hp. skick**	**IAP**	**L.art**	**NeulN**	**NeulS**
observationsytor	776	776	776	776	267	267
medeltal	4	2,1	1,9	7	13,6	1071
högst	10	4,8	3,4	10	22,4	1383
lägst	0	1,1	0,0	1	7,0	863

Svavelkoncentrationerna hos tallbarren på båda provytor i Mörskom översteg 1000 mg/kg. Den genomsnittliga svavelkoncentrationen hos tallbarren var över 5 % högre än de genomsnittsvärden som gällde för studieområdet som helhet. Kvävekoncentrationerna var lämpliga eller tolerabla utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Mäntsälän kunnan alueella

Jäkälähavaintoja tehtiin 33 havaintoalalla Mäntsälän kunnan alueella. Neulasnäytteet kerättiin viideltä näytealalta. Selviä sormipaisukarpeen vaurioita tavattiin kolmella havaintoalalla kunnan keskustaajamassa, aivan Lahti-Helsinki moottoritien varrella ja yhdellä yksittäisellä havaintoalalla Lukonmäellä. Kahdeksalla havaintoalalla sormipaisukarve arvioitiin terveeksi. Sormipaisukarve-jäkälä oli Mäntsälässä keskimäärin terveempää kuin keskimäärin koko tutkimusalueella. Kahdella havaintoalalla jäkälälajeja tavattiin vain viisi ja alojen jäkäläkasvillisuutta voidaan pitää lievästi köyhtyneenä. Mäntsälän havaintoalojen jäkälälajiston lukumäärä ei poikennut paljoakaan koko tutkimusalueen keskimääräisestä tasosta. Leväpeitteen esiintyminen Mäntsälässä oli huomattavasti vähäisempää kuin keskimäärin. Leväpeitettä havaittiin vain seitsemällä havaintoalalla ja näilläkin melko vähän. Kaikkiaan Mäntsälän jäkäläkasvillisuuden muutoksia voidaan pitää vähäisinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Mäntsälän kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Mäntsälän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana levä-peite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10)

Mäntsälä	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	33	33	33	33
keskiarvo	1	1,7	1,9	7
suurin	8	2,8	2,5	9
pienin	0	1,2	1,0	5

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Näytealojen neulasten keskimääräiset rikki- ja typpipitoisuudet Mäntsälässä olivat koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa alhaisemmat. Neljällä näytealalla neulasten rikkipitoisuudet ylittivät 1 000 mg/kg tason. Typpipitoisuudet olivat neljällä näytealalla puuston kasvun kannalta välttävällä ja yhdellä näytealalla sopivalla tasolla.

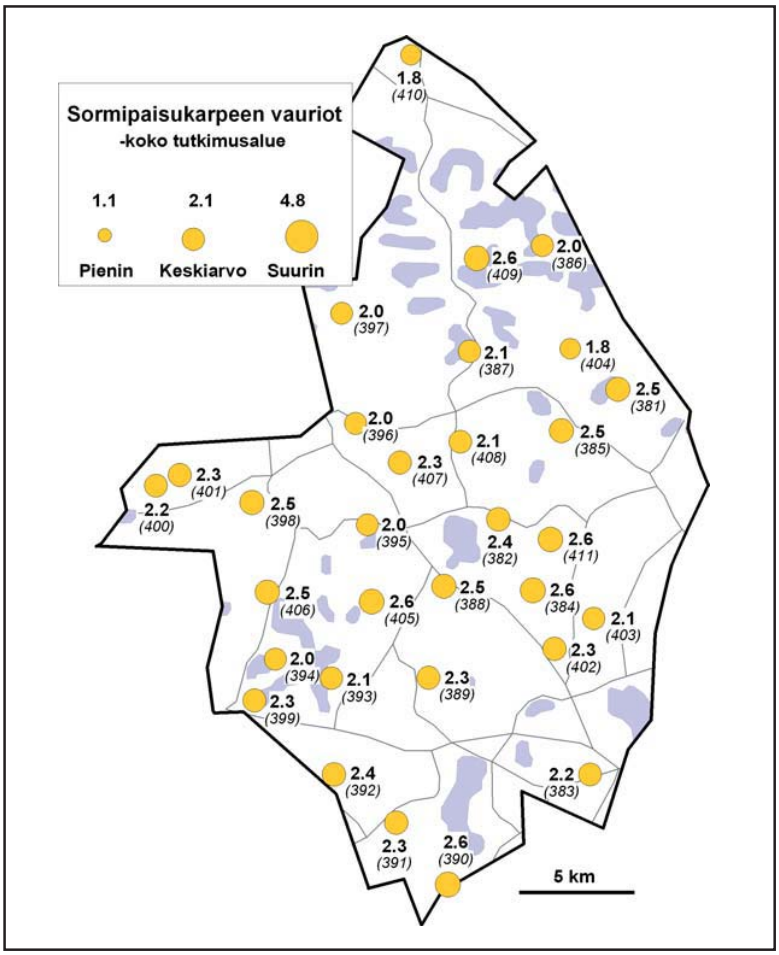
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Mäntsälän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Mäntsälä	NeulN	NeulS
havaintoaloja	5	5
keskiarvo	13,0	1 022
suurin	14,2	1 083
pienin	11,9	874

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1 071
suurin	22,4	1 383
pienin	7,0	863

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Nummi-Pusulan kunnan alueella

Nummi-Pusulan kunnan alueella sijaitsi 31 havaintoalaa, joista kolmelta näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selvästi lisääntyneet edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Kahdella havaintoalalla (havaintoalat 398 Teununpalo ja 411 Kuurtionmäki) sormipaisukarve luokiteltiin kesällä 2004 selvästi vaurioituneeksi, kun samoilla paikoilla vuonna 2000 jäkälä oli luokiteltu terveeksi. Havaintoalojen lähellä ei sijaitse selviä pistemäisiä päästölähteitä eikä vilkasliikenteisiä teitä. Myös neljällä muulla Nummi-Pusulan kunnan alueella sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Sormipaisukarpeen kunto ei kuitenkaan poikennut merkittävästi koko tutkimusalueen keskimääräisestä vaurioasteesta. Jäkälälajistoltaan Nummi-Pusulan havaintoalat vastasivat keskimääräistä tasoa. Kunnan eteläosissa tavattiin kolmella havaintoalalla vain 4 – 5 jäkälälajia, joten alat luokiteltiin lajistoltaan lievästi köyhtyneiksi. Kunnan alueella oli toisaalta huomattava määrä havaintoaloja, joilta löydettiin vähintään kahdeksan jäkälälajia. Vuoteen 2000 verrattuna jäkälälajisto oli köyhtynyt sekä lajilukumäärän että IAP-indeksin mukaan ja jäkälien vauriot olivat lisääntyneet etenkin kunnan keski- ja eteläosissa.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Nummi-Pusulan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Nummi-Pusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Nummi-Pusula	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	31	31	31	31	31	31	31	31
keskiarvo	4	1	2,3	1,6	2,1	2,4	7	8
suurin	10	6	2,7	2,0	2,9	3,5	9	9
pienin	0	0	1,8	1,1	1,2	1,3	4	5

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Neulasten rikki- ja typpipitoisuudet Nummi-Pusulan näytealoilla olivat nousseet hieman vuodesta 2001. Keskimääräinen rikkipitoisuus jäi alle tutkimusalueen keskitason, mutta typpipitoisuus oli vähän keskimääräistä tasoa korkeampi. Kahdella näytealalla rikkipitoisuus oli yli 1000 mg/kg. Typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopiva yhdellä ja välttävä kahdella näytealalla.

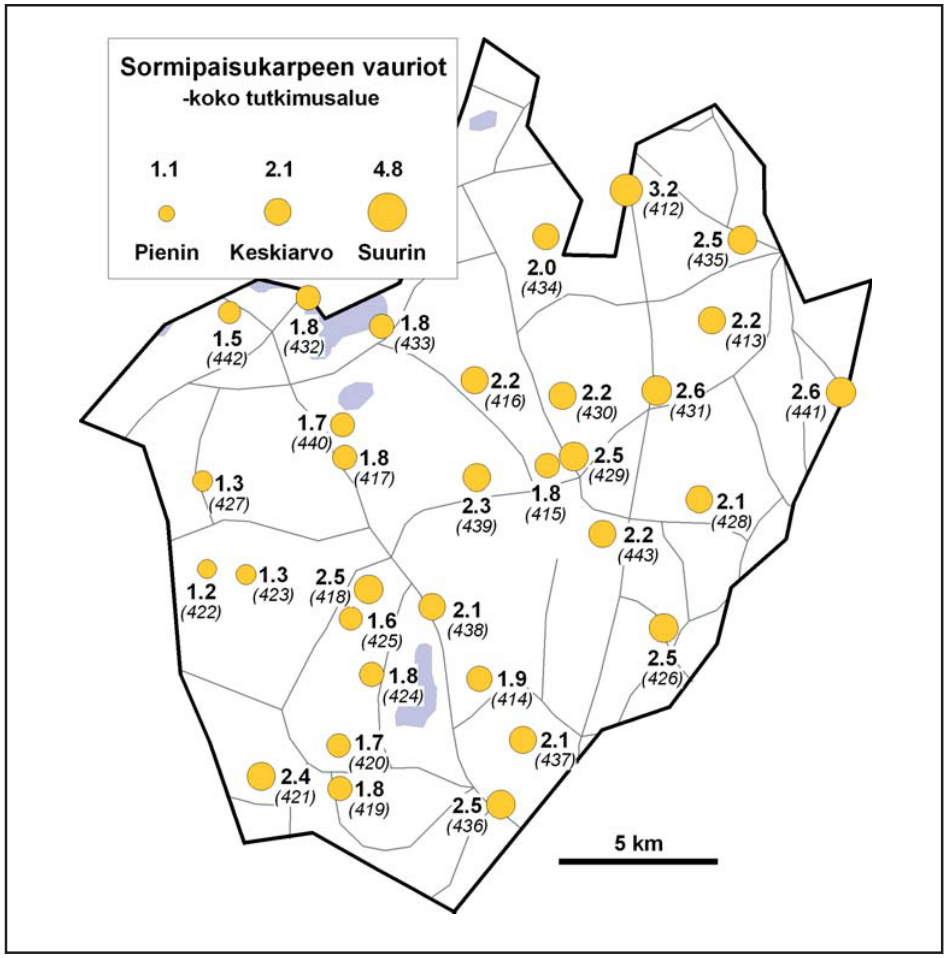
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Nummi-Pusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Nummi-Pusula	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	3	3	3	3
keskiarvo	13,9	13,4	1009	956
suurin	15,3	13,9	1089	973
pienin	13,1	12,5	934	946

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Nurmijärven kunnan alueella

Nurmijärven kunnan alueella sijaitsi 32 havaintoalaa, joista 11 näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Jäkälälajistoa ja jäkälien kuntoa kuvaavat muuttujat olivat Nurmijärven kunnan alueella samaa tasoa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Sormipaisukarpeen keskimääräinen kunto havaintoaloilla oli hieman huonontunut vuoden 2000 tuloksista. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi viidellä havaintoalalla. Näistä kaksi sijaitsi kunnan keskustaajaman tuntumassa. Selvästi vaurioituneeksi sormipaisukarve luokiteltiin myös uudella aivan Helsinki-Hämeenlinna moottoritien varrella sijainneella havaintoalalla sekä yksittäisellä alalla Ylikylällä (havaintoalat 412 ja 426). Havaintoalalla 441 sormipaisukarve oli arvioitu terveeksi vuonna 2000, mutta nyt jäkälä oli kunnoltaan selvästi vaurioitunut. Havaintoala jouduttiin hakkuiden takia perustamaan uudestaan ja ero sormipaisukarpeen kunnossa selittynee havaintopaikan sijainnin muutoksella. Keskimääräisen IAP-indeksin perusteella Nurmijärven kunnan jäkälälajisto oli hieman köyhtynyt edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Jäkälälajimäärältään lievästi köyhtyneitä havaintoaloja oli eri puolilla Nurmijärven kuntaa viisi kappaletta.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Nurmijärven kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Nurmijärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Nurmijärvi	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	32	32	32	32	32	32	32	32
keskiarvo	5	1	2,0	1,6	1,9	2,3	7	7
suurin	10	10	3,2	2,8	2,6	2,8	9	9
pienin	0	0	1,2	1,2	1,0	1,8	4	5

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Nurmijärven neulasten rikkipitoisuudet olivat nousseet noin 15 % ja typpipitoisuudet noin 11 % vuoteen 2001 verrattuna. Keskimääräiset pitoisuudet olivat nousseet myös koko tutkimusalueella, joten Nurmijärvellä esiintyneet pitoisuudet eivät ylittäneet tutkimusalueen keskitasoa. Neulasten rikkipitoisuudet olivat kohonneita (1 190 ja 1 279 mg/kg) kahdella näytealalla. 1 000 mg/kg pitoisuus alittui vain kolmella näytealalla. Kahdella näytealalla typpipitoisuus oli yli 17 g/kg, jota pidetään selvästi kohonneena pitoisuutena. Typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta normaalina pidettävällä tasolla kaikilla muilla näytealoilla.

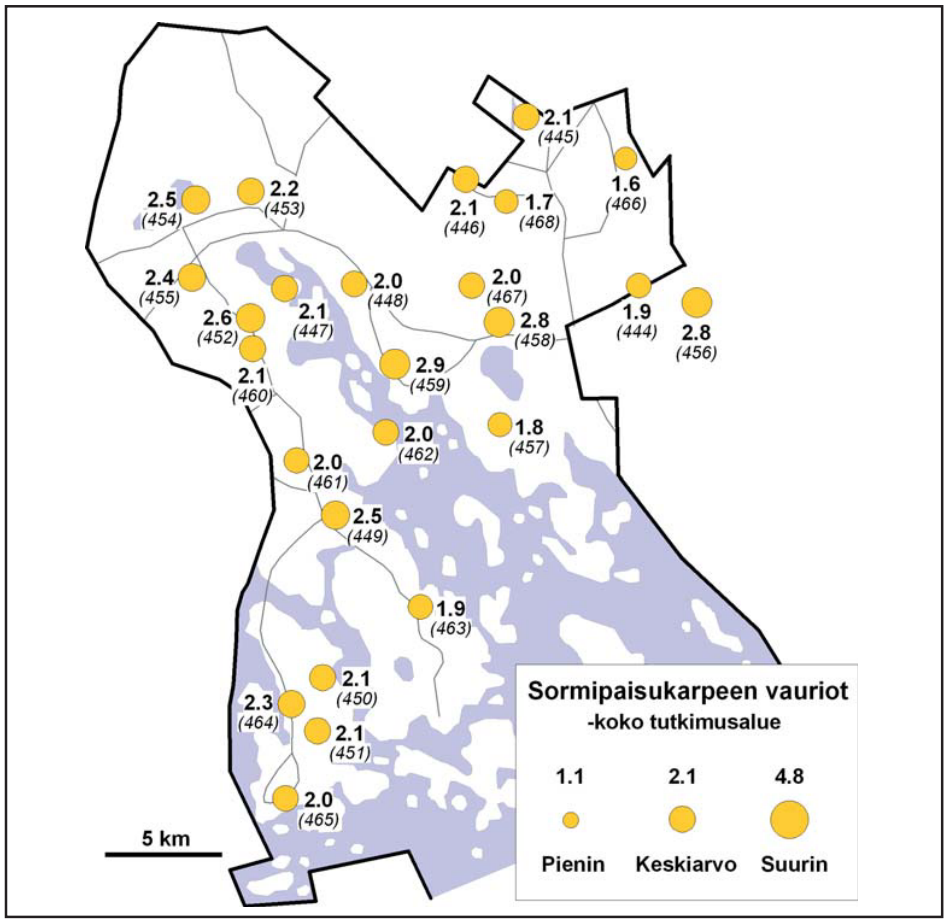
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Nurmijärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Nurmijärvi	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	11	11	11	11
keskiarvo	13,8	12,3	1066	906
suurin	17,9	13,9	1279	975
pienin	11,5	11,2	973	853

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pernajan kunnan alueella

Pernajassa sijaitsi 25 havaintoalaa, joista yhdeltä näytealalta kerättiin neulasnäyte. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi kuudella havaintoalalla, jotka sijaitsivat lähinnä kunnan keskiosissa. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot arvioitiin lieviksi. Jäkälälajisto Pernajan havaintoaloilla oli suhteellisen runsas. Keskimääräinen IAP-indeksi Pernajan kunnan alueella oli selvästi suurempi kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Muiden jäkälälajistoa ja jäkälien kuntoa kuvaavien muuttujien osalta havaintoalat edustivat koko tutkimusalueen keskitasoa. Vain kahdella havaintoalalla tavattiin ainoastaan viisi jäkälälajia ja havaintoalat luokiteltiin lajimäärältään lievästi köyhtyneiksi. Eri puolilla kuntaa sijainneilta 12 havaintoalalta löydettiin vähintään kahdeksaa jäkälälajia. Jäkäläkasvillisuudessa todettuja muutoksia voidaan pitää melko lievinä ja tämän perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Pernajan alueella vähäisenä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Pernajan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Pernå kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Pernajan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Pernaja	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	25	25	25	25
keskiarvo	4	2,2	2,4	7
suurin	8	2,9	3,4	9
pienin	0	1,6	1,4	5

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Yhdeltä näytealalta kerätyn neulasnäytteen rikki- ja typpipitoisuudet olivat selvästi tutkimusalueen keskimääräisiä tasoja alhaisemmat. Neulasnäytteen rikkipitoisuus oli normaalilla tasolla ja typpipitoisuus välttävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Pernajan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Pernaja	NeulN	NeulS
havaintoaloja	1	1
keskiarvo	12,4	967
suurin	12,4	967
pienin	12,4	967

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Pernå kommuns område

Det fanns 25 observationsytor lokaliserade i Pernå kommun och en av dessa provytor var utvalda för tallbarrprov. På sex observationsytor lokaliserade huvudsakligen i de centrala delarna av kommunen klassificerades blåslaven såsom tydligt skadad. På alla övriga ytor uppskattades blåslavens skador vara av mindre art. Antalet lavarter på observationsytorna i Pernå var relativt rikligt förekommande. Genomsnittligt IAP-index i Pernå var betydligt högre i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. Med hänsyn till variablerna som påvisar antalet lavarter och tillståndet för lavarna, representerade observationsytorna det genomsnittliga tillståndet för hela studieområdet. Endast på två observationsytor fanns endast fem lavarter och observationsytorna klassificerades ha genomgått en mindre försämring utgående från antalet arter. De 12 observationsytorna lokaliserade i skilda delar av kommunen innehöll minst åtta lavarter. Förändringarna i lavarternas sammansättning kan anses vara av mindre art och detta stöder i sin tur uppskattningen att belastningen genom luftburna föroreningar i Pernå kommun är av mindre omfattning.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Pernå kommun och i hela undersökningsområdet. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

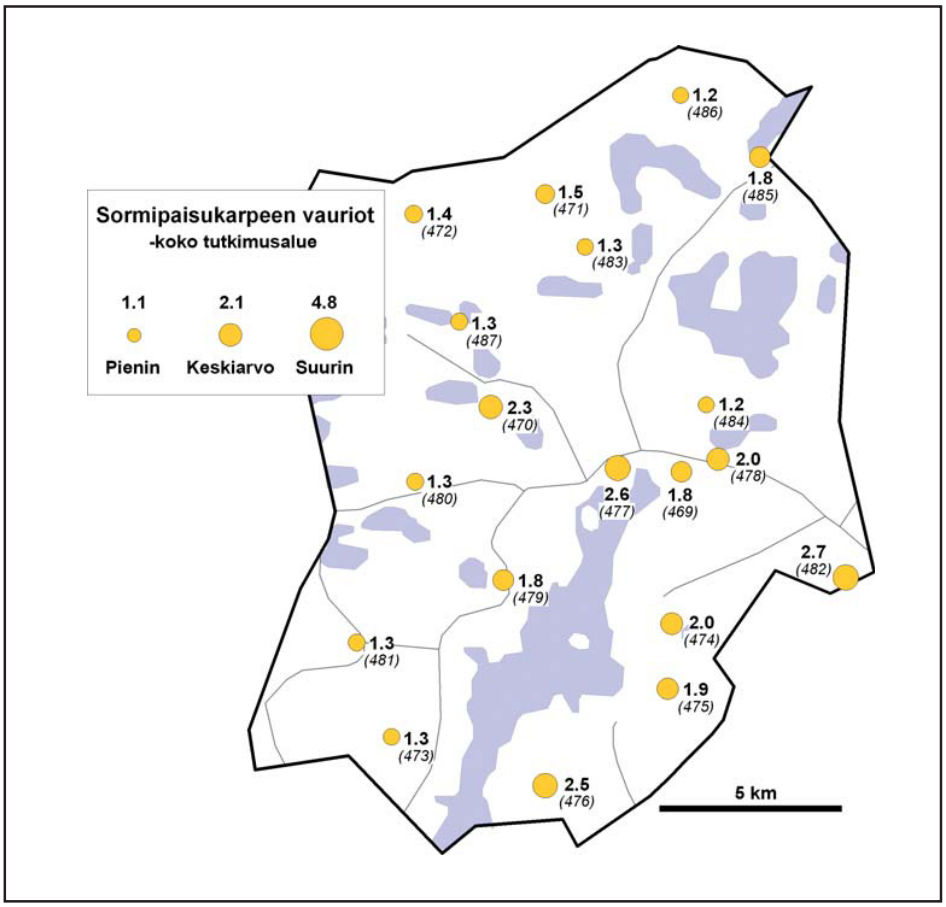
Pernå	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	25	25	25	25	1	1
medeltal	4	2,2	2,4	7	12,4	967
högst	8	2,9	3,4	9	12,4	967
lägst	0	1,6	1,4	5	12,4	967

HELA OMRÅDET	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	776	776	776	776	267	267
medeltal	4	2,1	1,9	7	13,6	1071
högst	10	4,8	3,4	10	22,4	1383
lägst	0	1,1	0,0	1	7,0	863

Svavelkoncentrationerna och kvävekoncentrationerna hos de insamlade tallbarren från en provyta var tydligt lägre än de genomsnittliga nivåerna för hela studieområdet. Svavelkoncentrationen hos barrproven låg på normalnivå och kvävekoncentrationen låg på en tolerabel nivå.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pohjan kunnan alueella

Pohjan kunnan alueella sijaitsi 19 jäkälähavaintoalaa, joista viideltä näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi kahdella taajaman läheisyydessä sijainneella havaintoalalla ja yksittäisellä taajaman ulkopuolisella alalla (Baggby). Toisaalta sormipaisukarve havaittiin terveeksi kahdeksalla havaintoalalla, kun vuonna 2000 tervettä sormipaisukarvetta löydettiin vain kahdelta alalta. Pohjan kunnan alueella sormipaisukarve olikin edelleen terveempää kuin tutkimusaluella keskimäärin. Havaintoalat edustivat jäkälälajistoltaan koko tutkimusalueen keskitasoa. Keskimääräisessä jäkälälajien lukumäärässä ei ollut tapahtunut muutosta neljässä vuodessa. IAP-indeksin perusteella lievästi lajistoltaan köyhtyneiksi arvioitujen havaintoalojen määrä oli kuitenkin lisääntynyt yhdestä kuuteen edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Jäkäläkasvillisuudessa ilmenneitä muutoksia Pohjan kunnan havaintoaloilla voidaan edelleen pitää suhteellisen lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Pohjan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Pojo kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Pohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Pohja	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	19	19	19	19	19	19	19	19
keskiarvo	2	1	1,7	1,8	2,0	2,4	7	7
suurin	10	8	2,7	2,2	2,4	3,0	9	9
pienin	0	0	1,2	1,4	1,2	1,8	5	5

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Pohjan näytealojen rikkipitoisuudet olivat nousseet selvästi vuoden 2001 tuloksiin verrattuna. Typpipitoisuudet olivat samalla tasolla kuin neljä vuotta sitten. Neulasten rikki- ja typpipitoisuudet olivat vähän tutkimusalueen keskitason alapuolella. Rikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 967 – 1 065 mg/kg ja pitoisuudet neljällä näytealalla olivat lievästi kohonneita. Typpipitoisuudet olivat kaikilla näytealoilla puuston kasvun kannalta välttävällä tasolla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Pohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Pohja	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	5	5	5	5
keskiarvo	13,5	13,4	1034	926
suurin	13,8	14,5	1065	952
pienin	13,1	12,9	967	876

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Pojo kommuns område

Det fanns 19 observationsytor lokaliserade i Pojo och fem av dessa var provytor utvalda för tallbarrprov. På två ytor i närheten av bosättningscentrumet och på en observationsyta utanför bosättningscentrumet (Baggby) klassificerades blåslaven som tydligt skadad. Å andra sidan befanns blåslaven vara frisk på åtta observationsytor, medan det år 2000 återfanns frisk blåslav endast på två ytor. Blåslaven i Pojo kommuns område var också friskare i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet i studieområdet. Med hänsyn till omfattningen av lavarter representerade observationsytorna mediumnivån för hela studieområdet. Den genomsnittliga mängden lavarter hade inte förändrats under fyra år. På basis av IAP-index uppskattades emellertid antalet observationsytor som hade försämrats ifråga om antalet lavarter ha ökat från en till sex sedan den föregående studien. Förändringarna som har inträffat i lavarnas artsammansättning på observationsytorna i Pojo kommun kan fortfarande betraktas vara av relativt liten omfattning.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Pojo kommun och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

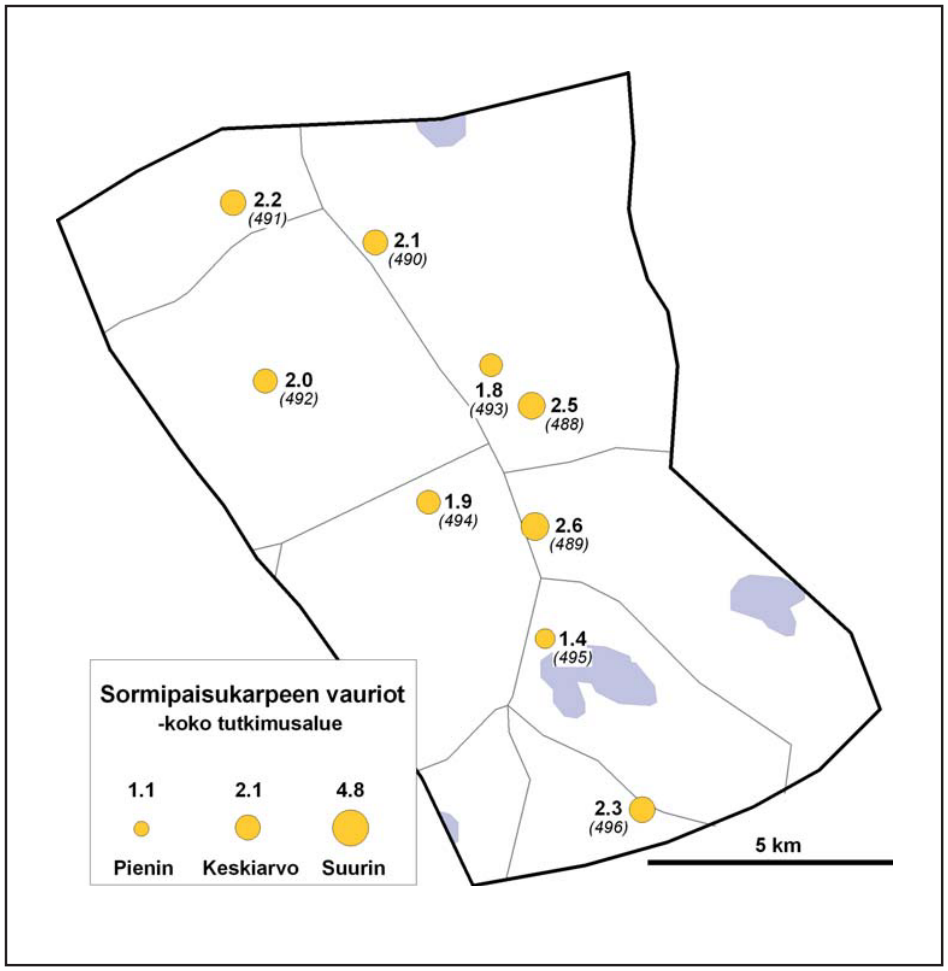
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Pojo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	19	19	19	19	19	19	19	19	5	5	5	5
medeltal	2	1	1,7	1,8	2,0	2,4	7	7	13,5	13,4	1034	926
högst	10	8	2,7	2,2	2,4	3,0	9	9	13,8	14,5	1065	952
lägst	0	0	1,2	1,4	1,2	1,8	5	5	13,1	12,9	967	876

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Svavelkoncentrationerna på provytorna i Pojo hade ökat tydligt i jämförelse med studieresulten från år 2001. Kvävekoncentrationerna låg på samma nivå som för fyra år sedan. Koncentrationerna av svavel och kväve i tallbarren låg något under studieområdets genomsnitt. Svavelkoncentrationerna varierade mellan 967 – 1065 mg/kg, och koncentrationerna hade ökat något på fyra provytor. Kvävekoncentrationerna på alla provytor var tolerabla utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pornaisten kunnan alueella

Pornaisten kunnan alueella sijaitsi 9 havaintoalaa ja yhdeltä näytealalta kerättiin neulasnäyte. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi taajaman tuntumassa sijainneella havaintoalalla. Yhdellä havaintoalalla sormipaisukarve arvioitiin terveeksi. Taajamassa läheisyydessä sijainneella havaintoalalla todettiin vain 5 jäkälälajia ja ala luokiteltiin jäkälälajistoltaan lievästi köyhtyneeksi. Sekä lajilukumäärä että IAP-indeksi olivat Pornaisten kunnan havaintoaloilla koko tutkimusalueen keskiarvoja alhaisempia. Muiden muuttujien osalta Pornaisten jäkäläkartoituksen tulokset vastasivat tutkimusalueen keskitasoa. Selvät muutokset jäkälälajistossa ja jäkälien kunnossa rajoittuivat taajama-alueen läheisyydessä sijaitsevaan havaintoalaan. Muilla havaintoaloilla todetut muutokset jäkäläkasvillisuudessa olivat lieviä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Pornaisten kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Pornaisten kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana levä-peite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Pornainen	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	9	9	9	9
keskiarvo	5	2,1	1,8	6
suurin	10	2,7	2,4	8
pienin	0	1,4	1,1	5

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Neulasnäyte kerättiin Pornaisten keskustaajaman läheisyydessä sijainneelta näytealalta. Neulasten rikki- ja typpipitoisuudet vastasivat koko tutkimusalueen keskitasoa ja olivat puuston kasvun kannalta normaalina pidettävällä tasolla.

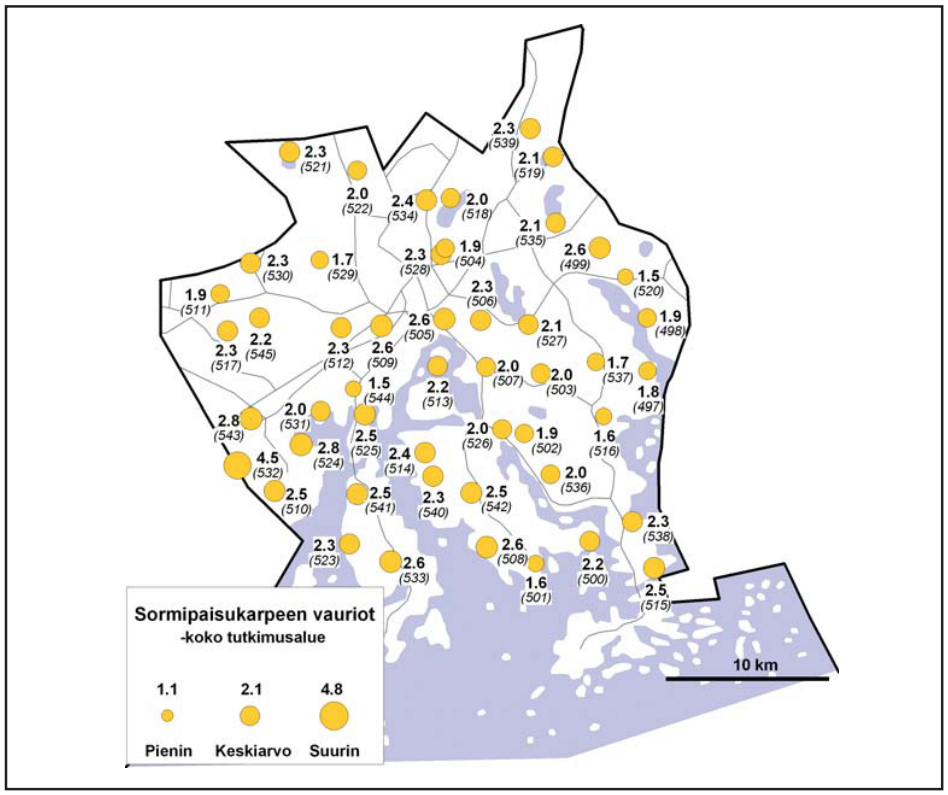
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Pornaisten kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Pornainen	NeulN	NeulS
havaintoaloja	1	1
keskiarvo	13,7	1 080
suurin	13,7	1 080
pienin	13,7	1 080

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1 071
suurin	22,4	1 383
pienin	7,0	863

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Porvoon kaupungin alueella

Porvoon kaupungin alueella sijaitsi 49 havaintoalaa, joista 9 näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vauriot olivat lisääntyneet edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Havaintoalojen määrä, joilla sormipaisukarve arvioitiin terveeksi oli vähentynyt neljästätoista kahteen. Lieviä jäkälävaurioita todettiin nyt koko Porvoon alueella. Kunnan itäosissa kahdella havaintoalalla (havaintoalat 499 ja 515) sormipaisukarpeen kunto oli heikentynyt terveestä selvästi vaurioituneeksi. Erityistä syytä selvään heikkenemiseen ei ole havaittavissa. Sormipaisukarpeen vauriot luokiteltiin edelleen pahoiksi lähellä Sipoon rajaa sijaitsevan kompostointilaitoksen lähellä, havaintoalalla 532. Selviä vaurioita sormipaisukarpeessa havaittiin 11 havaintoalalla, jotka keskittyivät pääasiassa taajamiin ja Kilpilahden läheisyyteen. Lajistoltaan selvästi köyhtyneet kolme alaa, joilla IAP-indeksi oli alle 1,0, olivat samat kuin neljä vuotta sitten (havaintoalat 513, 525 ja 544). Selviä vaurioita jäkälissä ja lajistollista köyhtymistä todettiin edelleen eniten Porvoon eteläosissa Kilpilahdesta Porvoon keskustaan ulottuvalla alueella. Itä- ja pohjoisosissa Porvoota jäkälälajisto oli jopa runsasta. Jäkälälajisto Porvoossa olikin runsaampaa kuin tutkimusalueella keskimäärin ja jäkälälajeja havaittiin aloilla keskimäärin enemmän kuin edellisellä tutkimuskerralla.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Porvoon kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Borgå stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Porvoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Porvoo	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	49	49	49	49	49	49	49	49
keskiarvo	5	2	2,2	1,9	2,2	2,2	8	7
suurin	10	10	4,5	3,8	3,1	3,1	9	9
pienin	0	0	1,5	1,1	0,6	0,6	3	4

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Porvoossa neulasnäytteiden rikkipitoisuudet olivat kohonneet noin 15 % ja typpipitoisuudet noin 6 % talvella 2001 kerättyihin neulasnäytteisiin verrattuna. Pitoisuudet olivat vähän koko tutkimusalueen keskimääräisiä pitoisuuksia korkeammat. Mustijoella ja Tolkkisissa sijainneilla näytealoilla neulasten rikkipitoisuudet ylittivät 1200 mg/kg pitoisuuden ja olivat kohonneita normaalitasoon verrattuna. Lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia (> 1100 mg/kg) tavattiin Porvoon taajamassa kahdella näytealalla. Rikkipitoisuus oli normaalilla tasolla enää yhdellä näytealalla Porvoon pohjoisosissa. Mustijoen näytealalla mitattiin koko tutkimusalueen korkein typpipitoisuus 22 g/kg, mitä voidaan pitää selvästi kohonneena pitoisuutena. Muilla näytealoilla typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopiva tai välttävä.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Porvoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Porvoo	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	9	9	9	9
keskiarvo	14,1	13,1	1104	933
suurin	22,4	14,1	1245	1000
pienin	11,1	12,0	918	882

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Borgå stads område

Det fanns 49 observationsytor lokaliserade i Borgå stads område och 9 av dessa var provytor utvalda för barrprov. Jämfört med den föregående studiens resultat hade de genomsnittliga skadorna på blåslaven ökat. Antal observationsytor på vilka blåslaven uppskattades vara frisk hade minskat från fjorton till två. Mindre lavskador noterades nu över hela Borgå-området. Tillståndet för blåslaven hade försämrats på två observationsytor (Yta 499 och 515) i kommunens ostligaste delar, från frisk till tydligt skadad. Inga speciella orsaker för denna tydliga försämring kunde påträffas. Skadorna på blåslaven klassificerades fortfarande som allvarliga nära kompostanläggningen i närheten av Sibbo kommungräns på observationsyta 532. Tydliga skador på blåslaven observerades på 11 observationsytor huvudsakligen i bosättningscentra och i närheten av Sköldvik. De tre tydligt försämrade ytorna i fråga om deras antal lavarter, och på vilka IAP-index var mindre än 1,0, var desamma som fyra år tidigare (Yta 513, 525 och 544). Tydliga skador på lavar och artförsämring observerades fortfarande tydligast av allt i de södra delarna av Borgå från Sköldvik till stadens centrum. De östra och norra delarna av Borgå observerades även ha en riklig förekomst av lavarter. Lavarnas artsammansättning i Borgå var också större än i studieområdet som helhet och det genomsnittliga antalet lavarter som noterades på ytorna var större jämfört med den föregående studien.

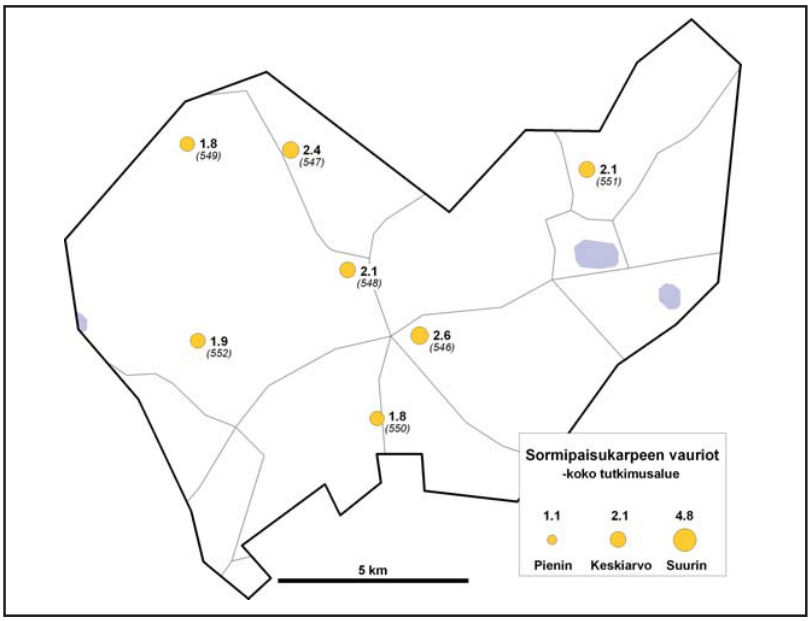
Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Borgå stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Borgå	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	49	49	49	49	49	49	49	49	9	9	9	9
medeltal	5	2	2,2	1,9	2,2	2,2	8	7	14,1	13,1	1104	933
högst	10	10	4,5	3,8	3,1	3,1	9	9	22,4	14,1	1245	1000
lägst	0	0	1,5	1,1	0,6	0,6	3	4	11,1	12,0	918	882
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

I Borgå hade svavelkoncentrationerna hos tallbarrproven stigit med omkring 15 % och kvävekoncentrationerna hade stigit med omkring 6 % i jämförelse med vintern 2001. Dessa koncentrationer var något högre än de genomsnittliga koncentrationerna för hela studieområdet. Svavelkoncentrationerna i tallbarren från provytor lokaliserade i Svartså och Tolkis överskred 1200 mg/kg och de hade stigit jämfört med den normala nivån. Svavelkoncentrationerna i tallbarren på två provytor i Borgå bosättningscentrum hade ökat något (> 1100 mg/kg). Svavelkoncentrationen låg på normal nivå på endast en provyta i norra delen av Borgå. Provytan i Svartså visade den högsta koncentrationen, 22 g/kg, i hela studieområdet och detta innebär en tydligt högre koncentration. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna var lämpliga eller tolerabla utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pukkilan kunnan alueella

Pukkilan kunnan alueella sijaitsi seitsemän havaintoalaa. Sormipaisukarpeen esiintyminen ja kunto ei poikennut paljoakaan koko tutkimusalueen keskimääräisestä tasosta. Yhdellä Pukkilan keskustaajaman läheisyydessä, Myrskyläntien varrella sijainneella havaintoalalla, sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Jäkälälajien lukumäärä Pukkilan kunnan havaintoaloilla vastasi myös keskimääräistä tutkimusalueen tasoa. Kaikilla havaintoaloilla tavattiin vähintään kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Jäkälälajistoa kuvaava IAP-indeksi oli Pukkilassa hieman suurempi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Jäkäläkasvillisuudessa ilmenneitä ilman epäpuhtauksista aiheutuneita muutoksia voidaan pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Pukkilan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

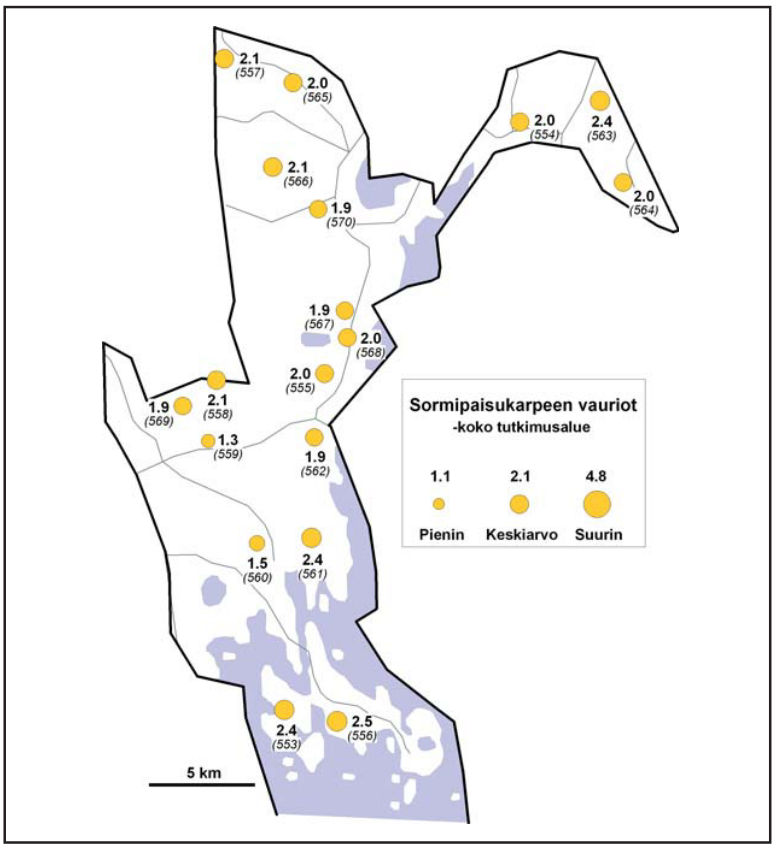
Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Pukkilan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

Pukkila	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	7	7	7	7
keskiarvo	5	2,1	2,1	7
suurin	9	2,6	2,7	9
pienin	0	1,8	1,6	6

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Ruotsinpyhtään kunnan alueella

Ruotsinpyhtään kunnan alueella oli 18 havaintoalaa, joista kolmelta näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi yhdellä Ruotsinpyhtään havaintoalalla ja muilla lievästi vaurioituneeksi. Havaintoalojen määrä, joilla sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi, oli vähentynyt selvästi edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli kasvanut hieman neljässä vuodessa ja vastasi nyt koko tutkimusalueen vaurioasteen keskiarvoa. Jäkälälajisto Ruotsinpyhtään havaintoaloilla oli suhteellisen runsas. IAP-indeksin perusteella lajistollisesti köyhtyneiksi arvioitiin nyt kolme havaintoalaa. Kunnan alueella oli yksi havaintoala, jolta löydettiin vain viisi jäkälälajia. Erityisesti kunnan eteläosissa sijainneilla havaintoaloilla jäkälälajimäärät olivat suuria, kaikilla aloilla tavattiin vähintään kahdeksan jäkälälajia. Jäkälälajistoa kuvaavat muuttujat olivat Ruotsinpyhtäällä keskimäärin suuremmat kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Jäkäläkasvillisuudessa ilmenneitä ilman epäpuhtauksista aiheutuneita muutoksia voidaan kaikkiaan pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Ruotsinpyhtään kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Strömfors kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Ruotsinpyhtään kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Ruotsinpyhtää	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	18	18	18	18	18	18	18	18
keskiarvo	5	1	2,0	1,6	2,4	2,5	8	8
suurin	10	5	2,5	2,4	3,0	3,1	9	9
pienin	0	0	1,3	1,2	1,9	1,9	5	7

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Neulasten keskimääräiset typpipitoisuudet olivat kasvaneet huomattavasti Ruotsinpyhtäällä ja ne olivat noin 10 % korkeammat kuin tutkimusalueella keskimäärin. Kunnan länsiosissa sijainneella näytealalla typpipitoisuus ylitti 17 g/kg tason, jota pidetään selvästi kohonneena pitoisuutena. Muilla näytealoilla typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta normaalina pidettävällä tasolla. Neulasten rikkipitoisuudet olivat myös kohonneet reilusti vuonna 2001 kerättyihin näytteisiin verrattuna ja kahdella näytealalla neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli yli 1 000 mg/kg.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Ruotsinpyhtään kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Ruotsinpyhtää	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	3	3	3	3
keskiarvo	15,1	13,2	1047	939
suurin	18,4	13,4	1078	984
pienin	12,4	12,9	994	908

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Strömfors kommuns område

Det fanns 18 observationsytor i Strömfors kommun och tre av dessa var provytor utvalda för barrprov. Blåslaven klassificerades som frisk på en provyta i Strömfors och mindre skadad på de övriga ytorna. Antalet observationsytor på vilka blåslaven uppskattades vara frisk hade minskat tydligt i jämförelse med den föregående studien. Den genomsnittliga skadegraden på blåslaven hade genomgått en mindre ökning på fyra år och motsvarade nu den genomsnittliga skadegraden över hela studieområdet. Antalet lavarter på observationsytorna i Strömfors var relativt rikligt förekommande. Baserat på IAP-index, var antalet observationsytor som försämrats i fråga om antalet arter nu tre till antalet. Det fanns en observationsyta lokaliserad i Strömfors på vilken endast fem lavarter påträffades. Speciellt på observationsytor lokaliserade i de södra delarna av Strömfors påträffades minst åtta lavarter på alla ytor. Variablerna som påvisar lavarnas artsammansättning låg på en högre nivå i Strömfors i jämförelse med det genomsnittliga tillståndet inom hela studieområdet. Förändringar orsakade av luftburna föroreningar på lavarnas artsammansättning kan alla sägas vara av mindre art.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Strömfors kommun och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

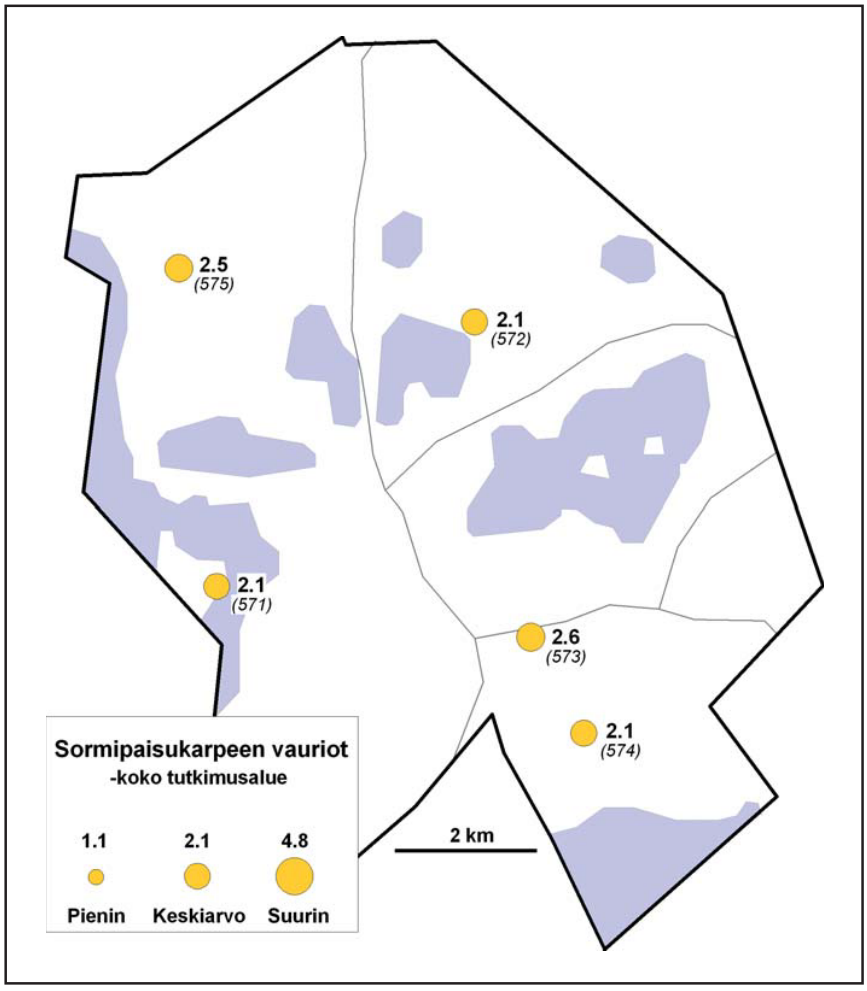
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Strömfors	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	18	18	18	18	18	18	18	18	3	3	3	3
medeltal	5	1	2,0	1,6	2,4	2,5	8	8	15,1	13,2	1047	939
högst	10	5	2,5	2,4	3,0	3,1	9	9	18,4	13,4	1078	984
lägst	0	0	1,3	1,2	1,9	1,9	5	7	12,4	12,9	994	908

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

De genomsnittliga kvävekoncentrationerna hos tallbarren hade ökat tydligt i Strömfors och de var omkring 10 % högre än de i studieområdet som helhet. På provytan lokaliserad i den västra delen av kommunen överskred kvävekoncentrationen nivån 17 g/kg, vilket anses vara en tydligt höjd koncentration. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna låg på nivåer som anses vara normala. Svavelkoncentrationerna hos tallbarren hade också ökat mycket i jämförelse med de värden som inhämtades hos prover under 2001 och på två provytor översteg den genomsnittliga svavelkoncentrationen hos barren 1 000 mg/kg.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sammatin kunnan alueella

Sammatin kunnan alueella sijaitsi viisi havaintoalaa, joista yhdeltä näytealalta kerättiin neulasnäyte. Yhdellä lähellä Sammatin taajamaa sijainneella havaintoalalla (havaintoala 573) sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Kaikilla muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot todettiin lieviksi. Verrattuna edelliseen tutkimuskertaan, keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli hieman huonontunut ja se ei nyt poikennut paljoakaan koko tutkimusasteen keskimääräisestä tasosta. Kahdella havaintoalalla jäkälälajisto luokiteltiin köyhtyneeksi (IAP-indeksi 1,0 – 2,0), kun aiemmin kaikki havaintoalat luokiteltiin lievästi köyhtyneiksi (IAP-indeksi 2,0 – 3,0). Sammatin kunnan havaintoalojen keskimääräisessä IAP-indeksissä ei kuitenkaan ollut tapahtunut muutosta neljässä vuodessa. Jäkälälajisto kuvaavat muuttujat olivat Sammatissa paremmat kuin koko tutkimusalueella keskimäärin ja jäkälälajistoa voidaan tämän perusteella pitää melko runsaana. Sormipaisukarpeen vaurioasteen noususta huolimatta Sammatin kunnan havaintoaloilla ilmenneitä muutoksia jäkäläkasvillisuudessa voidaan edelleen pitää lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Sammatin kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Sammatin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Sammatti	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	5	5	5	5	5	5	5	5
keskiarvo	2	1	2,3	1,7	2,1	2,1	7	7
suurin	7	3	2,6	2,0	2,6	2,3	8	8
pienin	0	0	2,1	1,5	1,5	2,0	6	7

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Sekä neulasten rikki- että typpipitoisuudet olivat kohonneet hieman vuoden 2001 tasoon verrattuna. Pitoisuudet jäivät kuitenkin yhä selvästi koko tutkimusalueen keskimääräisiä pitoisuuksia alhaisemmiksi. Neulasnäytteen rikkipitoisuus oli normaalilla tasolla ja typpipitoisuus välttävä.

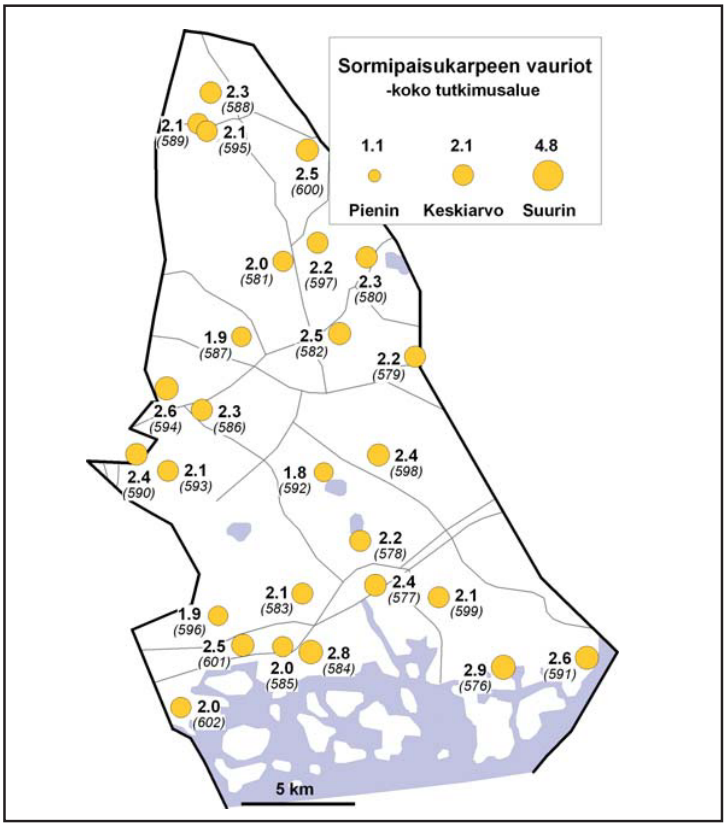
Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Sammatin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Sammatti	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	1	1	1	1
keskiarvo	11,7	12,7	960	902
suurin	11,7	12,7	960	902
pienin	11,7	12,7	960	902

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sipoon kunnan alueella

Sipoon kunnan alueella sijaitsi 27 havaintoalaa, joista seitsemältä näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen esiintymisfrekvenssi ja kunto eivät poikenneet merkittävästi koko tutkimusalueen keskimääräisestä tasosta. Kolmella kunnan eteläisissä osissa sijainneella ja yhdellä Vantaan rajalla sijainneella havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. Kaikilla muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen kunto arvioitiin lievästi vaurioituneeksi. Myös Sipoon jäkälälajistoa kuvaavat muuttujat, havaintoalojen keskimääräinen IAP-indeksi ja jäkälälajien lukumäärä, vastasivat tutkimusalueen keskimääräisiä tuloksia. Sipoossa kahden havaintoalan (havaintoalat 586 ja 590) todettiin olevan jäkälälajimäärältään selvästi köyhtyneitä. Havaintoalat sijoittuivat kunnan länsiosiin Vantaan tiheiden taajamien ja vilkasliikenteisten teiden läheisyyteen. Leväpeitettä tavattiin yhtä lukuun ottamatta kaikilla havaintoaloilla. Selvimmät muutokset Sipoon alueen jäkäläkasvillisuudessa keskittyivät suhteellisen pienille alueille aivan kunnan länsi- ja eteläosiin. Muilla alueilla ilman epäpuhtauksista aiheutuvia jäkäläkasvillisuuden muutoksia voidaan pitää melko lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Sipoon kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Sibbo kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Sipoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10)

Sipoo	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	27	27	27	27
keskiarvo	6	2,3	2,0	7
suurin	10	2,9	2,7	9
pienin	0	1,8	1,2	3

KOKO ALUE	Levä frekv.	Hp. kunto	IAP	J.laji
havaintoaloja	776	776	776	776
keskiarvo	4	2,1	1,9	7
suurin	10	4,8	3,4	10
pienin	0	1,1	0,0	1

Sipoossa neulasten rikki- ja typpipitoisuudet jäivät alle tutkimusalueen keskimääräisen tason. Yhdellä kunnan eteläosassa sijainneella näytealalla rikkipitoisuus oli lievästi kohonnut, 1136 mg/kg. Kahdella muulla näytealalla ylittyi 1000 mg/kg pitoisuus. Typpipitoisuudet vaihtelivat välillä 11,7 – 13,7 g/kg eli pitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta välttäviä.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Sipoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Sipoo	NeulN	NeulS
havaintoaloja	7	7
keskiarvo	12,8	1018
suurin	13,7	1136
pienin	11,7	946

KOKO ALUE	NeulN	NeulS
havaintoaloja	267	267
keskiarvo	13,6	1071
suurin	22,4	1383
pienin	7,0	863

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Sibbo kommuns område

Det fanns 27 observationsytor lokaliserade i Sibbo kommun och sju av dessa var provytor utvalda för tallbarrprov. Förekomsten och tillståndet hos blåslaven skiljde sig inte nämnvärt från medelvärdet i hela studieområdet. På tre observationsytor lokaliserade i södra delen av kommunen och på en yta lokaliserad på Sibbo-Vanda gränsen klassificerades blåslaven som tydligt skadad. På alla övriga observationsytor uppskattades blåslaven vara mindre skadad. Också de variabler som påvisade lavarterna i Sibbo, det genomsnittliga IAP-indexet hos observationsytorna och antalet lavarter motsvarade genomsnittsresultatet för studieområdet. Två observationsytor (Yta 586 och 590) i Sibbo påträffades vara tydligt försämrade i fråga om antalet lavarter. Dessa observationsytor var lokaliserade i den västra delen av Vanda nära ett tätbefolkat centrum och mycket tättrafikerade vägar. Algskikt påträffades på alla utom en av observationsytorna. De tydligaste förändringarna i lavarnas artsammansättning i Sibbo koncentrerades till relativt små områden i de allra västligaste och sydligaste delarna av kommunen. Förändringar av lavarnas artsammansättning på övriga platser genom luftburna föroreningar kan sägas ha varit av tämligen marginell storlek.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Sibbo kommun och i hela undersökningsområdet. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

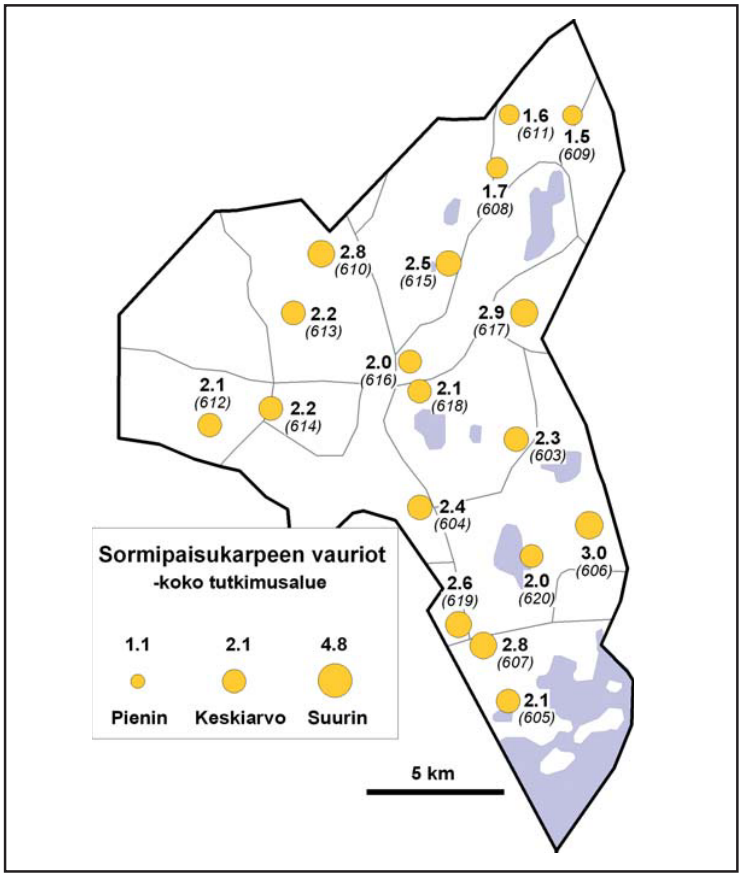
Sibbo	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	27	27	27	27	7	7
medeltal	6	2,3	2,0	7	12,8	1018
högst	10	2,9	2,7	9	13,7	1136
lägst	0	1,8	1,2	3	11,7	946

HELA OMRÅDET	Alg frekv.	Hp. skick	IAP	L.art	NeulN	NeulS
observationsytor	776	776	776	776	267	267
medeltal	4	2,1	1,9	7	13,6	1071
högst	10	4,8	3,4	10	22,4	1383
lägst	0	1,1	0,0	1	7,0	863

Koncentrationerna av svavel och kväve i tallbarren hos provträden i Sibbo understeg studieområdets genomsnitt. Svavelkoncentrationen hos tallbarren från en provyta hade stigit något och var nu 1136 mg/kg. På två andra provytor översteg koncentrationerna 1000 mg/kg. Kvävekoncentrationerna varierade mellan 11,7 – 13,7 g/kg, dvs. koncentrationerna var tolerabla utifrån tillväxtsynpunkt hos trädbestånden.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Siuntion kunnan alueella

Siuntion kunnan alueella sijaitsi 18 havaintoalaa. Neulasnäytteet otettiin kahdelta näytealalta. Siuntion alueen havaintoaloilla sormipaisukarpeen kunto oli yleisesti hieman huonontunut edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Sormipaisukarve luokiteltiin nyt selvästi vaurioituneeksi kuudella havaintoalalla ja kaikilla muilla aloilla lievästi vaurioituneeksi. Keskimääräinen vaurioaste ei kuitenkaan poikennut merkittävästi koko tutkimusalueen tasosta. Siuntion havaintopuilta ei aikaisemmalla havaintokerralla löytynyt lainkaan leväpeitettä. Tällä seurantakerralla leväpeitettä esiintyi pieniä määriä lähes jokaisella havaintoalalla. Jäkälälajistoltaan köyhtyneitä havaintoaloja (IAP-indeksi 1,0 – 2,0) esiintyi eri puolilla kuntaa, mutta jäkälälajiston rikkautta kuvaavat muuttujat olivat Siuntion kunnan havaintoaloilla keskimäärin paremmat kuin koko tutkimusalueella. Yhtä havaintoalaa lukuun ottamatta havaintoaloilta löydettiin vähintään seitsemän jäkälälajia.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Siuntion kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Sjundeå kommuns observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Siuntion kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Siuntio	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	18	18	18	18	18	18	18	18
keskiarvo	3	0	2,3	1,8	2,1	2,2	7	7
suurin	8	2	3,0	2,8	2,5	3,0	8	10
pienin	0	0	1,5	1,1	1,7	1,7	6	4

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Neulasten typpipitoisuudet olivat nousseet noin 15 % vuoden 2001 tasosta ja keskimääräinen typpipitoisuus oli huomattavasti tutkimusalueen keskitasoa korkeampi. Molemmilla näytealoilla typpipitoisuus oli näytepuiden kasvun kannalta sopiva. Myös neulasten rikkipitoisuus oli kohonnut selvästi aikaisempiin tuloksiin verrattuna. Keskimääräinen rikkipitoisuus jäi kuitenkin alla tutkimusalueen keskitason. Rikkipitoisuudet olivat molemmilla näytealoilla hieman normaalitasoa korkeammat, yli 1 000 mg/kg.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Siuntion kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Siuntio	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	2	2	2	2
keskiarvo	15,4	13,0	1018	939
suurin	16,3	13,6	1034	945
pienin	14,5	12,4	1001	933

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Sjundeå kommuns område

Det fanns 18 observationsytor i Sjundeå kommuns område. Tallbarrproven samlades in från två provytor. Tillståndet för blåslaven på observationsytorna i Sjundeå hade försämrats något i jämförelse med föregående studies resultat. Blåslaven klassificerades såsom tydligt skadad på sex observationsytor och mindre skadad på alla övriga ytor. Den genomsnittliga skadegraden skiljde sig emellertid inte nämnvärt från nivån i hela studieområdet. Inget algskikt alls påträffades i samband med föregående observationsstudie på observationsträden i Sjundeå. Denna gång observerades små fläckar av algskikt på nästan varje observationsyta. Observationsytor som hade försämrats vad gäller deras lavarter (IAP-index 1,0 – 2,0) påträffades i olika delar av kommunen, men de variabler som påvisar rikligt förekommande lavarter på observationsytorna i Sjundeå kommun översteg medelvärdet. Förutom på en observationsyta påträffades minst sju lavarter på dessa observationsytor.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Sjundeå kommun och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

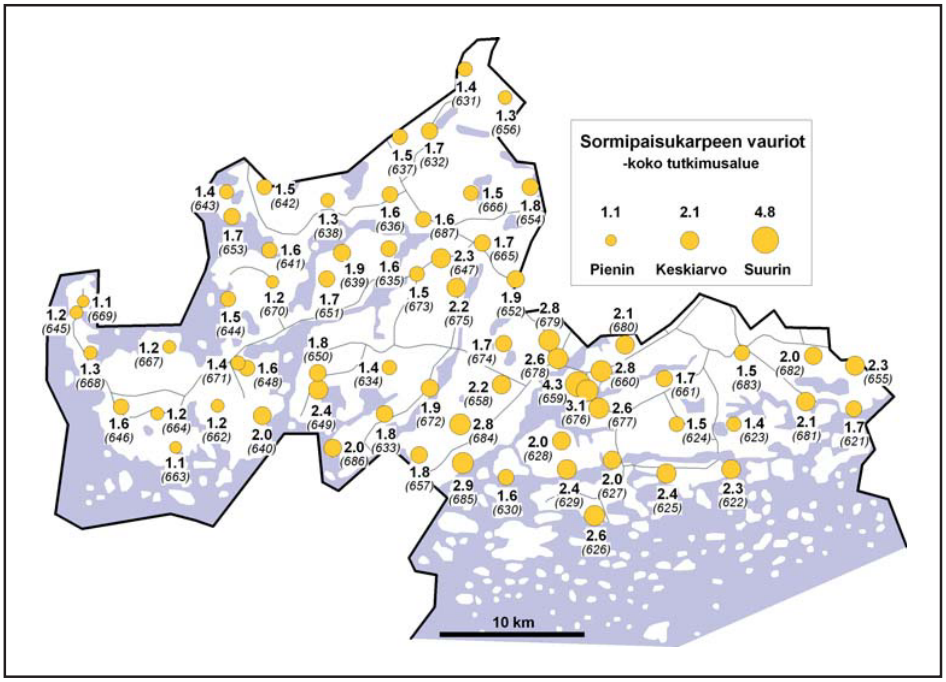
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Sjundeå	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	18	18	18	18	18	18	18	18	2	2	2	2
medeltal	3	0	2,3	1,8	2,1	2,2	7	7	15,4	13,0	1018	939
högst	8	2	3,0	2,8	2,5	3,0	8	10	16,3	13,6	1034	945
lägst	0	0	1,5	1,1	1,7	1,7	6	4	14,5	12,4	1001	933

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Kvävekoncentrationerna hos tallbarren hade stigit med omkring 15 % från år 2001 och den genomsnittliga kvävekoncentrationen var betydligt högre än medelvärdet för studieområdet. Kvävekoncentrationerna på båda provytor var lämpliga utifrån tillväxtsynpunkt hos provträden. Även svavelkoncentrationen hos tallbarren hade stigit tydligt i jämförelse med föregående resultat. Den genomsnittliga svavelkoncentrationen kvarstod under medelvärdet för studieområdet. Svavelkoncentrationerna på båda provytor var något högre än en normal nivå, över 1 000 mg/kg.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tammisaaren kaupungin alueella

Tammisaaren kaupungin alueella sijaitsi 67 havaintoalaa, joista 11 näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarve luokiteltiin pahasti vaurioituneeksi yhdellä Tammisaaren keskustassa sijainneella havaintoalalla. Havaintoalojen määrä, joilla sormipaisukarpeen kunto arvioitiin selvästi vaurioituneeksi, oli lisääntynyt edellisestä tutkimuskerrasta. Tällaiset havaintoalat sijaitsivat kolmea poikkeusta lukuun ottamatta (havaintoalat 626, 684 ja 685) taajamien ja vilkasliikenteisten teiden läheisyydessä. Tervettä sormipaisukarvetta esiintyi havaintoaloilla runsaasti, etenkin Tammisaaren länsiosissa. Sen määrä oli lisääntynyt selvästi vuodesta 2000 ja sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli Tammisaaressa edelleen selvästi koko tutkimusaluetta parempi. Tammisaaren keskustassa oli yksi lajistoltaan erittäin köyhtynyt havaintoala (IAP-indeksi 0,5 – 1,0). Lajistoltaan köyhtyneitä havaintoaloja (IAP-indeksi 1,0 – 2,0) sijaitsi taajamien lisäksi eri puolella Tammisaarta. Keskimääräinen IAP-indeksi olikin laskenut hieman edelliseen tarkkailuvuoteen verrattuna. Jäkälien lajimäärät havaintoaloilla vastasivat koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa. Tammisaaren alueella korostuivat edelleen alueelliset erot jäkäläkasvillisuuden muutoksissa. Ilman epäpuhtauksien kuormituksen aiheuttamat selvät vauriot ja jäkälälajiston köyhtyminen keskittyvät taajama-alueille ja valtatie 25 varrella sijainneille havaintoaloille. Muilla alueilla jäkäläkasvillisuus vastasi tutkimusalueen taustatasoa.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Tammisaaren kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Ekenäs stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Tammisaaren kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Tammisaari	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	67	68	67	68	67	68	67	68
keskiarvo	1	1	1,8	1,9	2,1	2,4	7	7
suurin	9	8	4,3	4,4	2,9	3,1	9	10
pienin	0	0	1,1	1,3	0,7	0,8	5	5

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Tammisaaressa mäntyjen nuorimpien neulasten typpi- ja etenkin rikkipitoisuudet olivat kohonneet neljän vuoden takaiseen tilanteeseen verrattuna. Pitoisuudet jäivät kuitenkin edelleen alle tutkimusalueen keskimääräisen tason. Kahdella taajamassa sijainneella ja yhdellä taajaman ulkopuolella sijainneella näytealalla todettiin lievästi kohonneet neulasten rikkipitoisuudet (>1 100 mg/kg). Neulasten typpipitoisuudet olivat puiden hyvinvoinnin kannalta sopivalla tasolla kahdella näytealalla ja välttäviä muilla näytealoilla.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Tammisaaren kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Tammisaari	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	11	11	11	11
keskiarvo	13,0	12,1	1050	907
suurin	14,4	13,3	1190	1030
pienin	11,3	10,7	955	798

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1 150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Ekenäs stads område

Det fanns 67 observationsytor lokaliserade i Ekenäs stads område och 11 av dessa var provytor utvalda för barrprov. På en observationsyta lokaliserad i Ekenäs stads centrum klassificerades blåslaven som allvarligt skadad. Antal observationsytor på vilka blåslaven uppskattades vara tydligt skadad hade ökat sedan den föregående studien. Förutom tre undantag (Yta 626, 684 och 685), var observationsytor av detta slag lokaliserade nära bosättningscentra och tättrafikerade vägar. Frisk blåslav förekom rikligt på observationsytorna, särskilt i västra delarna av Ekenäs. Mängden hade ökat tydligt sedan 2000 och den genomsnittliga skadegraden på blåslaven var fortfarande tydligt bättre i Ekenäs än i hela studieområdet. Det fanns en observationsyta (IAP-index 0,5 – 1,0) i Ekenäs centrum, som hade blivit extremt försämrad gällande dess artsammansättning. Observationsytor som var försämrade i deras artsammansättning (IAP-index 1,0 – 2,0) var lokaliserade i olika delar av Ekenäs förutom i bosättningscentrum. Det genomsnittliga IAP-indexet hade också minskat något i jämförelse med föregående studieår. Antal lavar på observationsytorna överensstämde med medelvärdet i hela studieområdet. Regionala skillnader i förändringarna i lavvegetationen var fortfarande tydliga i Ekenäs-området. Tydliga skador orsakade genom belastning av luftburna föroreningar och försämringar av lavarnas artsammansättning koncentrerades kring bosättningscentra och på observationsytor lokaliserade kring riksväg 25. Inom andra områden motsvarade lavarnas artsammansättning basnivån för hela studieområdet.

Tabell 1. Resultat på observations- och provytor i Ekenäs stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 – 2001 och 2004 – 2005. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10), NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

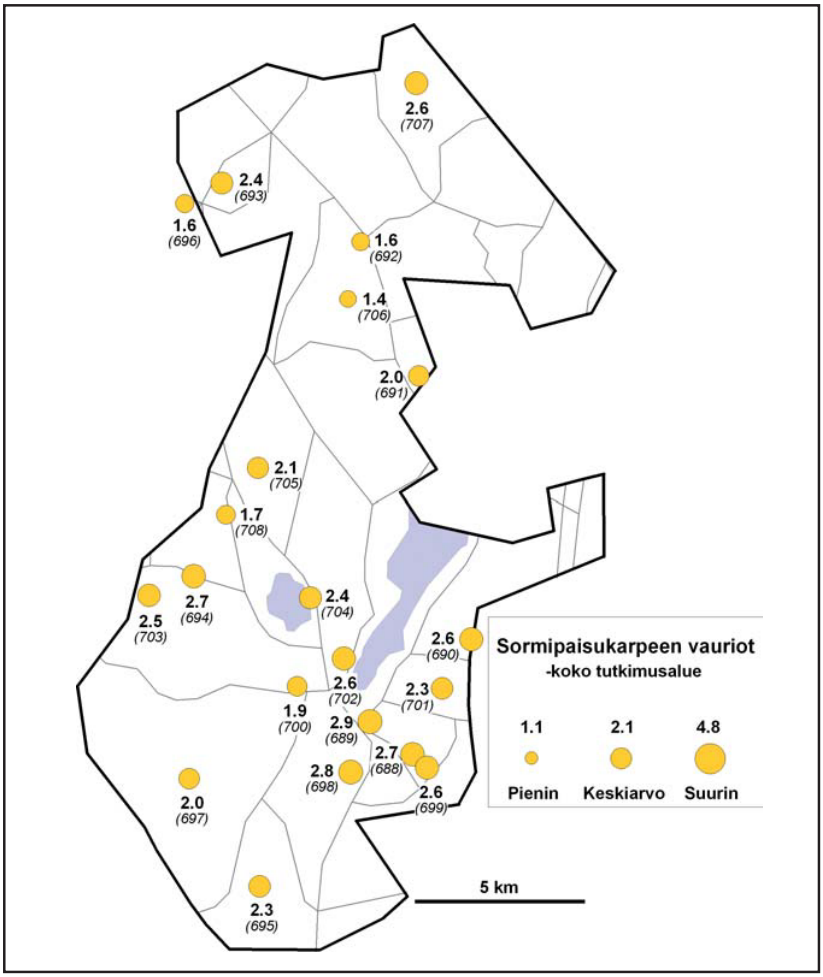
	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
Ekenäs	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	67	68	67	68	67	68	67	68	11	11	11	11
medeltal	1	1	1,8	1,9	2,1	2,4	7	7	13,0	12,1	1050	907
högst	9	8	4,3	4,4	2,9	3,1	9	10	14,4	13,3	1190	1030
lägst	0	0	1,1	1,3	0,7	0,8	5	5	11,3	10,7	955	798

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art		NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Kvävekoncentrationerna och särskilt svavelkoncentrationerna i de yngsta barren hos tallar i Ekenäs hade ökat jämfört med situationen för fyra år sedan. Koncentrationerna kvarstod emellertid under medelvärdet för studieområdet. På två provytor lokaliserade i bosättningscentrum och på en yta lokaliserad utanför bosättningscentrum noterades svavelkoncentrationerna hos tallbarren att ha ökat något (>1100 mg/kg). Kvävekoncentrationerna hos tallbarren på två provytor var på en lämplig nivå utifrån en hälsoaspekt hos trädbeståndet och tolerabel på de övriga provytorna.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tuusulan kunnan alueella

Tuusulan kunnan alueella sijaitsi 21 havaintoalaa. Neulasnäytteet otettiin 11 näytealalta. Sormipaisukarpeen keskimääräinen kunto oli heikentynyt Tuusulan kunnan alueella melko selvästi edelliseen seurantakertaan verrattuna. Havaintoalojen määrä, joilla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi oli lisääntynyt ja havaintoalojen määrä, joilla sormipaisukarve oli tervettä, oli vähentynyt. Selvät sormipaisukarpeen vauriot keskittyivät Tuusulan keskustan läheisyyteen. Keskimääräinen IAP-indeksi oli myös laskenut Tuusulan kunnan havaintoaloilla vuoteen 2000 verrattuna. Kahdella havaintoalalla jäkälälajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt (IAP-indeksi 0,5 – 1,0). Toinen aloista sijaitsi kunnan keskustassa toinen Nukarissa. Lajistollista rikkautta kuvaavat muuttujat eivät heikentyneistä tuloksista huolimatta poikenneet juurikaan koko tutkimusalueen tasosta. Jäkäläkasvillisuuden muutokset olivat selviä Tuusulan keskustan ympäristössä sijainneilla havaintoaloilla. Muissa osissa kuntaa muutoksia voidaan edelleen pitää melko lievinä, vaikka ilman epäpuhtauksien aiheuttamat muutokset ovat lisääntyneet myös keskusta-alueen ulkopuolella.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Tuusulan kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Tuusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Tuusula	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	21	21	21	21	21	21	21	21
keskiarvo	7	3	2,3	1,9	1,8	2,2	7	7
suurin	10	10	2,9	3,1	2,7	3,0	9	9
pienin	0	0	1,4	1,2	0,8	1,3	4	6

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Mäntyjen neulasten rikkipitoisuudet olivat kohonneet noin 13 % vuoden 2001 tasosta mutta keskimääräinen pitoisuus oli vain hieman tutkimusalueen keskitasoa korkeampi. Siippoossa sijainneen näytealan neulasnäytteestä mitattiin kohonnut rikkipitoisuus, 1277 mg/kg. Lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia todettiin neljällä Tuusulan keskustan tuntumassa sijainneella näytealalla. Myös typpipitoisuudet olivat nousseet Tuusulassa neljässä vuodessa. Kunnan eteläisimmällä näytealalla typpipitoisuus oli 18 g/kg, pitoisuutta pidetään selvästi kohonneena. Kahdella keskustan näytealalla ja Siippoon näytealalla typpipitoisuus oli puuston kasvun kannalta sopiva.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Tuusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

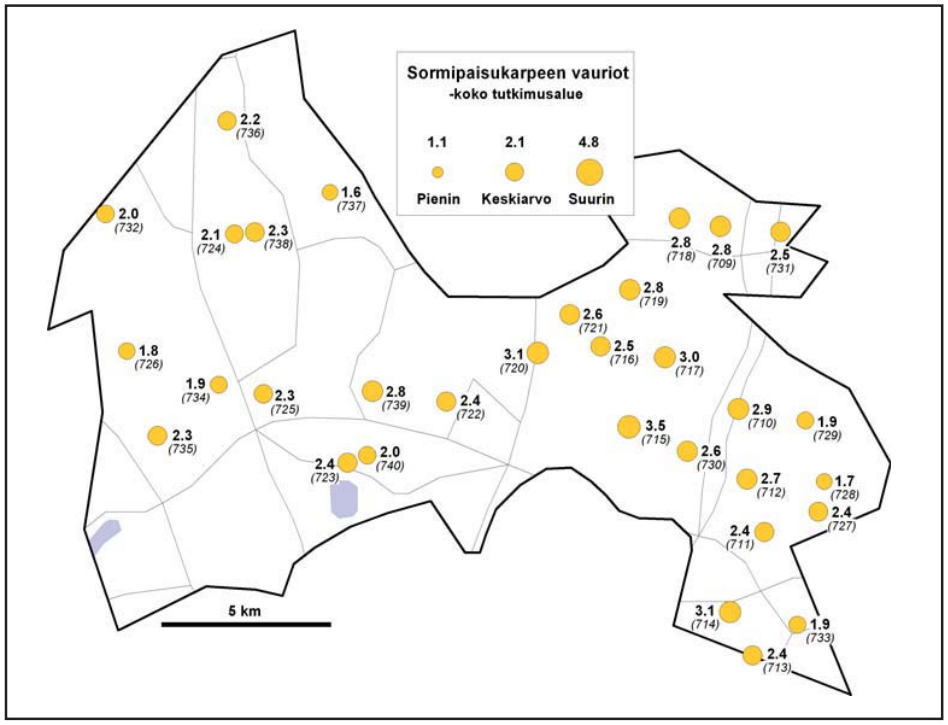
	NeulN		NeulS	
Tuusula	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	11	11	11	11
keskiarvo	14,2	13,4	1093	949
suurin	18,1	15,4	1277	1040
pienin	12,0	11,6	987	876

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vantaan kaupungin alueella

Vantaan kaupungin alueella sijaitsi 32 havaintoalaa, joilta kaikilta kerättiin myös neulasnäytteet. Sormipaisukarpeen pahoja vaurioita ei enää löydetty Vantaan havaintoaloilta. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi monilla havaintoaloilla Vantaan keski- ja itäosissa. Lähellä Sipoon rajaa ja kaupungin länsiosissa sijainneilla havaintoaloilla vauriot olivat lieviä.

Lajistollista rikkautta kuvaavissa muuttujissa alueelliset erot painottuivat samalla tavalla. Satomäessä yhdeltä havaintoalalta ei löydetty kuin yhtä jäkälälajia, sormipaisukarvetta. IAP-indeksin mukaan havaintoala luokiteltiin jäkäläautioksi tai lähes jäkäläautioksi. Lajistoltaan erittäin selvästi köyhtynyt havaintoala, jolla havaittiin vain kolme jäkälälajia, sijaitsi Korsossa. Kyseinen havaintoala luokiteltiin myös IAP-indeksin mukaan erittäin selvästi köyhtyneeksi (IAP-indeksi 0,5 – 1,0). Keskimääräinen jäkälälajien lukumäärä ja IAP-indeksi olivat pienentyneet Vantaan havaintoaloilla edelliseen tarkkailukertaan verrattuna. Leväpeitettä havaintoaloilla esiintyi muuta tutkimusaluetta runsaammin. Suurimmalla osalla havaintoaloja leväpeitettä esiintyi kaikilla kymmenellä rungolla. Ilman epäpuhtauksista aiheutuneet selvät muutokset jäkäläkasvillisuudessa keskittyivät Vantaalla kaupungin itäosaan, jossa taajama-asutus on tiheintä ja liikenne valtaväylillä vilkasta. Kaupungin länsiosissa jäkälien kuntoa ja lajistoa kuvaavat muuttujat vastasivat koko tutkimusalueen keskiarvoja.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Vantaan kaupungin havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Bild 1. Graden av skador på blåslav i medeltal på Vanda stads observationsytor sommaren 2004. Skadeklassificering: < 1,5 = frisk, 1,5 – 2,4 = mindre skada, 2,5 – 3,4 = tydlig skada, 3,5 – 4,4 = allvarlig skada, ≥ 4,5 = död eller försvunnen. Observations- och provytornas symboler har markerats inom parentes.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Vantaan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Vantaa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	32	32	32	32	32	32	32	32
keskiarvo	9	6	2,4	2,4	1,6	1,9	6	7
suurin	10	10	3,5	4,0	2,4	2,9	9	9
pienin	2	0	1,6	1,4	0,4	0,6	1	3

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Vantaalla alueelliset erot olivat havaittavissa myös neulasten rikki- ja typpipitoisuuksissa. Molemmat alkuainepitoisuudet olivat korkeampia Vantaan itäosissa. Sotungissa neulasten typpipitoisuus oli 17 g/kg eli pitoisuus oli selvästi kohonnut. Muilla näytealoilla typpipitoisuudet olivat normaalina pidettävällä tasolla. Etenkin Vantaan itäosissa typpipitoisuus oli useilla näytealoilla näytepuiden kannalta sopiva. Rikkipitoisuudet olivat kohonneet keskimäärin noin 11 % verrattuna neljän vuoden takaiseen tilanteeseen, mutta keskimääräinen pitoisuus oli vain hieman korkeampi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Satomäessä sijainneen näytealan neulasista todettiin kohonnut rikkipitoisuus, 1275 mg/kg. Lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia (> 1100 kg/kg) mitattiin kahdeksasta kaupungin itäosista sekä Kotamäestä otetuista näytteistä.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Vantaan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Vantaa	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	32	32	32	32
keskiarvo	13,5	13,3	1084	960
suurin	17,0	15,6	1275	1090
pienin	11,7	11,5	960	847

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Vanda stads område

Det fanns 32 observationsytor lokaliserade i Vanda stads område och tallbarrprover togs på alla dessa. Allvarliga skador på blåslaven påträffades inte längre på observationsytorna i Vanda. Blåslaven klassificerades såsom tydligt skadad på många observationsytor i de centrala och ostligaste delarna av Vanda. Skadorna var mindre på observationsytor nära Vanda-Sibbo gränsen och i de västra delarna av Vanda stads område.

Regionala skillnader underströks på samma sätt i de variabler som påvisar förekomsten av arter. Endast en lavart, blåslav, påträffades vid en observation i Satomäki. Enligt IAP-index klassificerades sagda observationsyta som i avsaknad av lavar eller nästan i avsaknad av lavar. En extremt försämrad yta med endast tre lavarter påträffades och den var lokaliserad i Korso. Ifrågavarande observationsyta klassificerades också som extremt tydligt försämrad (IAP-index 0,5 – 1,0) enligt IAP-index. Genomsnittligt antal lavarter och IAP-index hade minskat på observationsytorna i Vanda i jämförelse med den föregående observationsstudien. Mer algskikt observerades på observationsytorna jämfört med resten av studieområdet. Algskikt förekom på alla tio trädstammar på de flesta observationsytor. De tydligaste förändringarna i lavarnas artsammansättning i Vanda orsakade av luftburna föroreningar koncentrerades till den östra delen av staden där befolkningstätheten är som högst och där trafiken på de huvudsakliga genomfarterna är som tyngst. Variablerna som påvisar tillståndet och artsammansättningen hos lavarna i de västra delarna av staden överensstämde med medelvärdet i hela studieområdet.

Tabell 1. Resultat från kartläggningen av lavar i Vanda stad och i hela undersökningsområdet åren 2000 och 2004. Förklaringar till förkortningarna: Alg frekv. = förekomstfrekvensen hos algbeläggningen på provytan (värden 0 – 10), Hp.skick = graden av skador på blåslav (*Hypogymnia physodes*) (klassificering 1 – 5), IAP = IAP-index uträknat på basen av lavarter på provytan, L.art = antalet lavarter på provytan (algbeläggning och *Hypocenomyce scalaris* är inte med i artbeståndet, värden mellan 0 – 10).

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art	
Vanda	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
observationsytor	32	32	32	32	32	32	32	32
medeltal	9	6	2,4	2,4	1,6	1,9	6	7
högst	10	10	3,5	4,0	2,4	2,9	9	9
lägst	2	0	1,6	1,4	0,4	0,6	1	3

	Alg frekv.		Hp. skick		IAP		L.art	
HELA OMRÅDET	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
observationsytor	776	623	776	623	776	623	776	623
medeltal	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
högst	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
lägst	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Regionala skillnader observerades också i Vanda gällande svavel- och kvävekoncentrationerna hos tallbarren. Koncentrationerna hos båda dessa element var högre i de östra delarna av Vanda. Kvävekoncentrationen i tallbarren i Sottunga var 17 g/kg, dvs. koncentrationen hade ökat tydligt. Kvävekoncentrationerna på de övriga provytorna låg på en nivå som kan anses vara normal. Särskilt i de ostligaste delarna av Vanda var kvävekoncentrationerna på flera provytor lämpli-

Tabell 2. Resultat från barranalyser på provtagningsområdena i Vanda stad och i hela undersökningsområdet åren 2001 och 2005. Förklaringar till förkortningarna: NeulN = kvävehalten i barren (g/kg), NeulS = svavelhalten i barren (mg/kg).

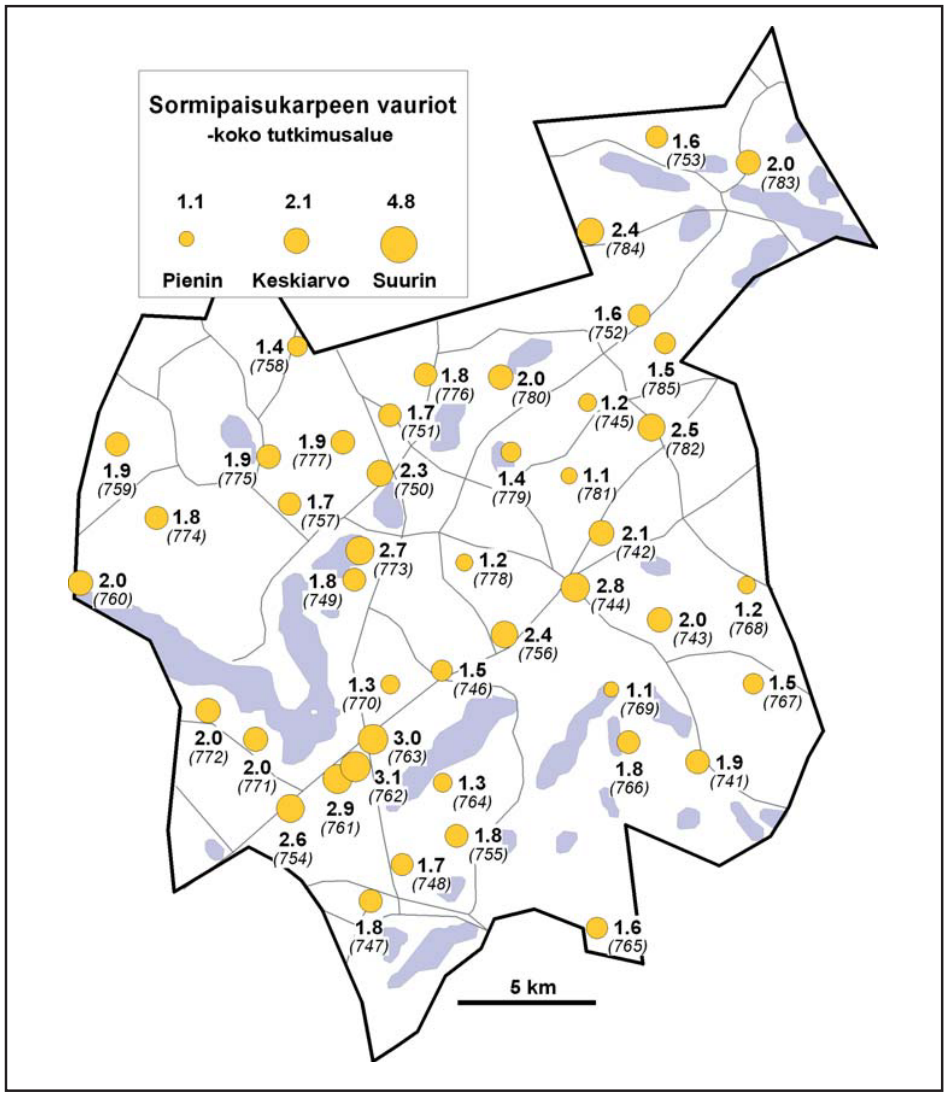
	NeulN		NeulS	
Vanda	2005	2001	2005	2001
observationsytor	32	32	32	32
medeltal	13,5	13,3	1084	960
högst	17,0	15,6	1275	1090
lägst	11,7	11,5	960	847

	NeulN		NeulS	
HELA OMRÅDET	2005	2001	2005	2001
observationsytor	267	245	267	245
medeltal	13,6	13,0	1071	947
högst	22,4	16,0	1383	1150
lägst	7,0	10,7	863	798

ga utifrån en tillväxtaspekt hos provträden. Svavelkoncentrationerna hade ökat med i genomsnitt 11 % jämfört med situationen för fyra år sedan, men medelkoncentrationen var endast något högre än för studieområdet i genomsnitt. Svavelkoncentrationen hos tallbarr på en provyta lokaliserad i Satomäki hade ökat, till 1275 mg/kg. En mindre ökning av svavelkoncentrationerna (> 1100 kg/kg) uppmättes på åtta prov tagna i de ostligaste delarna av staden och på prov tagna i Kotamäki.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vihdin kunnan alueella

Vihdin kunnan alueella sijaitsi 41 havaintoalaa, joista 14 näytealalta kerättiin neulasnäytteet. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi kuudella havaintoalalla, jotka sijoittuivat suppeille alueille taajamiin ja valtatie 25 läheisyyteen. Tervettä sormipaisukarvetta havaittiin monilla kunnan keskiosissa sijainneilla havaintoaloilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen kunto oli heikentynyt hieman edelliseen havaintokertaan verrattuna, mutta vaurioaste oli edelleen pienempi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Jäkälälajiston rikkautta kuvaavien muuttujien osalta Vihdin kunnan havaintoalat vastasivat tutkimusalueen keskitasoa. Jäkälälajistoltaan köyhtyneitä havaintoaloja (IAP-indeksi 1,0 – 2,0) esiintyi hyvin tasaisesti eri puolilla kuntaa. Monilta havaintoaloilta löydettiin vähintään kahdeksan eri jäkälälajia. Kaikkiaan Vihdin kunnan alueella muutoksia jäkäläkasvillisuudessa voidaan pitää melko lievinä.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Vihdin kunnan havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu. Havainto- ja näytealojen tunnukset on merkitty sulkuihin.

Taulukko 1. Havaintoalojen jäkäläkartoituksen tuloksia Vihdin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 ja 2004. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
Vihti	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	45	45	45	45	45	45	45	45
keskiarvo	2	2	1,9	1,7	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	3,1	3,1	2,6	2,8	9	9
pienin	0	0	1,1	1,1	1,2	1,2	4	4

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1

Neulasnäytteiden keskimääräinen rikkipitoisuus Vihdissä oli noussut selvästi edelliseen näytteenottokertaan verrattuna. Sekä rikki- että typpipitoisuudet olivat kuitenkin alhaisempia kuin tutkimusalueella keskimäärin. Lievästi kohonneita rikkipitoisuuksia (> 1100 mg/kg) todettiin viidellä näytealalla Nummelassa ja Vihdin keskustan tuntumassa. Lisäksi 1000 mg/kg ylittäviä pitoisuuksia esiintyi kuudella näytealalla eri puolilla kuntaa. Typpipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta sopivia kolmella Nummelan näytealalla. Yhdellä näytealalla (Härkälä) näytepuilla oli puutetta typestä, sillä typpipitoisuus oli alle 11 g/kg.

Taulukko 2. Näytealojen neulasanalyysien tuloksia Vihdin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2001 ja 2005. Lyhenteiden selitykset: NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	NeulN		NeulS	
Vihti	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	14	14	14	14
keskiarvo	13,3	13,3	1062	959
suurin	15,5	15,5	1174	1150
pienin	10,2	12,2	952	863

	NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	267	245	267	245
keskiarvo	13,6	13,0	1071	947
suurin	22,4	16,0	1383	1150
pienin	7,0	10,7	863	798

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Uudenmaan maakunnan alueella

Uudenmaan maakunnan alueella sijaitsi 590 havaintoalaa. Neulasnäytteet kerättiin 236 näytealalta. Ensimmäistä kertaa tutkimuksessa olivat mukana Mäntsälän ja Pornaisten kunnat. Helsingissä viideltä havaintoalalta sekä Vantaalta ja Hyvinkäältä yhdeltä havaintoalalta tavattiin vain yhtä indikaattorilajia, sormipaisukarvetta. Näistä havaintoaloista jäkäläautiona voidaan pitää neljää Helsingin havaintoalaa ja Hyvinkään alaa, joilla sormipaisukarpeen peittävyys oli alle 1 %. Jäkälälajistoltaan selvästi köyhtyneitä (2 – 3 jäkälälajia) havaintoaloja sijaitsi Helsingissä, Vantaalla, Sipoossa, Porvoossa, Lohjalla ja Inkoossa. Jäkälälajisto oli köyhtynyt monilla havaintoaloilla ympäri tutkimusaluetta taajamien ja valtaväylien läheisyydessä. Sormipaisukarpeen selvin ja laajin vauriovyöhyke, jossa myös jäkälälajisto oli erittäin selvästi tai selvästi köyhtynyt, muodostui pääkaupunkiseudulle Espoon eteläosista ja Helsingistä Vantaan itäosien kautta Keravalle, Tuusulaan ja Järvenpäähän ulottuvalle alueelle.

Verrattaessa tuloksia vuoden 2000 tilanteeseen jäkälämuutoksiltaan pahimman alueen todettiin pienentyneen, mutta samalla lievempien muutosten alue oli laajentunut. Jäkälälajistoltaan köyhtynyt alue oli laajentunut Helsingin ja Keravan sekä Inkoon ja Lohjan väliselle alueelle. Sormipaisukarpeen selvien vaurioiden vyöhyke oli pysynyt pinta-alaltaan suunnilleen samana, mutta lievien vaurioiden vyöhyke tutkimusalueella oli laajentunut. Pieniä selvien vaurioiden alueita oli muodostunut Helsingin ja Espoon itäosien lisäksi Hyvinkäälle, Järvenpäähän, Inkooseen ja Tammisaareen.

Taulukko 1. Jäkäläkartoituksen ja neulasanalyysien tuloksia havainto- ja näytealoilla Uudenmaan maakunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji		NeulN		NeulS	
Uusimaa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	590	549	590	549	590	549	590	549	236	230	236	230
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	6	7	13,6	13,0	1071	947
suurin	10	10	4,8	5,0	2,9	3,5	10	10	18,5	16,0	1383	1150
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	866	798

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Neulasten rikkipitoisuudet olivat lähes koko tutkimusalueella suuremmat kuin vuonna 2001. Vuonna 2005 neulasten rikkipitoisuudet olivat yleisesti tasoa 1 000-1 100 mg/kg eli normaalia pitoisuustasoa lievästi korkeampia. Laajimmat vyöhykkeet, joissa rikkipitoisuudet olivat tasoa 1 100-1 200 mg/kg, muodostuivat pääkaupunkiseudulle, Tuusulan ja Nurmijärven väliselle alueelle sekä Tammisaareen. Neulasten typpipitoisuudet olivat yleisesti puuston kasvun kannalta välttävällä tasolla keskimääräisen pitoisuuden ollessa 13,6 g/kg. Espoossa ja Vihdissä kolmella näytealalla puut kärsivät typen puutteesta, sillä pitoisuudet olivat alle 11 g/kg. Edellisestä tutkimuskerrasta poiketen selvästi kohonneita yli 17 g/kg typpipitoisuuksia määritettiin kahdeksalla näytealalla eri puolilla tutkimusaluetta.

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Itä-Uudenmaan maakunnan alueella

Itä-Uudenmaan maakunnan alueella sijaitsi 186 havaintoalaa. Neulasnäytteet kerättiin 31 näytealalta. Vain Porvoo, Loviisa ja Ruotsinpyhtää olivat mukana jo vuonna 2000 – 2001 toteutetussa tutkimuksessa. Yhdellä havaintoalalla Porvoon Tolkkisissa sormipaisukarpeen vauriot luokiteltiin pahoiksi. Kilpilahden teollisuusalueen ja Porvoon taajaman läheisyydessä sormipaisukarpeen vauriot olivat selvät. Selviä sormipaisukarpeen vaurioita tavattiin myös melko tasaisesti koko maakunnan alueella lähinnä taajamissa. Tervettä sormipaisukarvetta esiintyi seitsemällä havaintoalalla Askolassa, Myrskylässä, Porvoossa ja Ruotsinpyhtäällä. Jäkälälajiston selvää köyhtymistä tavattiin kahdella Sipoon länsiosissa sijainneella havaintoalalla sekä Porvoon Tolkkisten havaintoalalla. Porvoon Kilpilahdessa teollisuuden vaikutus näkyi lähinnä sormipaisukarpeen vaurioissa eikä niinkään jäkälälajien lukumäärässä. Lajiston lievää köyhtymistä todettiin yhdeksällä havaintopaikalla eri puolilla maakuntaa.

Verrattuna vuoden 2000 tuloksiin lajistoltaan köyhtyneet alueet olivat hieman laajentuneet Porvoon, Loviisan ja Ruotsinpyhtään alueella. Sormipaisukarpeen selvien vaurioiden vyöhyke Kilpilahden ja Porvoon taajaman ympäristössä oli hieman pienentynyt. Lievien vaurioiden vyöhyke puolestaan oli laajentunut tutkimusalueella. Selvimmät muutokset jäkäläkasvillisuudessa näkyivät edelleen Porvoon eteläosissa, jossa ilman epäpuhtauksien kuormituskin on suurin. Kuitenkin lähes kaikkien kuntien taajamissa tai valtaväylien varrella oli havaintoaloja, joissa sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä tai jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä.

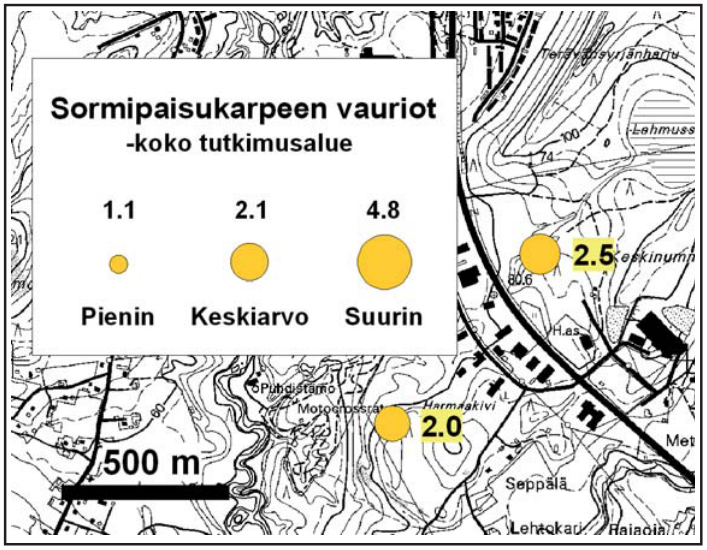
Taulukko 1. Jäkäläkartoituksen ja neulasanalyysien tuloksia havainto- ja näytealoilla Itä-Uudenmaan maakunnan alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Levä frekv. = leväpeitteen esiintymisfrekvenssi näytealalla (arvot 0 – 10), Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji		NeulN		NeulS	
Itä-Uusimaa	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	186	74	186	74	186	74	186	74	31	15	31	15
keskiarvo	6	2	2,2	1,9	2,2	2,3	7	8	13,5	13,3	1070	940
suurin	10	10	4,5	3,8	3,4	3,1	10	9	22,4	14,2	1245	1040
pienin	0	0	1,1	1,1	0,6	0,6	3	4	10,9	12,0	863	882
	Levä frekv.		Hp. kunto		IAP		J.laji		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	776	623	267	245	267	245
keskiarvo	4	2	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	13,6	13,0	1071	947
suurin	10	10	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	22,4	16,0	1383	1150
pienin	0	0	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	7,0	10,7	863	798

Mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet olivat Itä-Uudenmaan alueella yleisesti tasoa 1000 – 1100 mg/kg eli hieman normaalia rikkipitoisuustasoa korkeampia. Näytealoista, joilla rikkipitoisuus oli yli 1200 mg/kg, kaksi sijoittui Porvoon taajamaan ja yksi Myrskylään. Neulasten rikkipitoisuudet olivat kohonneet selvästi vuoteen 2001 verrattuna. Porvoon eteläosiin muodostui melko laaja vyöhyke, jolla rikkipitoisuudet olivat tasoa 1100 – 1200 mg/kg. Neulasten keskimääräinen typpipitoisuus oli 13,5 g/kg eli puuston kasvun kannalta välttävää tasoa. Yhdellä Loviisan näytealalla typpipitoisuus oli alle 11 g/kg, missä pitoisuudessa puiden katsotaan kärsivän typen puutteesta. Vuoden 2001 tuloksista poiketen kahdella Porvoossa ja Ruotsinpyhtäällä sijainneilla näytealoilla määritettiin selvästi kohonneita yli 17 g/kg typpipitoisuuksia.

Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karkkilan kaupungin lisäaloilla (tulevan Keravan Energia Oy:n kaukolämpökeskuksen ympäristössä)

Karkkilan kaupungin Puhdistamontielle rakennettavan Keravan Energia Oy:n kaukolämpökeskuksen ympäristössä sijaitsi kaksi havainto- ja näytealaa. Sormipaisukarve luokiteltiin Porintie läheisyydessä sijainneella havaintoalalla selvästi vaurioituneeksi ja toisella, motocrossradan ympäristössä sijainneella alalla lievästi vaurioituneeksi. Sormipaisukarpeen vauriot havaintoaloilla olivat keskimäärin samaa tasoa kuin koko tutkimusalueella. Jäkälälajisto kahdella havaintoalalla oli melko runsas. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja löydettiin molemmilta havaintoaloilta kahdeksan. IAP-indeksin perusteella jäkälälajistossa oli lieviä muutoksia (IAP-indeksi 2,0 – 3,0). Jäkälälajiston rikkautta kuvaavat muuttujat olivat parempia kuin tutkimusalueella keskimäärin.



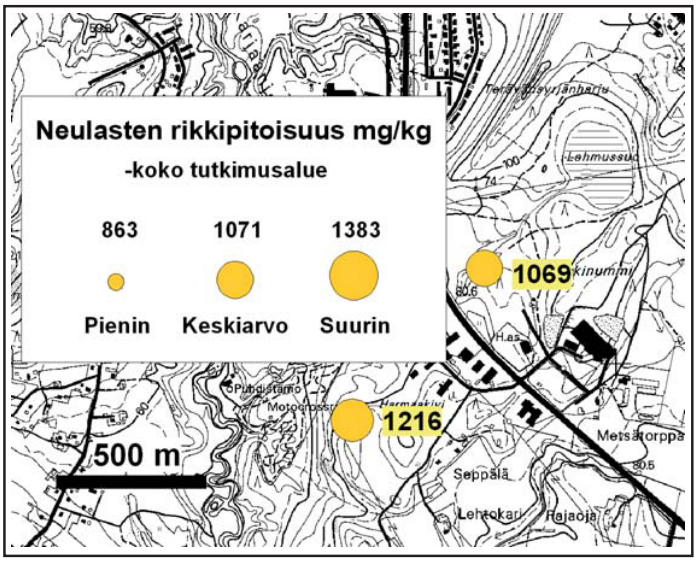
Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Karkkilan kaupungin lisähavaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu.

Taulukko 1. Havainto- ja näytealojen tuloksia Karkkilan kaupungin lisäaloilla ja koko tutkimusalueella. Lyhenteiden selitykset: Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

Karkkila, lisäpaikat	Hp. kunto	IAP	J.laji	NeulN	NeulS
havaintoaloja	2	2	2	2	2
keskiarvo	2,2	2,1	8	14,3	1 143
suurin	2,5	2,3	8	14,6	1 216
pienin	2,0	1,9	8	14,0	1 069

KOKO ALUE	Hp. kunto	IAP	J.laji	NeulN	NeulS
havaintoaloja	776	776	776	267	267
keskiarvo	2,1	1,9	7	13,6	1 071
suurin	4,8	3,4	10	22,4	1 383
pienin	1,1	0,0	1	7,0	863

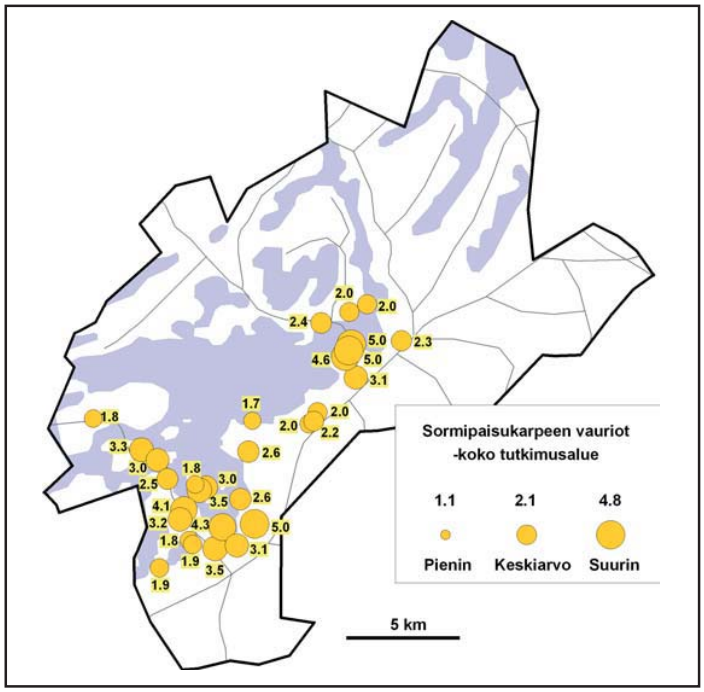
Motocrossradan lähistöllä sijainneen näytealan mäntyjen keskimääräinen rikkipitoisuus oli normaalia korkeampi, 1216 mg/kg. Kaikkiaan keskimääräinen rikkipitoisuus oli lievästi kohonnut ja korkeampi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Molempien näytealojen keskimääräiset typpipitoisuudet olivat koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa vähän suuremmat. Typpipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta sopivana pidettävällä tasolla.



Kuva 2. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet Karkkilan kaupungin lisäaloilla talvella 2005.

Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lohjan kaupungin taajama-alueella

Lohjan kaupungin bioindikaattoritutkimuksen havaintoalaverkostoa täydennettiin taajama-alueella 31 havainto- ja näytealalla. Kaikki vanhat havaintopuut olivat edelleen pystyssä, eikä uusia havaintoaloja perustettu. Vuoteen 2000 verrattuna sormipaisukarpeen keskimääräinen kunto oli hieman huonontunut. Lisähavaintopaikkojen keskimääräinen vaurioaste oli selvästi korkeampi kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Sormipaisukarve puuttui tai oli kuollutta kolmella havaintopaikalla Lohjan keskustaajamassa Tytyrissä ja yhdellä havaintoalalla Kyrkstadin kaupunginosassa. Havaintoalat, joilta sormipaisukarve puuttui, sijaitsivat samoilla alueilla kuin neljä vuotta sitten. Neljällä havaintoalalla Kirkniemessä ja Pensaaressa sormipaisukarpeen vauriot luokiteltiin pahoiksi. Selviksi sormipaisupaisukarpeen vauriot arvioitiin kuudella havaintoalalla Jalassaaressa, Pensaaressa, Kirkniemessä ja Vieremällä. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve luokiteltiin lievästi vaurioituneeksi.



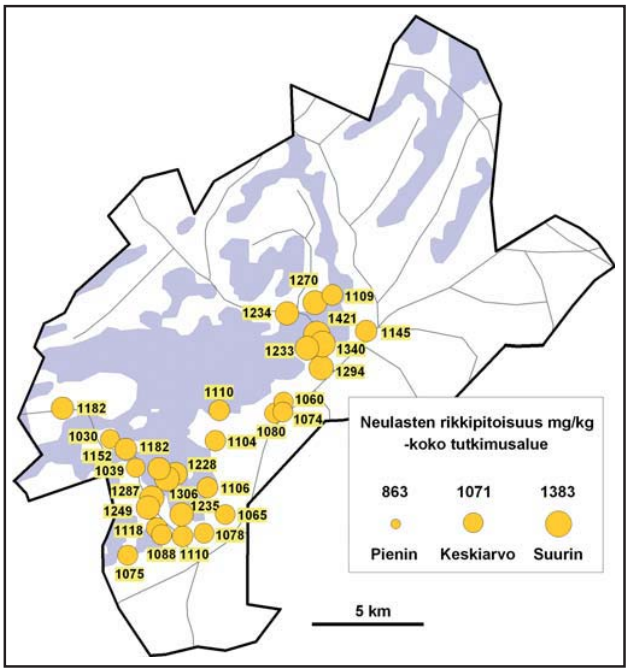
Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Lohjan taajama-alueen havaintoaloilla kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu.

Jäkälälajien rikkautta kuvaavat muuttujat olivat Lohjan lisähavaintopaikoilla selvästi tutkimusalueen keskimääräistä tasoa alhaisempia. Ilmanepäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien määrä havaintoaloilla oli laskenut edelliseen seurantakertaan verrattuna. Jäkälälajeja havaittiin aloilla 0 – 7 kpl. Kolmelta havaintoalalta löydettiin vain yhtä jäkälälajia, sormipaisukarvetta. Kolmea poikkeusta lukuun ottamatta havaintoaloilla todettiin vain kahdesta viiteen jäkälälajia eli suurin osa havaintoaloista luokiteltiin lievästi tai selvästi köyhtyneiksi.

Havaintoalojen keskimääräinen neulaskato oli noussut kaksi prosenttiyksikköä edellisestä havaintokerrasta. Neulaskato oli yli 20 % seitsemällä havaintoalalla. Näiden havaintoalojen puustoa voidaan pitää lievästi harsuuntuneena (neulaskato 20 – 30 %).

Lohjan taajamassa näytepuiden neulasten keskimääräinen rikkipitoisuus oli kasvanut huomattavasti neljässä vuodessa ja se oli koko tutkimusalueen tasoa selvästi korkeampi. Kaikkiaan 21 näytealalla neulasten rikkipitoisuudet olivat lievästi tai selvästi kohonneita ja vain neljän alan pitoisuudet jäivät alle koko tutkimusalueen keskitason. Koko tutkimuksen korkein rikkipitoisuus 1 421 mg/kg määritettiin Lohjan keskustan Hiidensalmessa samalla näytealalla kuin neljä vuotta sitten. Muut normaalia korkeammat rikkipitoisuudet keskittyivät Lohjan keskustan, Kirkniemen ja Pensaaren näytealoille. Neulasten keskimääräiset typpipitoisuudet olivat nousseet hieman vuoteen 2001 verrattuna ja ne olivat nyt vähän suurempia kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Neulasten typpipitoisuudet olivat yli 17 g/kg eli selvästi kohonneita neljällä näytealalla Pensaaressa ja Kirkniemessä.

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamat muutokset jäkälälajistoa ja jäkälien kuntoa kuvaavissa muuttujissa olivat edelleen selviä Lohjan taajamassa. Jäkäläkasvillisuuden muutoksia kuvaavat muuttujat olivat heikentyneet, neulaskadon määrä lisääntynyt ja keskimääräiset typpi- ja rikkipitoisuudet olivat nousseet neljässä vuodessa.



Kuva 2. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet Lohjan taajama-alueen näytealoilla talvella 2005.

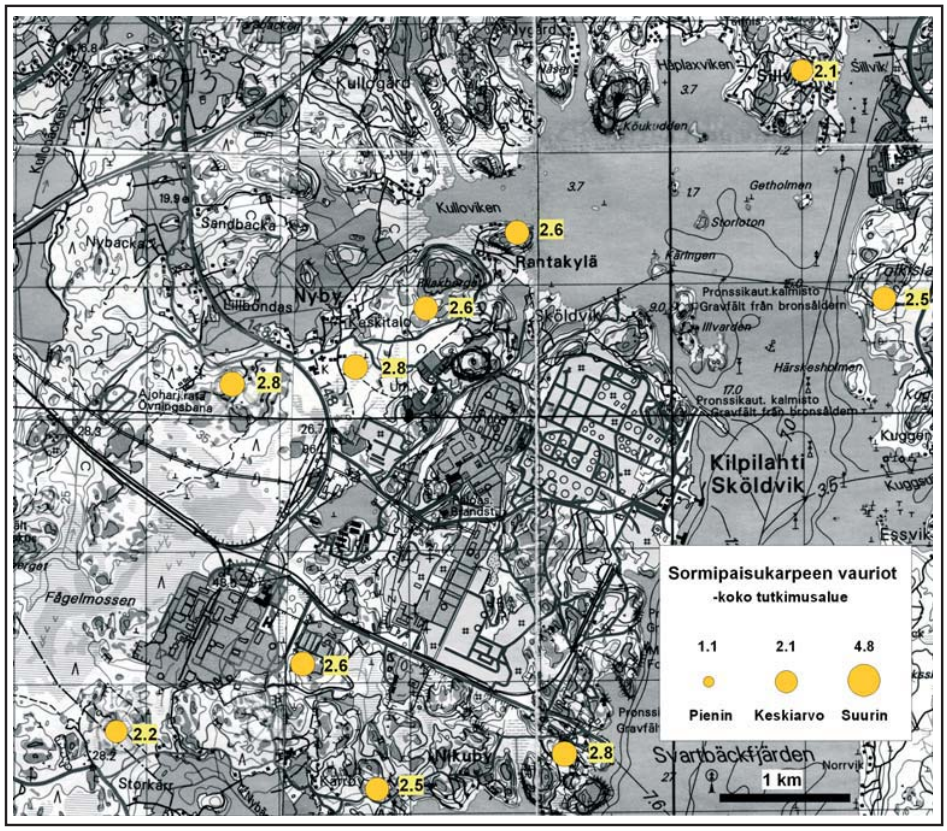
Taulukko 1. Havainto- ja näytealojen tuloksia Lohjan kaupungin taajama-alueella ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), Nkato = neulaskadon määrä (%), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
Lohja, taajama	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	31	30	31	30	31	30	31	30	30	30	30	30
keskiarvo	2,9	2,7	1,0	1,0	3	5	18	16	15,0	14,0	1167	1049
suurin	5,0	5,0	2,1	2,3	7	8	65	32	17,9	16,4	1421	1350
pienin	1,7	1,6	0,0	0,0	0	0	5	12	12,8	11,2	1030	925
	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	-	623	267	245	267	245
keskiarvo	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	-	14	13,6	13,0	1071	947
suurin	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	-	30	22,4	16,0	1383	1150
pienin	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	-	6	7,0	10,7	863	798

Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kilpilahden teollisuusalueen ympäristössä (Kilpilahden teollisuusalueen ympäristöseuranta)

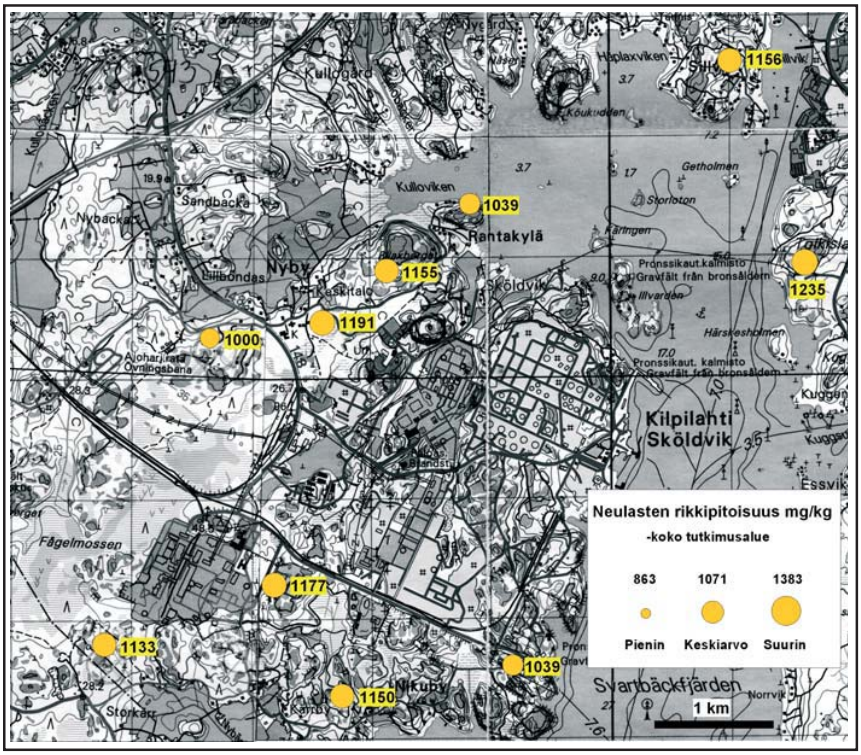
Kilpilahden teollisuusalueella ja sen lähiympäristössä sijaitsi 10 havainto- ja näytealaa. Kaikki alat pysyivät samoina kuin edellisellä seurantakerralla. Sormipaisukarve arvioitiin seitsemällä havaintoalalla selvästi ja kolmella havaintoalalla lievästi vaurioituneeksi. Keskimääräisessä sormipaisukarpeen vaurioasteessa ei ollut tapahtunut muutosta edelliseen tutkimuskertaan verrattuna. Vaurioaste teollisuusalueen lähiympäristön havaintoaloilla oli vähän korkeampi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja löydettiin havaintopaikoilla 6 – 8 kpl. IAP-indeksin mukaan lajisto aloilla oli köyhtynyttä tai siinä esiintyi lieviä muutoksia. Jäkälälajiston runsaus oli samaa luokkaa kuin vuonna 2000. Havaintoalojen jäkälälajiston runsaus ei poikennut juurikaan tutkimusalueen keskimääräisestä tasosta. Vuoteen 2000 verrattuna jäkäläkasvillisuuden muutokset eivät olleet lisääntyneet ja muutoksia voidaan edelleen pitää melko lievinä.

Havaintopuiden keskimääräinen neulaskato oli lisääntynyt noin neljä prosenttiyksikköä edellisestä havaintokerrasta mutta neulaskadon katsotaan vielä kuuluvan luontaiseen neulasmäärän vaihteluun. Kolmella havaintoalalla neulaskadon määrä oli yli 20 %, jolloin alojen havaintopuut luokiteltiin keskimäärin lievästi harsuuntuneiksi.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Kilpilahden teollisuusalueen ympäristössä kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu.

Näytemäntyjen neulasten rikkipitoisuudet olivat nousseet neljässä vuodessa ja keskimääräinen rikkipitoisuus oli kohonnut (typpipitoisuus yli 1 200 mg/kg) yhdellä näytealalla ja lievästi kohonnut (typpipitoisuus yli 1 100 mg/kg) kuudella näytealalla. Neulasten rikkipitoisuudet olivat nousseet myös koko tutkimusalueella eivätkä pitoisuudet teollisuusalueen ympäristössä olleet huomattavasti suurempia kuin tutkimusalueella keskimäärin. Näytepuiden keskimääräinen typpipitoisuus oli myös kasvanut neljässä vuodessa ja pitoisuus oli hieman tutkimusalueen keskimääräistä pitoisuutta korkeampi. Tehdasalueen eteläpuolella sijainneella näytealalla esiintyi koko tutkimusalueen korkein keskimääräinen typpipitoisuus 22,4 g/kg. Muiden näytealojen keskimääräiset typpipitoisuudet olivat puuston kasvun kannalta normaalina pidettävällä tasolla.



Kuva 2. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet Kilpilahden teollisuusalueen ympäristössä talvella 2005.

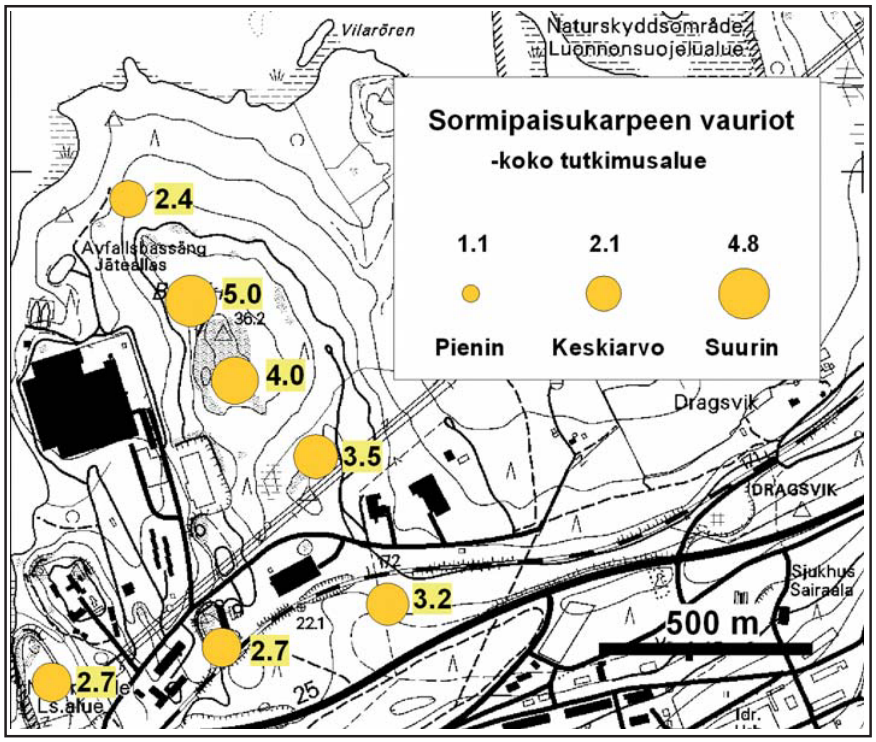
Taulukko 1. Havainto- ja näytealojen tuloksia Kilpilahden teollisuusalueen ympäristössä ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), Nkato = neulaskadon määrä (%), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
Porvoo, Kilpilahti	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
keskiarvo	2,5	2,5	1,8	1,9	7	7	19	15	14,5	12,8	1128	976
suurin	2,8	2,9	2,3	2,7	8	8	65	28	22,4	14,5	1235	1070
pienin	2,2	2,1	1,4	1,3	6	6	5	6	12,3	12,0	1000	913
	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	-	623	267	245	267	245
keskiarvo	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	-	14	13,6	13,0	1071	947
suurin	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	-	30	22,4	16,0	1383	1150
pienin	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	-	6	7,0	10,7	863	798

Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tammisaaressa IDO Kylpyhuoneet Oy:n ympäristössä

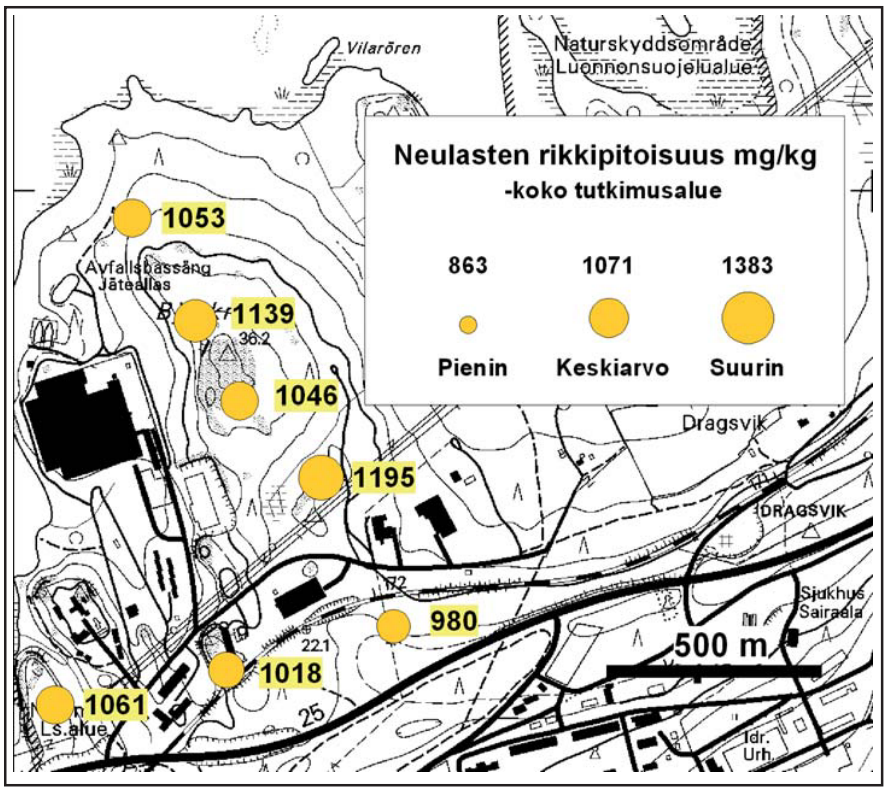
IDO Kylpyhuoneet Oy:n Tammisaaren tuotantolaitoksen lähiympäristössä sijaitsi seitsemän havaintoalaa. Yksi havainto- ja näyteala jouduttiin perustamaan uuteen paikkaan hakkuiden vuoksi. Tehtaan itäpuolella yhdellä havaintoalalla sormipaisukarve luokiteltiin kuolleeksi ja kahdella havaintoalalla pahoin vaurioituneeksi. Eteläpuolella tehdasta olleilla aloilla sormipaisukarpeen kunto arvioitiin selvästi vaurioituneeksi ja pohjoisimmalla alalla vauriot arvioitiin lieviksi. Ilmanepäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien määrä havaintoaloilla vaihteli välillä 0 – 8 eli jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyttä. Sormipaisukarpeen kunnossa ja jäkälälajistoa kuvaavissa muuttujissa ei ollut juurikaan tapahtunut muutosta neljän vuoden takaiseen tilanteeseen verrattuna. Jäkälien kunto oli kuitenkin heikompi ja jäkälälajisto köyhempi kuin tutkimusalueella keskimäärin.

Havaintopuiden keskimääräinen neulaskato jäi alle 20 % eli neulaskadon katsotaan kuuluvan luontaisen neulasmäärän vaihteluun. Kahdella havaintoalalla neulaskadon määrä oli 24 %, jolloin havaintopuut luokitellaan lievästi harsuuntuneiksi.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot IDO Kylpyhuoneet Oy:n tuotantolaitoksen ympäristössä kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu.

Näytepuiden keskimääräinen rikkipitoisuus oli suurempi kuin edellisessä tutkimuksessa, mutta pitoisuus oli edelleen normaalina pidettävällä tasolla. Kaikkiaan rikkipitoisuudet vastasivat koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa. Kahdella tehdasalueen itäpuolella sijainneella näytealalla rikkipitoisuudet olivat lievästi kohonneita (rikkipitoisuus > 1 100 mg/kg). Neulasten keskimääräinen typpipitoisuus oli myös hieman kasvanut vuoteen 2001 verrattuna, mutta pitoisuus oli edelleen normaalina pidettävällä tasolla. Yhdellä näytealalla näytepuiden typpipitoisuus oli selvästi kohonnut (typpipitoisuus ≥ 17 g/kg).



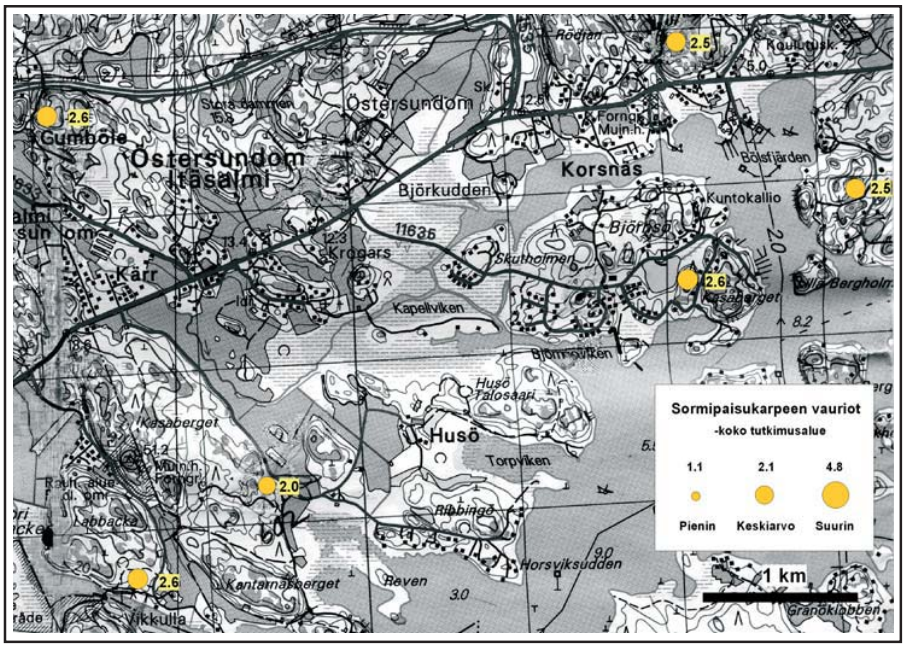
Kuva 2. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet IDO Kylpyhuoneet Oy:n tuotantolaitoksen ympäristössä talvella 2005.

Taulukko 1. Havainto- ja näytealojen tuloksia IDO Kylpyhuoneet Oy:n ympäristössä ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), Nkato = neulaskadon määrä (%), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
IDO, Tammisaari	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
keskiarvo	3,4	3,4	1,1	1,2	5	5	16	12	14,3	12,8	1070	959
suurin	5,0	5,0	1,7	2,0	9	8	50	21	17,1	15,3	1195	1060
pienin	2,4	2,5	0,0	0,0	0	0	5	5	12,8	11,0	980	874
	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	-	623	267	245	267	245
keskiarvo	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	-	14	13,6	13,0	1071	947
suurin	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	-	30	22,4	16,0	1383	1150
pienin	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	-	6	7,0	10,7	863	798

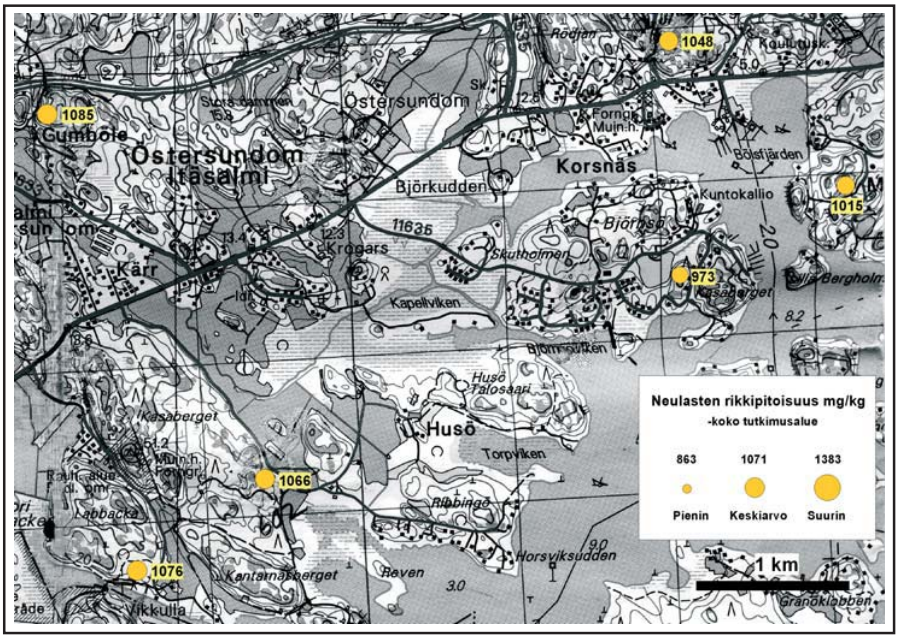
Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sipoon Östersundomin alueella (Helsingin Energia, Vuosaaren voimalaitosten ympäristöseuranta)

Sipoon kunnan alueella Vuosaaren voimalaitosten pohjois- ja koillispuolella sijaitsi kuusi havaintoalaa, jotka sijaitsivat noin 1 – 5 km etäisyydellä voimalalta. Kaksi vanhaa havaintoalaa jouduttiin perustamaan uudestaan hakkuiden vuoksi ja lisäksi havaintoverkostoa täydennettiin kahdella uudella alalla. Näin ollen tuloksia ei juuri voi verrata neljän vuoden takaisiin tuloksiin. Sormipaisukarve luokiteltiin neljällä havaintoalalla selvästi vaurioituneeksi ja kahdella lievästi vaurioituneeksi. Keskimääräinen sormipaisukarpeen kunto oli vähän huonompi kuin tutkimusalueella keskimäärin. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja tavattiin havaintoaloilla 6 – 7. IAP-indeksin perusteella kolme havaintoalaa oli lajistoltaan köyhtyneitä. Jäkälälajiston runsaus havaintoaloilla ei juurikaan poikennut tutkimusalueen keskimääräisestä tasosta.



Kuva 1. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot Vuosaaren voimalaitoksen koillispuolella Sipoon Östersundomin ympäristössä kesällä 2004. Vaurioluokitus: < 1,5 = terve, 1,5 – 2,4 = lievä vaurio, 2,5 – 3,4 = selvä vaurio, 3,5 – 4,4 = paha vaurio, ≥ 4,5 = kuollut tai puuttuu.

Keskimääräinen neulaskato havaintoaloilla oli 20 %, eli neulaskadon katsotaan vielä kuuluvan luontaisen neulasmäärän vaihteluun. Kahdella havaintoalalla neulaskato oli yli 20 %, jolloin havaintopuut luokitellaan lievästi harsuuntuneeksi. Näytepuiden neulasten keskimääräiset rikki- ja typpipitoisuudet olivat hieman pienempiä kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Typpipitoisuus oli kolmella näytealalla puuston kasvun kannalta sopiva (14,0 – 16,9 g/kg) ja kolmella näytealalla välttävä (11,0 – 13,9 g/kg). Viidellä näytealalla rikkipitoisuudet olivat hieman normaalia korkeammat eli rikkipitoisuudet olivat yli 1 000 mg/kg.



Kuva 2. Näytealojen mäntyjen nuorimpien neulasten rikkipitoisuudet Vuosaaren voimalaitoksen koillispuolella Sipoon Östersundomin ympäristössä talvella 2005.

Taulukko 1. Havainto- ja näytealojen tuloksia Vuosaaren voimalaitoksen ympäristössä ja koko tutkimusalueella vuosina 2000 – 2001 ja 2004 – 2005. Lyhenteiden selitykset: Hp. kunto = sormipaisukarpeen vaurioaste (luokitus 1 – 5), IAP = näytealan jäkälälajiston perusteella laskettu IAP-indeksi, J.laji = näytealan jäkälälajien lukumäärä (lajistossa ei ole mukana leväpeite ja seinänsuomujäkälä, arvot välillä 0 – 10), Nkato = neulaskadon määrä (%), NeulN = neulasten typpipitoisuus (g/kg), NeulS = neulasten rikkipitoisuus (mg/kg).

	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
Sipoo, Östersundom	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
keskiarvo	2,5	2,1	1,8	2,3	7	8	20	19	13,2	11,9	1044	884
suurin	2,7	2,2	2,3	2,7	7	9	85	23	15,0	13,1	1085	931
pienin	2,1	2,0	1,2	1,6	6	7	6	15	11,0	11,4	973	845
	Hp. kunto		IAP		J.laji		Nkato		NeulN		NeulS	
KOKO ALUE	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2005	2001	2005	2001
havaintoaloja	776	623	776	623	776	623	-	623	267	245	267	245
keskiarvo	2,1	2,0	1,9	2,1	7	7	-	14	13,6	13,0	1071	947
suurin	4,8	5,0	3,4	3,5	10	10	-	30	22,4	16,0	1383	1150
pienin	1,1	1,0	0,0	0,0	1	1	-	6	7,0	10,7	863	798

Kuvailulehti

Julkaisija	Uudenmaan ympäristökeskus	Julkaisuaika	Kesäkuu 2005
Tekijä(t)	Katja Polojärvi, Ilkka Niskanen, Anu Haahla ja Tuomo Ellonen		
Julkaisun nimi	Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005		
Julkaisun osat/ Muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.ymparisto.fi > Uusimaa > Palvelut, tuotteet ja lomakkeet > Julkaisut		
Tiivistelmä	Tässä selvityksessä on tutkittu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien ilmanlaatua bioindikaattoreiden avulla. Indikaattoreina on käytetty männyn neulasia ja mäntyjen rungoilla kasvavia jäkäliä. Seuranta toteutettiin Uudenmaan ympäristökeskuksen seurantaohjelman mukaisesti ensimmäisen kerran vuosina 2000 ja 2001. Ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyivät selvimmin mäntyjen runkojäkäläkasvillisuudessa sekä neulasten rikki- ja typpipitoisuuksissa. Todetut muutokset olivat selvimpiä alueilla, joilla myös ilman epäpuhtauksien kuormitus on suurin. Selvimmät muutokset painottuivat suhteellisen pienelle alueelle, vaikka tutkimusalue edustaa väestömäärältään merkittävintä aluetta Suomessa. Tutkimusalueella jäkälämuutoksiltaan pahin alue oli pienentynyt Helsingissä, mutta lievempien muutosten alue oli laajentunut. Helsingissä todettu jäkälälajiston elpyminen on seurausta erityisesti rikkidioksidipäästöjen pienentymisestä ja siten jäkäliin kohdistuvan rikin myrkkyvaikutuksen vähenemisestä pitkällä aikavälillä. Tutkimusalueella liikenteen typpipäästöjen määrä on pysynyt vakaana ja vaikutusalue on laajentunut liikennemäärien kasvun ja asutuksen levittäytymisen seurauksena. Neulasten kohonneet typpipitoisuudet, muuttuneet typen isotooppisuhteet ja mäntyjen rungoilla kasvava viherleväpeite kuvastavat ilman kautta tulevaa typpikuormitusta. Tutkimusalueen havaintometsät ovat rehevöityneet, mutta kuormitus ei ole kuitenkaan niin suuri, että se olisi vaikuttanut vielä mäntyjen ravinnetasapainoon.		
Asiasanat	Bioindikaattorit, ilmanlaatu, ympäristön tila, seuranta, Uusimaa, Itä-Uusimaa		
Julkaisusarjan nimi	Alueelliset ympäristöjulkaisut 385		
Julkaisun nimi englanniksi	Bioindicator monitoring of air quality in the provinces of Uusimaa and Itä-Uusimaa (Southern Finland) in 2004 and 2005		
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Ilmanlaadun seurannan järjestäminen Uudellamaalla, A4224		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Uudenmaan ympäristökeskus, alueen kunnat, YTV		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Uudenmaan ympäristökeskus, YTV, Keravan, Lohjan ja Porvoon kaupungit, Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan liitot		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-1984-5 (nid.), 952-11-1985-3 (PDF)	
	Sivuja 186	Kieli Suomi	
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 26 €	
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu puh. 020 450 05, fax. 020 450 2380 email: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi		
Julkaisun kustantaja	Uudenmaan ympäristökeskus, alueen kunnat ja YTV		
Painopaikka ja -aika	Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005		

Presentationsblad

Utgivare	Nylands miljöcentral	Datum	Juni 2005
Författare	Katja Polojärvi, Ilkka Niskanen, Anu Haahla och Tuomo Ellonen		
Publikationens titel	Uppföljning av bioindikatorer för luftkvalitet i landskapen Nyland och Östra Nyland åren 2004 och 2005		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma project	http://www.ymparisto.fi > Uusimaa > Palvelut, tuotteet ja lomakkeet > Julkaisut		
Sammandrag	Denna rapport behandlar luftkvaliteten i landskapen Nyland och Östra Nyland genom observation av bioindikatorer. Tallbarr och epifytiska lavar på barrträdsstammar användes som indikatorer. Observationen utfördes första gången under åren 2000 och 2001 i enlighet med övervakningsprogrammet hos Nylands miljöcentral. Effekterna av de luftburna föroreningarna framstod tydligast genom de epifytiska lavarterna på tallstammar och genom svavel- och kvävekoncentrationerna hos tallbarren. Förändringarna var tydligast i de områden som hade störst påverkan av luftburna föroreningar. De tydligaste förändringarna fokuserades på ett relativt litet område även om studiens område representerar ett mycket betydande område i fråga om den del av landets befolkning som är bosatt där. För den region som studien omfattar hade det sämsta området i fråga om förändringar av lavarternas sammansättning blivit mindre i storlek i Helsingfors, medan området med mindre förändringar hade ökat i storlek. Den återhämtning i lavarternas sammansättning som observerades i Helsingfors är i synnerhet en följd av reducerade svaveldioxidemissioner och utgör sålunda en långsiktig minskning av den toxiska effekten av svavel för lavarnas del. Mängderna av kväveemissioner inom studieregionen som kommer från trafiken ligger kvar på en jämn nivå och påverkan av dessa emissioner har ökat som en konsekvens av tillväxten i trafikvolymer och utspridningen av människans bostäder. De stigande kvävekoncentrationerna i tallbarren, de förändrade isotoprelationerna och grönalgsbeläggning på tallstammar speglar den luftburna kvävebelastningen. Observationsbestånden i studieregionen har blivit näringsrikare, men näringsbelastningen är fortfarande inte så hög att den har påverkat näringsstatusen hos tallarna.		
Nyckelord	Bioindikatorer, luftkvalitet, miljöns tillstånd, uppföljning, Nyland, Östra Nyland		
Publikationsserie och nummer	Regionala miljöpublikationer 385		
Publikationenes namn på engelska	Bioindicator monitoring of air quality in the provinces of Uusimaa and Itä-Uusimaa (Southern Finland) in 2004 and 2005		
Projektets namn och nummer	Organisering av luftkvalitetsuppföljning i Nyland, A2442		
Finansiär/ uppdragsgivare	Nylands miljöcentral, kommuner, SAD		
Organisationer i projektgruppen	Nylands miljöcentral, SAD, städerna Kervo, Lojo och Borgå, förbunden Nyland och Östra Nyland		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-1984-5 (nid.), 952-11-1985-3 (PDF)	
	Sidantal 186	Språk Finska	
	Offentlighet Offentlig	Pris 26 €	
Beställningar/ districution	Edita Publishing Oy, Kundservice tel. 020 450 05, fax. 020 450 2380 email: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi		
Förläggare	Nylands miljöcentral, kommuner, SAD		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005		

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005

Tässä selvityksessä on tutkittu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien ilmanlaatua bioindikaattoreiden avulla. Indikaattoreina on käytetty männyn neulasia ja mäntyjen rungoilla kasvavia jäkäliä. Seuranta toteutettiin Uudenmaan ympäristökeskuksen seurantaohjelman mukaisesti ensimmäisen kerran vuosina 2000 ja 2001.

Ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyivät selvimmin mäntyjen runkojäkälä kasvillisuudessa sekä neulasten rikki- ja typpipitoisuuksissa. Todetut muutokset olivat selvimpiä alueilla, joilla myös ilman epäpuhtauksien kuormitus on suurin. Selvimmät muutokset painottuivat suhteellisen pienelle alueelle, vaikka tutkimusalue edustaa väestömäärältään merkittävintä aluetta Suomessa.

Tutkimusalueella jäkälämuutoksiltaan pahin alue oli pienentynyt Helsingissä, mutta lievempien muutosten alue oli laajentunut. Helsingissä todettu jäkälälajiston elpyminen on seurausta erityisesti rikkidioksidipäästöjen pienentymisestä ja siten jäkäliin kohdistuvan rikin myrkkyvaikutuksen vähenemisestä pitkällä aikavälillä. Tutkimusalueella liikenteen typpipäästöjen määrä on pysynyt vakaana ja vaikutusalue on laajentunut liikennemäärien kasvun ja asutuksen levittäytymisen seurauksena. Neulasten kohonneet typpipitoisuudet, muuttuneet typen isotooppisuhteet ja mäntyjen rungoilla kasvava viherleväpeite kuvastavat ilman kautta tulevaa typpikuormitusta. Tutkimusalueen havaintometsät ovat rehevöityneet, mutta kuormitus ei ole kuitenkaan niin suuri, että se olisi vaikuttanut vielä mäntyjen ravinnetasapainoon.

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi > Uusimaa > Palvelut, tuotteet ja lomakkeet > Julkaisut
ISBN 952-11-1984-5 (nid.)
ISBN 952-11-1985-3 (PDF)
ISSN 1238-8610

Myynti: Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu
Puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380
email: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi