



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Uusimaa

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattori- seuranta vuonna 2009

4/2010

Uudenmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen julkaisuja

UUDENMAAN ELINKEINO-, LIIKENNE- JA
YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 4 | 2010

Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattori- seuranta vuonna 2009

Irene Huuskonen, Emmi Lehkonen, Toni Keskitalo ja Mika Laita

Helsinki 2010

**Uudenmaan elinkeino-,
liikenne- ja ympäristökeskus**



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

UUDENMAAN ELINKEINO-, LIIKENNE- JA
YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 4 | 2010
Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: Taina Pipinen ja Irene Huuskonen
Sisäsivujen kuvat: Jyväskylän yliopiston
ympäristöntutkimuskeskus ja PIGME
Kartat:

Pohjakartat © Affecto Finland Oy, Karttakeskus, lupa L8551/10.
CLC2000 maankäyttö/maanpeite (yleistetty 25ha) © SYKE, EEA
CLC2000 aineiston tuotannossa on käytetty seuraavien tiedon
tuottajien aineistoja: SYKE, MML, MMM (peltotiedot 1999),
VRK (rakennetut alueet 2001) ja satelliittikuvien tulkinnassa
hyödynnetty Metsähallituksen ja UPM Kymmene Oy:n aineistoja.

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2010

ISBN 978-952-257-018-5 (painettu)
ISBN 978-952-257-019-2 (verkkojulkaisu)
ISSN 1798-8101 (painettu)
ISSN 1798-8071 (verkkojulkaisu)

SISÄLLYS

1 Johdanto	7
2 Tutkimusalue	9
2.1 Yleiskuvaus.....	9
2.2 Tutkimusalueen ilmanlaatu.....	11
2.2.1 Päästöt	11
2.2.2 Ilmanlaatu tausta-aseilla	19
3 Tutkimusaineistot ja -menetelmät	23
3.1 Havaintoalat.....	23
3.2 Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta	25
3.3 Havupuiden epifyyttijäkälien kartoittaminen.....	26
3.4 Jäkäläkartoituksen virhelähteet ja luotettavuus	31
3.5 Paikkatietomenetelmät	33
3.6 Tilastomenetelmät.....	33
3.6.1 Taustamuuttujien vaikutus ja jäkälämuuttujien keskinäiset korrelaatiot	33
3.6.2 Vuosien väliset vertailut.....	34
3.6.3 Regressioanalyysi.....	34
3.6.4 Yhteisöanalyysit.....	35
4 Tulokset	37
4.1 Sormipaisukarpeen vaurioaste.....	37
4.2 Yleinen vaurioaste.....	39
4.3 Jäkälälajien määrät ja yleisyys	41
4.3.1 Ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien yleisyydet.....	44
4.3.2 Ilman epäpuhtauksista hyötyvien lajien yleisyydet	46
4.4 Peittävyys.....	47
4.5 IAP-indeksi	49
5 Tulosten tarkastelu	51
5.1 Sormipaisukarve	53
5.2 Lajistolliset tunnuksot	54
5.3 Levän esiintyminen	55
6 Vertailu	57
6.1 Vuosien välinen vertailu.....	57
6.1.1 Vertailu vuosien 2004 ja 2009 välillä.....	61
6.1.2 Vertailu vuosien 2000, 2004 ja 2009 välillä.....	64
6.1.3 Vertailu vuosien 2000, 2004 ja 2009 välillä tausta- ja taajama-aloilla	69
6.1.4 Vertailu vuosien 1998, 2000, 2004 ja 2009 välillä.....	70
6.2 Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin sekä alueen kuntien välillä	74
7 Johtopäätökset	77

Lähteet	80
Liitteet	83
Liitteet 1–31. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta kunnittain.	
Liite 32. Tulosten tilastollinen tarkastelu.	
Liite 33. Vuosien välinen vertailu.	
Liite 34. Ilman epäpuhtauksien mallinnetut pitoisuudet Uudellamaalla.	
Kuvailulehti	183
Presentationsblad	184



1 Johdanto

Ilmanlaatua ja sen kehittymistä Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla on selvitetty säännöllisten bioindikaattoritutkimusten avulla 1980-luvulta lähtien. Erillisiä seurantoja on tehty Porvoon seudulla ja Itä-Uudellamaalla 1980-luvulta lähtien (Huttunen 1988, Manninen ym. 1990, Niskanen ja Witick 1992, Pihlström ja Myllyvirta 1995, Pihlström ja Myllyvirta 2001). Pääkaupunkiseudulla ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta pysyvillä havaintoaloilla aloitettiin vuonna 1988, jonka jälkeen seurantoja jatkettiin aluksi vuosittain ja myöhemmin viiden vuoden välein (mm. Ruuhijärvi ym. 1988, Pihlström ym. 1994, Niskanen 1995, Niskanen ym. 1996, Niskanen ja Elloinen 1998); tosin ilman epäpuhtauksien vaikutuksia runkojäkäliin tiedetään pääkaupunkiseudulla tutkitun jo 1930-luvulla. Läntisellä Uudellamaalla bioindikaattoriseurantoja on tehty 1980- ja 1990-luvuilla (mm. Niskanen ja Veijola 1996, Niskanen ym. 1999). Myös Keski-Uudenmaan alueella on tehty bioindikaattoritutkimuksia 1990-luvulla (mm. Mäkinen ym. 1992).

Vuonna 1998 Uudenmaan ympäristökeskus asetti työryhmän laatimaan kattavan ilmanlaadun seurantaohjelman koko Uudellemaalle, jonka tarkoituksena oli parantaa tulosten vertailukepoisuutta, raporttien tasoa ja seurannan laadun varmennusta sekä sovittaa yhteen paikallisia ja valtakunnallisia seurantoja (Airola ja Soininen 2000). Uuden seurantaohjelman mukainen bioindikaattoritutkimus tehtiin alueella vuosina 2000–2001 (Niskanen ym. 2001). Seurantaan osallistui 25 Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan kuntaa. Vuosina 2004–2005 seuranta toteutettiin koko Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan alueella (Polojärvi ym. 2005a). Vuonna 2009 toteutettu seuranta on jatkumoa ilmanlaadun seurantaohjelman mukaisille bioindikaattoritutkimuksille, ja se toteutettiin koko Uudenmaan ympäristökeskuksen alueella samoilla tutkimusaloilla kuin edellisellä seurantakierroksella vuosina 2004–2005.

Tutkimukseen osallistui 31 Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan kuntaa, jotka myös rahoittivat tutkimusta. Lisäksi tutkimukseen osallistuivat seuraavat yritykset:

- Helsingin Energia Oy
- Fortum Power and Heat Oy
- Vantaan Energia Oy
- Ashland Finland Oy
- Borealis Polymers Oy
- Porvoon Energia Oy
- Neste Oil Oyj
- StyroChem Finland Oy
- Keravan Energia Oy
- Componenta Karkkila Oy
- Inkoon voimalaitos
- NMC Termonova Oy
- Orion-yhtymä Oyj
- Fermion Genencor International Oy
- Visko Ab
- Forcit Oy
- Ovako Wire Oy Ab
- Printal Oy
- Ekenäs Energi
- Västra Nylands sjukhus

Bioindikaattoreiksi nimitetään eliöitä, jotka reagoivat esim. rakenteen, toiminnan, alkuainepitoisuuksien tai runsauden ja levinneisyyden kautta ihmistoiminnan vaikutuksiin. Ilmanlaadun bioindikaattoreina käytetään mm. havupuiden epifyyttijäkälää, sammalia ja neulasten alkuainepitoisuuksia. Vuoden 2009 seurannassa ilman epäpuhtauksien vaikutuksien ilmentäjinä eli bioindikaattoreina käytettiin männyillä kasvavia runkojäkälää. Mäntyjen harsuuntumisarvioita tai neulasten alkuainepitoisuuksien analysointia ei seurantaohjelmasta poiketen tehty. Seuranta toteutettiin 776 pysyvällä havaintoalalla, joista jokaiselta tutkittiin 10 männyllä epifyyttijäkälälajiston esiintyminen, runsaus ja kunto. Mäntyjen epifyyttijäkälät ovat hyviä ilmanlaadun bioindikaattoreita, sillä ne reagoivat herkästi ilman epäpuhtauksiin sekä ulkomuodollaan että lajiston koostumuksen ja runsauden muutoksilla. Epäpuhtauksien vaikutukset ilmenevät kuitenkin indikaattorilajeissa pitkällä aikavälillä, minkä vuoksi indikaattorimenetelmät soveltuvat erityisen hyvin pitkän aikavälin muutostrendien kuvaamiseen. Saastevaikutuksen ilmenemiseen vaikuttavat aina myös luonnolliset tekijät, jotka voivat joko puskuroida tai voimistaa sitä.

Tutkimuksessa selvitettiin mäntyjen epifyyttijäkälien kunto, esiintyminen ja runsaus tutkimusalueella vuonna 2009, ja verrattiin saatuja tuloksia aiempien vuosien seurantojen tuloksiin. Tuloksia tulkittiin tarkastelemalla muuttujien vaihtelua suhteessa päästölähteisiin, vertailemalla lajistosuhteissa ja jäkälien kunnossa tapahtuneita muutoksia eri vuosina sekä vertaamalla jäkälälajiston muutoksia päästömäärien kehitykseen. Lisäksi tarkasteltiin jäkälien indikoimaa ilmanlaatua taustataajama-ala -jaottelun perusteella.

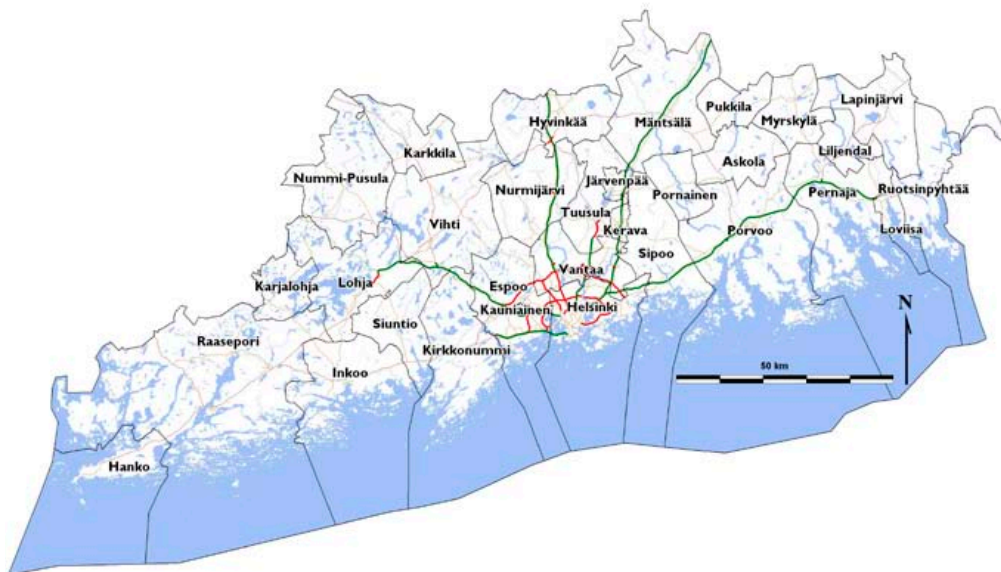
Seurannan toteutti Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Maastotyöt tehtiin keväällä ja kesällä 2009, ja niihin osallistuivat tutkijat Irene Huuskonen ja Emmi Lehkonen, tutkimusteknikot Tuomo Ellonen ja Tero Matilainen sekä tutkimusavustajat Tiina Kananoja ja Lari-Matti Lankinen. Tutkijat Irene Huuskonen, Emmi Lehkonen, Toni Keskitalo ja Mika Laita analysoivat tutkimusaineiston ja laativat tämän tutkimusraportin.

2 Tutkimusalue

2.1

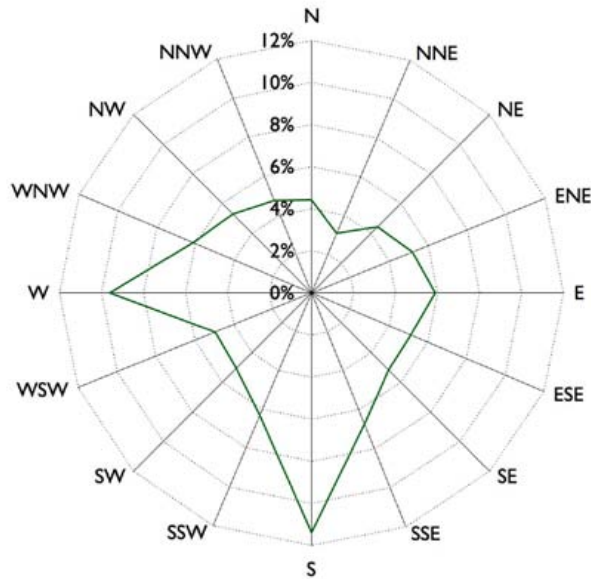
Yleiskuvaus

Tutkimusalue kattoi Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen kokonaisuudessaan (kuva 1). Uudenmaan alue on Suomen väkirikkainta seutua hieman yli 1,5 miljoonalla asukkaallaan, joista suurin osa asuu Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisen muodostamalla pääkaupunkiseudulla. Alueen vilkkaimmin liikennöityjä teitä ovat kehäväylät sekä valtatie 1 (Helsingistä Lohjan läpi länteen), 3 (Hyvinkään läpi pohjoiseen), 4 (Mäntsälän läpi pohjoiseen), ja 6 (Helsingistä itään). Uusimaalainen luonto on monipuolista. Alueen lounaisosa kuuluu hemiboreaaliseen vyöhykkeeseen, ja pohjois- ja itä-osat eteläboreaalisen vyöhykkeen vuokkovyöhykkeeseen eli lounaismaahan. Hemiboreaalisen vyöhykkeen alue on lehtoaluetta, jolla kasvuolosuhteet ovat hyvät. Etelässä tutkimusalue rajautuu Suomenlahteen. Alueen länsiosat ovat alavaa ja hyvin viljelyyn sopivaa, kun taas itäosan maaperä on karumpaa (Uudenmaan ympäristökeskus 2009).



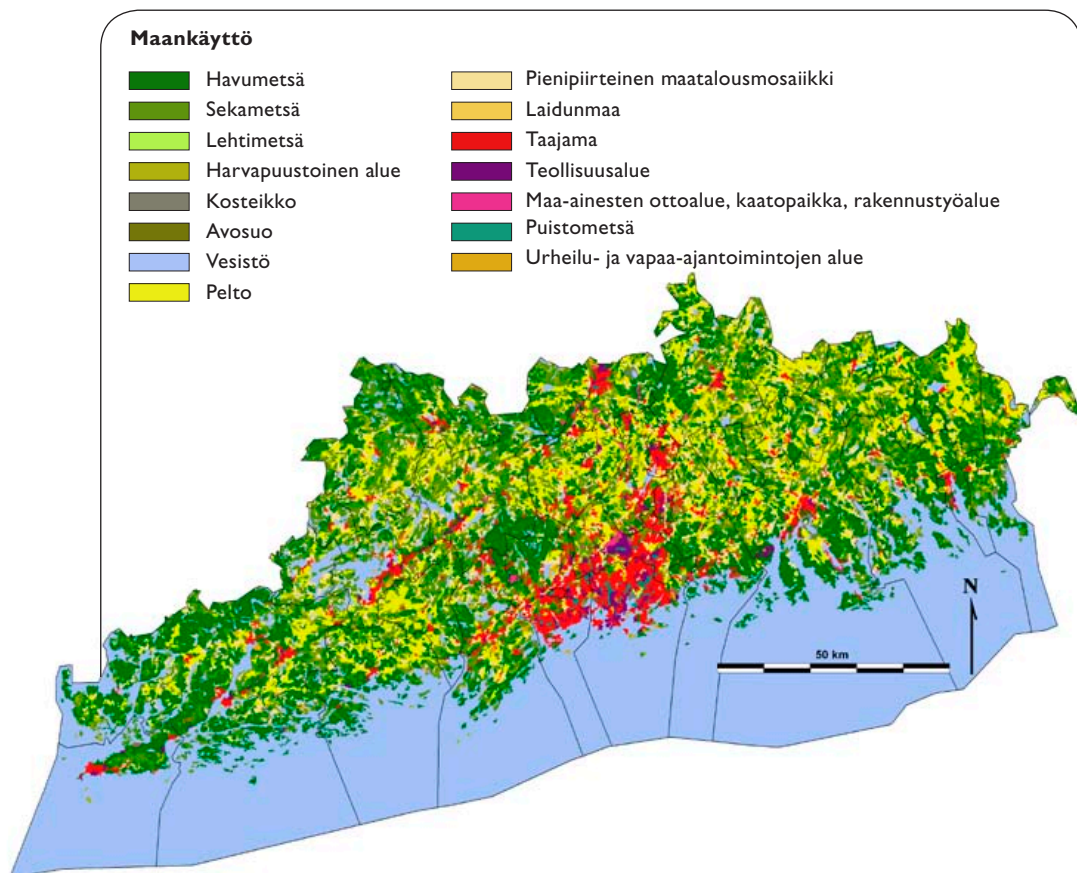
Kuva 1. Bioindikaattoriseurantaan osallistuneet kunnat.
Figur 1. Kommuner som deltagit i undersökningen.

Uudellamaalla vallitsivat vuonna 2008 etelästä puhaltavat tuulet (11,4 %). Myös länsituulet olivat yleisiä (9,6 %). Tyyniä tunteja oli havaintoaineistosta 6,4 %. (Kuva 2.) (Wunderground 2009.)



Kuva 2. Helsinki-Vantaan lentokentällä vuonna 2008 vallinneet tuulensuunnat.
 Figur 2. De dominerande vindriktningarna vid Helsingfors-Vanda flygplats år 2008.

Uudenmaan alueen maankäyttö CLC 2000 -aineiston (yleistetty 25 ha) perusteella on esitetty kuvassa 3. Taajinta asutus on pääkaupunkiseudulla Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten alueella. Asutusta on keskittynyt myös mm. valtatie 25 varteen Länsi-Uudellemaalle sekä Keski-Uudellemaalle. Metsäisimpiä alueita ovat Länsi-Uudenmaan syrjäisimmät alueet, Hankoniemi, Espoon-Vihdin rajaseutu sekä rannikkoalueet.



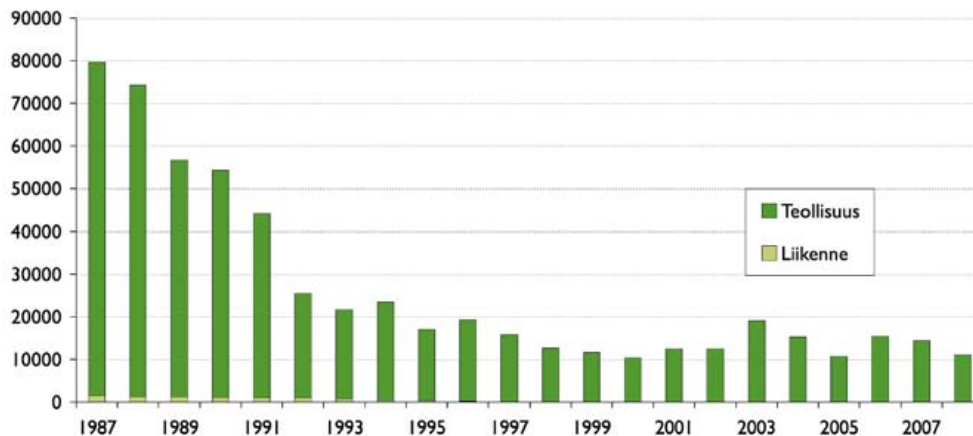
Kuva 3. Maankäyttö Uudenmaan alueella (CLC2000 maankäyttö/maanpeite (yleistetty 25ha)© SYKE, EEA).
 Figur 3. Markanvändning i Nyland. (CLC2000 markanvändning/marktäck (generaliserad 25ha)© SYKE, EEA)

Tutkimusalueen ilmanlaatu

Päästöt

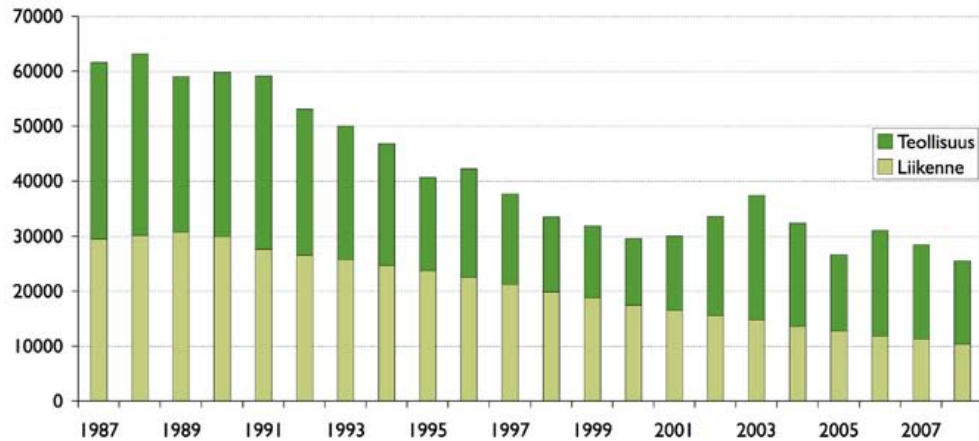
Tässä luvussa esitetään päästömäärien kehitys tutkimusalueella 1980-luvulta alkaen lupavelvollisten laitosten ja liikenteen osalta sekä erikseen kaikkien päästölähteiden osalta 2000-luvulta (ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta), kunnittaisia päästömääriä eri vuosina ja lupavelvollisten päästölähteiden päästömäärät ja sijainnit vuonna 2008. Päästötiedot on koottu ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmästä sekä Vahti-tietojärjestelmästä (Kousa 2009, Lehikoinen 2009a). Hertan päästötiedoissa on huomioitu paitsi lupavelvolliset pistemäiset päästölähteet, myös liikenteen ja muiden toimintojen, kuten maatalouden ja pienteollisuuden, päästöt. Hertan päästötiedot koskevat 2000-lukua, ja ovat esitetty kuvissa. Liikenteen päästötiedot on laskettu LIISA 2007 -laskentamallin avulla, jossa on käytössä kertoimet aiempien vuosien päästöille.

Kuvissa 4-6 on esitetty tutkimusalueen lupavelvollisten laitosten sekä liikenteen päästöjen kehittyminen vuodesta 1987 vuoteen 2008 rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten osalta. Rikkidioksidi-päästöt ovat laskeneet voimakkaasti 1980-luvulta 1990-luvulle tultaessa, ja pysyneet 1990-luvun loppupuolelta lähtien 10 000–20 000 tonnin vuositasolla. Liikenteen päästöjen osuus rikkipäästöistä on 2000-luvulla hyvin pieni. Typen oksidien päästöt ovat vähentyneet puoleen verrattaessa 2000-luvun päästömääriä tarkastelujakson alkuun. Liikenteen osuus typen oksidien päästöistä on ollut noin puolet tai vähemmän liikenteen ja teollisuuden yhteenlasketusta päästömäärästä riippuen vuosittaisista tuotantomääristä. Myös hiukkaspäästöt ovat vähentyneet selvästi 1980-lukuun verrattuna. Liikenteen osuus hiukkaspäästöistä on alle puolet.



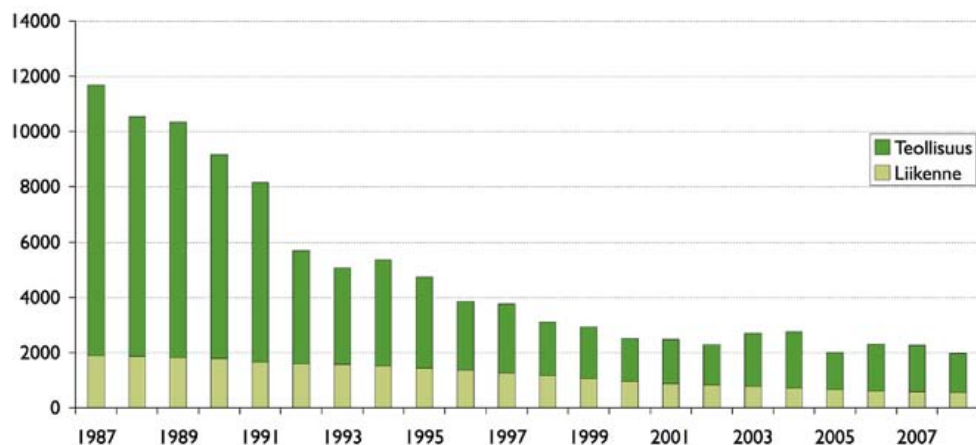
Kuva 4. Tutkimusalueen lupavelvollisten laitosten ja liikenteen rikkidioksidipäästöt vuosina 1987–2008 (tn/v) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).

Figur 4. Svaveldioxidutsläppen av anmälningsskyldiga anläggningar i forskningsområdet åren 1987–2008 (t/a) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).



Kuva 5. Tutkimusalueen lupavelvollisten laitosten ja liikenteen typen oksidien päästöt vuosina 1987–2008 (tn/v) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).

Figur 5. Utsläppen av kväve oxider av anmälningsskyldiga anläggningar i forskningsområdet åren 1987–2008 (t/a) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).



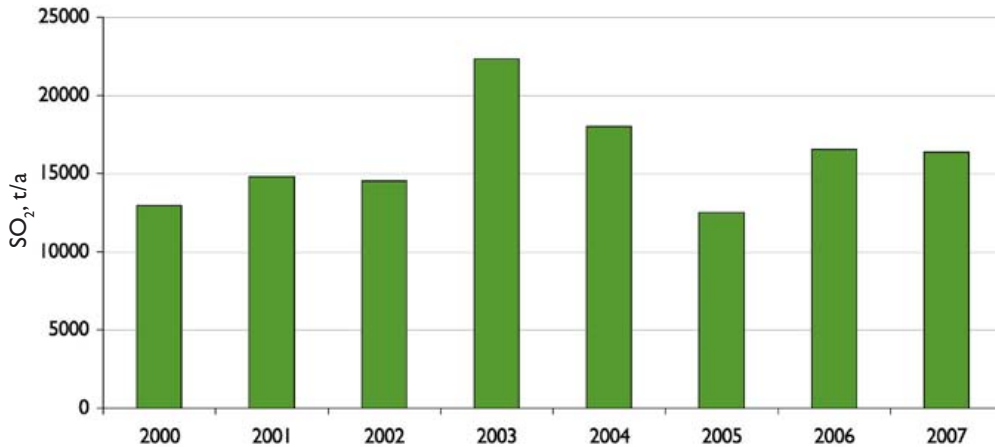
Kuva 6. Tutkimusalueen lupavelvollisten laitosten ja liikenteen hiukkaspäästöt vuosina 1987–2008 (tn/v) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).

Figur 6. Partikelutsläppen av anmälningsskyldiga anläggningar i forskningsområdet åren 1987–2008 (t/a) (Lehikoinen 2009a, LIISA 2009).

Rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästöjen kehitys kaikkien päästölähteiden osalta tutkimusalueella vuosina 2000–2008 on esitetty kuvissa 7–9. Rikkidioksidipäästöjen kehitys tutkimusalueella 2000-luvulla on ollut aaltomaista. Alueen rikkidioksidipäästöt olivat suurimmillaan vuonna 2003 (22 300 t/v) ja alhaisimmillaan vuonna 2005 (12 500 t/v), jos vuoden 2008 päästöjä ei oteta huomioon. Rikki-dioksidipäästöt ovat vähentyneet huippuvuoden 2003 jälkeen vuoteen 2005 asti, mutta olivat seuraavana kahtena vuonna taas korkeammalla tasolla (kuva 7). Päästömäärän kasvu vuonna 2003 johtunee erityisesti pääkaupunkiseudun energiantuotantolaitosten ja Inkoon voimalaitoksen tuotannon kasvusta.

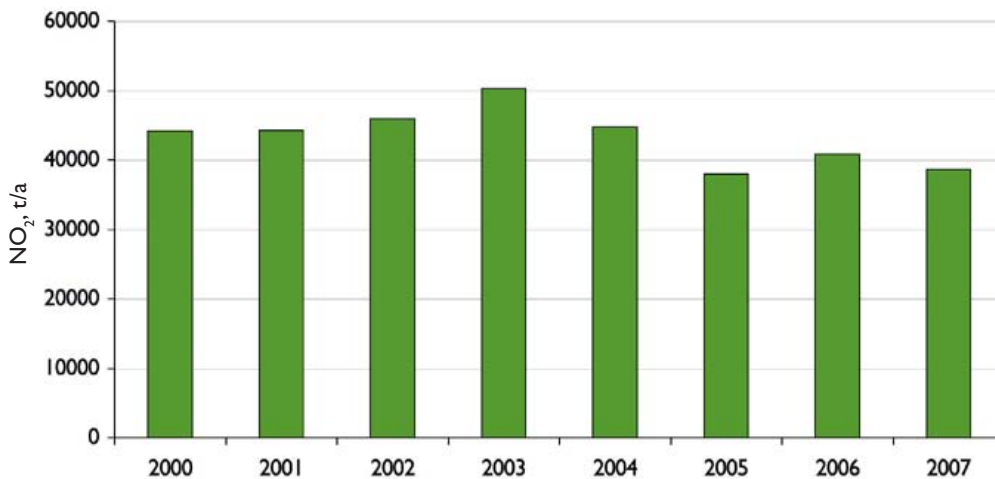
Typhen oksidit päästöt ovat olleet melko samalla tasolla koko 2000-luvun alkupuoliskon. Suurimmillaan typhen oksidien päästöt olivat Uudenmaan alueella vuonna 2003 (50300 t/v), jonka jälkeen ne laskivat tasaisesti vuoteen 2005 asti ja pysyivät tällä muuta vuosia alhaisemmalla tasolla myös vuosina 2006 ja 2007 (kuva 8).

Hiukkaspäästöt ovat kasvaneet tasaisesti vuosina 2000–2004. Huippuvuoden 2004 (12700 t/a) jälkeen hiukkaspäästöt pienenivät selvästi ja pysyivät tällä alhaisemmalla tasolla koko tarkasteluajanjakson loppuajan (kuva 9).



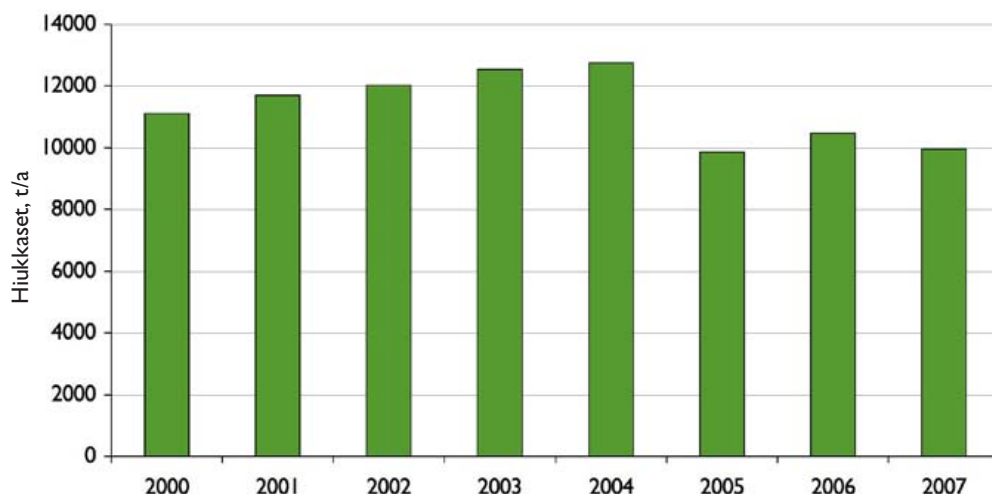
Kuva 7. Rikkidioksidipäästöjen (tn/v) kehitys vuosina 2000–2007. (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä, 2009).

Figur 7. Utvecklingen av svaveldioxidutsläppen åren 2000–2007. (Miljöförvaltnings Hertta-databas, 2009).



Kuva 8. Typhen oksidien päästöjen (tn/v) vuosina 2000–2007. (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä, 2009)

Figur 8. Utvecklingen av utsläppen av kväve oxider åren 2000–2007. (Miljöförvaltnings Hertta-databas, 2009).



Kuva 9. Hiukkaspäästöjen (tn/v) kehitys vuosina 2000–2007. (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä, 2009).

Figur 9. Utvecklingen av partikelutsläppen åren 2000–2007. (Miljöförvaltnings Hertta-databas, 2009).

Taulukossa 1 on esitetty hiukkasten, rikkidioksidin ja typen oksidien päästömäärät Uudenmaan alueen kunnissa vuosina 2000, 2004 ja 2007. Tutkimusalueen kunnista suurimmat päästömäärät ovat pääkaupunkiseudulla, Hangossa, Inkoossa, Porvoossa ja Lohjalla. Näissä kunnissa päästömäärät olivat tarkastelluista vuosista suurimmillaan vuosina 2004 ja 2007. Vuonna 2000 rikkidioksidipäästöt ovat olleet huomattavasti pienemmät etenkin Inkoossa. Myös typen oksidien päästöt ovat Inkoossa olleet huomattavasti pienemmät vuosina 2000 ja 2007 kuin vuonna 2004. Inkoon päästömäärien vaihtelu johtuu Inkoon lauhdevoimalasta, jota käytetään vaihtelevasti markkinatilanteen mukaan. Muiden huomattavat typen oksidien päästöt tuottavien kuntien päästömäärät ovat olleet suurimmillaan vuonna 2000 ja laskeneet vuoteen 2004 ja 2007. Espoon, Helsingin, Vantaan ja Inkoon hiukkaspäästöt ovat olleet suurimmillaan 2000-luvun puolivälissä vuonna 2004. Hangossa, Kirkkonummella, Lohjalla, Porvoossa ja Raaseporissa hiukkaspäästöt ovat puolestaan kasvaneet koko 2000-luvun ja olleet suurimmillaan vuonna 2007. Vähemmän rikin, typen ja hiukkasten päästöjä tuottavissa kunnissa päästömäärät ovat 2000-luvulla vähentyneet esimerkiksi Tuusulassa, Pornaisissa, Nurmijärvellä, Järvenpäässä ja Hyvinkäällä.

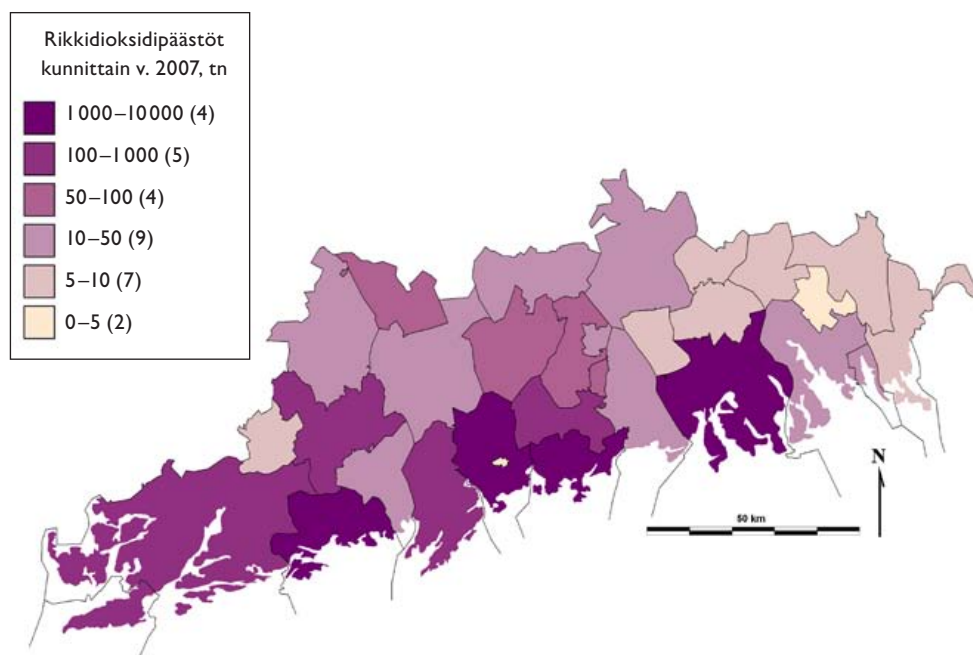


Taulukko I. Tutkimusalueen päästöt rikkidioksidin, typen oksidien sekä hiukkasten osalta (tn/v) kunnittain vuosina 2000, 2004 ja 2007. (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä.)

Tabell I. Utsläppen av svaveldioxid, kväve oxider och partiklar (t/a) åren 2000, 2004 och 2007 (Miljöförvaltnings Hertta-databas).

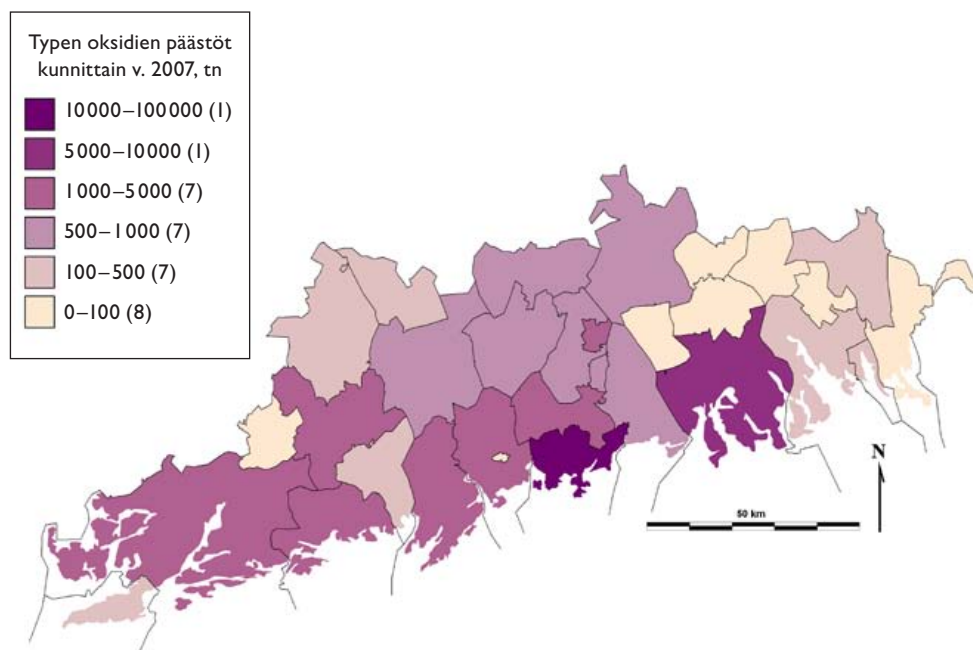
Kunta	2000			2004			2007		
	Hiukkaset	SO ₂	NO _x	Hiukkaset	SO ₂	NO _x	Hiukkaset	SO ₂	NO _x
Askola	56	12	146	66	15	127	62	9	82
Espoo	1432	1326	5447	1515	1744	5023	1040	1768	4085
Hanko	520	476	571	457	968	442	589	972	434
Helsinki	2964	3615	14054	3675	4197	13995	2147	3387	11707
Hyvinkää	386	60	1190	375	76	1115	331	43	825
Inkoo	99	59	298	285	2634	3370	214	2000	1829
Järvenpää	229	66	723	268	55	570	151	44	1262
Karjalohja	23	4	47	32	5	41	78	7	47
Karkkila	136	25	265	145	30	223	107	59	188
Kauniainen	50	10	161	62	12	195	33	5	94
Kerava	198	37	724	230	72	676	139	73	509
Kirkkonummi	298	414	1055	372	383	892	398	447	1057
Lapinjärvi	70	10	171	77	21	134	64	8	102
Liljendal	29	5	81	34	7	67	28	4	51
Lohja	337	627	1516	364	384	1375	431	735	1432
Loviisa	70	18	235	78	20	211	67	19	139
Myrskylä	34	7	76	36	9	64	39	6	44
Mäntsälä	281	35	1002	324	44	842	253	28	628
Nummi-Pusula	118	14	339	131	20	309	183	18	237
Nurmijärvi	374	243	1185	435	132	1060	301	84	813
Pernaja	89	11	302	91	14	265	141	22	298
Pornainen	43	7	87	51	11	78	45	7	60
Porvoo	731	4722	5413	762	5957	5531	769	5458	5275
Pukkila	27	7	65	32	8	57	27	5	35
Raasepori	329	106	957	372	91	821	437	126	1144
Ruotsinpyhtää	49	9	143	55	11	127	68	8	98
Sipoo	260	86	878	286	58	731	279	42	575
Siuntio	57	9	163	70	13	151	77	21	209
Tuusula	329	82	998	372	83	832	243	57	602
Vantaa	1214	825	4967	1376	880	4690	923	871	4239
Vihti	276	38	885	317	51	739	302	33	581
Yhteensä	11108	12966	44143	12742	18005	44750	9966	16365	38680

Kuvissa 10–12 on esitetty ilman epäpuhtauksien päästömäärät Uudellamaalla kunnittain vuonna 2007 Hertta-tietojärjestelmän tietojen mukaan. Vuonna 2007 rikkidioksidipäästöjä oli eniten Helsingissä, Espoossa, Porvoossa ja Inkoossa. Typen oksidien päästöjä muodostui eniten Helsingissä ja Porvoossa, mutta myös muissa pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan kunnissa. Hiukkaspäästöjä syntyi vuonna 2007 eniten Helsingissä, mutta Vantaalla, Espoossa, Porvoossa, Raaseporissa ja Lohjalla. Vähiten rikin, typen ja hiukkasten päästöjä Uudenmaan alueella vuonna 2007 syntyi itäisen Uudenmaan kunnissa (Askola, Myrskylä, Lapinjärvi, Liljendal, Pornainen, Pukkila, Ruotsinpyhtää) ja Karjalohjalla.



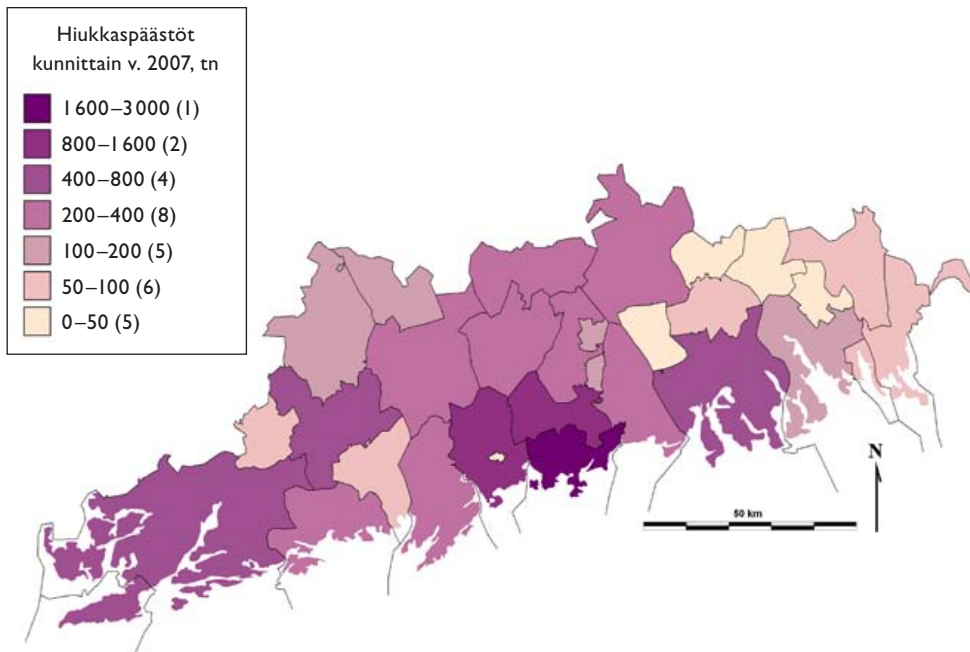
Kuva 10. Rikkidioksidipäästöt Uudellamaalla kunnittain vuonna 2007 (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä).

Figur 10. Svaveldioxidutsläpp i Nylands kommuner år 2007 (Miljöförvaltnings Hertta-databas).



Kuva 11. Typhen oksidien päästöt Uudellamaalla kunnittain vuonna 2007 (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä)

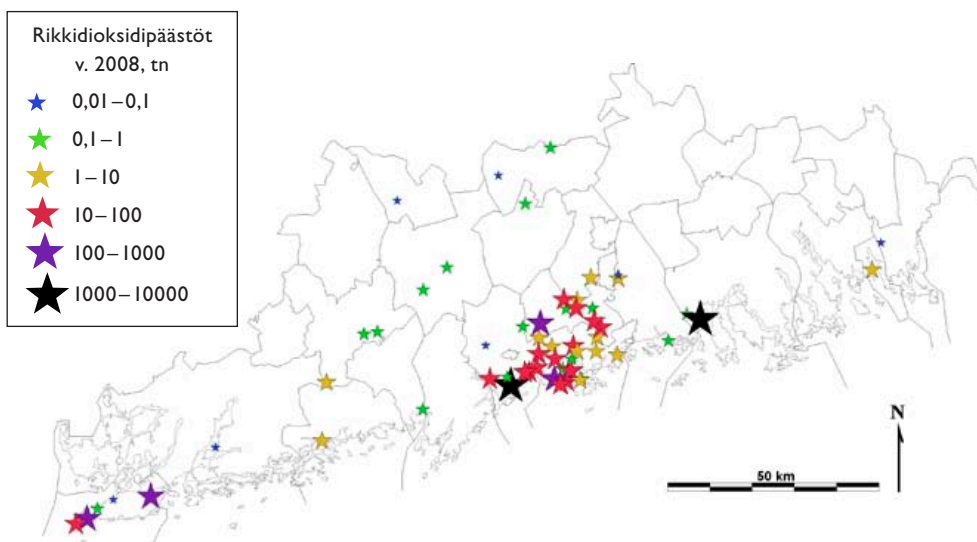
Figur 11. Utsläpp av kväve oxider i Nylands kommuner år 2007 (Miljöförvaltnings Hertta-databas).



Kuva 12. Hiukkaspäästöt Uudellamaalla kunnittain vuonna 2007 (Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä.)

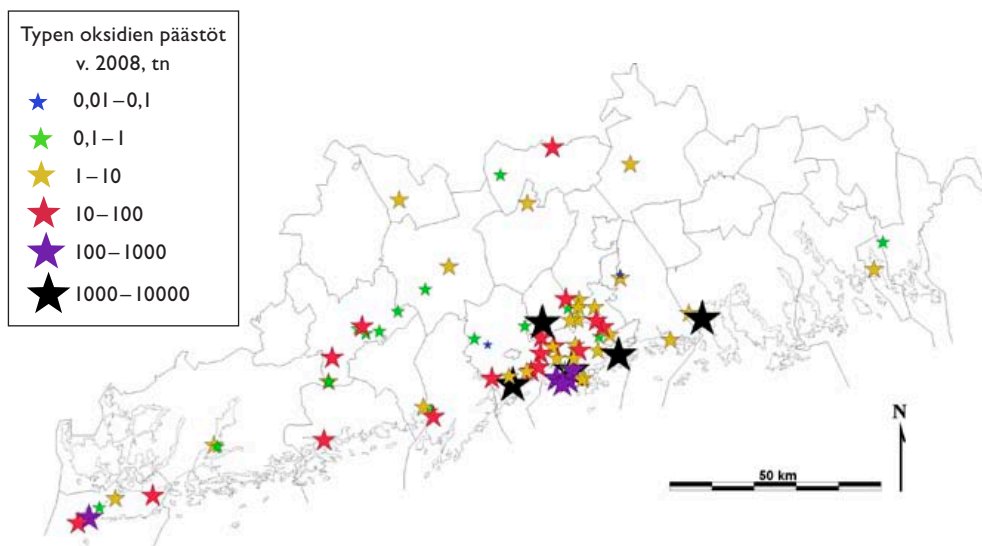
Figur 12. Partikelutsläpp i Nylands kommuner år 2007 (Miljöförvaltnings Hertta-databas).

Kuvissa 13–15 on esitetty lupavelvollisten laitosten päästöt laitoksittain vuonna 2008. Suurimmat lupavelvolliset pistemäiset päästölähteet sijaitsivat pääkaupunki-seudulla Helsingissä, Vantaalla ja Espoossa. Myös Hangossa, Lohjalla ja Porvoossa sijaitsi suuria pistemäisiä rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästölähteitä. Yksittäisiä suurehkoja hiukkasten ja typen oksidien päästölähteitä oli myös Hyvinkään ja Kirkkonummen kuntien alueella.



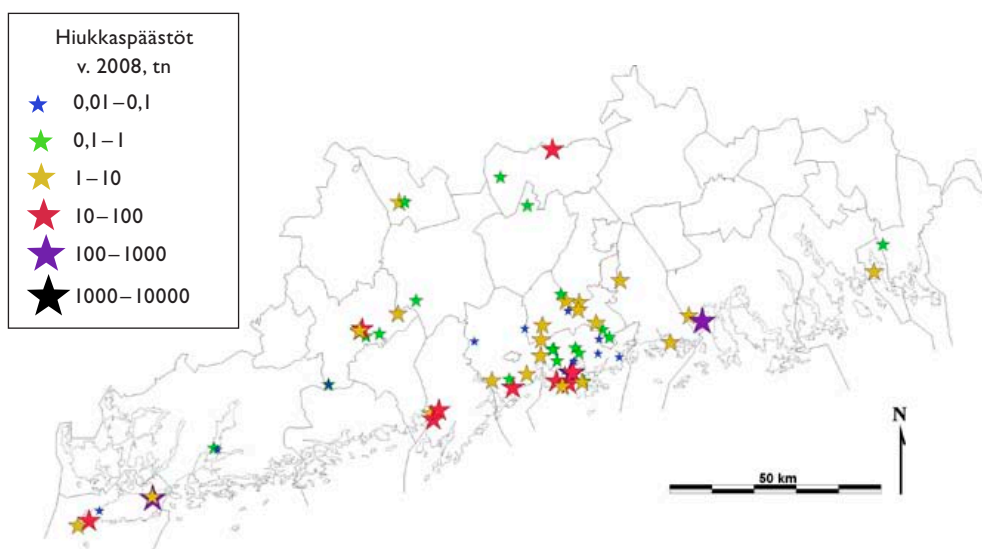
Kuva 13. Lupavelvollisten laitosten rikkidioksidipäästöt vuonna 2008 (Kousa 2009, Lehikoinen 2009a).

Figur 13. Svavelutsläpp av anmälningsskyldiga anläggningar år 2008 (Kousa 2009, Lehikoinen 2009a).



Kuva 14. Lupavelvollisten laitosten typen oksidien päästöt vuonna 2008 (Kousa 2009, Lehtikoinen 2009a).

Figur 14. Utsläpp av kväve oxider av anmälningskyldiga anläggningar år 2008 (Kousa 2009, Lehtikoinen 2009a).



Kuva 15. Lupavelvollisten laitosten hiukkaspäästöt vuonna 2008 (Kousa 2009, Lehtikoinen 2009a).

Figur 15. Partikelutsläpp av anmälningskyldiga anläggningar år 2008 (Kousa 2009, Lehtikoinen 2009a).

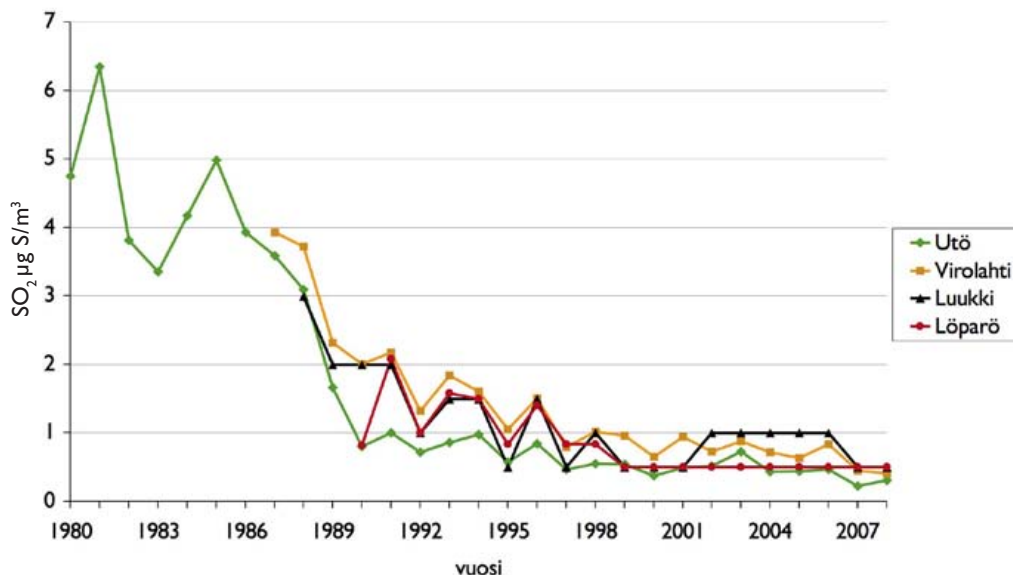
2.2.2

Ilmanlaatu tausta-aseilla

Kuvissa 16 ja 17 on esitetty kaasujen pitoisuuksia ilmassa Ilmatieteen laitoksen ylläpitämällä Utön ja Virolahden valtakunnallisilla tausta-aseilla, Espoon Luukin pääkaupunkiseudun tausta-aseilla ja Porvoon Löparön tausta-aseilla. Kuvissa 18–20 on esitetty rikin ja typen vuosilaskeumia samoilla asemilla. Lähes kaikkien merkittävimpien ilman epäpuhtauksien pitoisuudet tausta-aseilla ovat vähentyneet 1980-luvun alusta lähtien tarkasteltuna voimakkaasti. Pitkäaikaisissa mittauksissa näkyy erityisen selkeästi rikin yhdisteiden pitoisuuksien ja laskeuman pieneneminen viimeisten vuosikymmenien aikana. Ilman epäpuhtauksien vähentyminen on jatkunut vielä 1990-luvulla, vaikkakin hitaammin Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa (Kulmala ym. 1998).

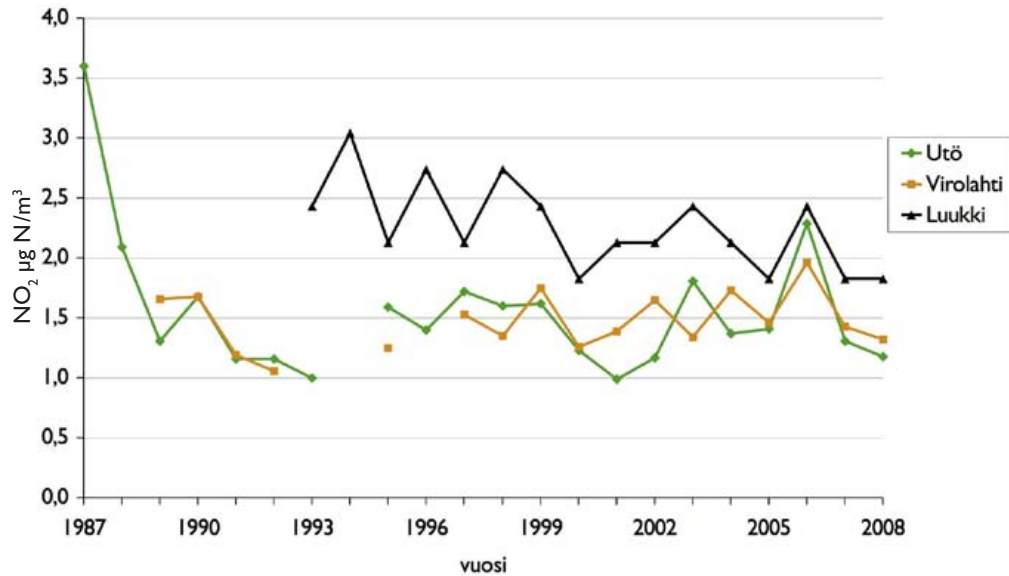
Rikkidioksidin pitoisuus ilmassa on vähentynyt 1990- ja 2000-luvuilla sekä valtakunnallisilla tausta-aseilla että paikallisilla Luukin ja Löparön tausta-aseilla. Löparön tausta-aseilla rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin Utön ja Virolahden asemilla, mutta Espoon Luukin asemalla rikkidioksidipitoisuudet ovat 2000-luvulla olleet hieman korkeammalla tasolla kuin valtakunnallisilla tausta-aseilla (kuva 16).

Ilmatieteen laitoksen kaasumaisen typpidioksidin pitoisuuksien aikasarjat ovat katkonaisia mittauksissa esiintyneiden vaikeuksien vuoksi. Typpidioksidipitoisuuksien aikasarjassa ei ole havaittavissa selkeää laskusuuntausta, vaan pitoisuudet ovat vaihdelleet aaltomaisesti. Sekä Utön että Virolahden asemalla mitatut typpipitoisuudet ovat olleet suurimmillaan vuonna 2006, mutta ovat tämän jälkeen alkaneet laskea. Luukin tausta-aseaman typpidioksidin pitoisuudet ovat olleet jonkin verran suuremmat kuin Utössä ja Virolahdella (kuva 17).



Kuva 16. Rikkidioksidin pitoisuus rikkinä ($\mu\text{g S}/\text{m}^3$) ilmassa Utön, Virolahden, Luukin ja Löparön mittausasemilla vuosina 1980–2008, vuosikeskiarvot (Lehikoinen 2009b, Niemi 2009, Salmi 2009).

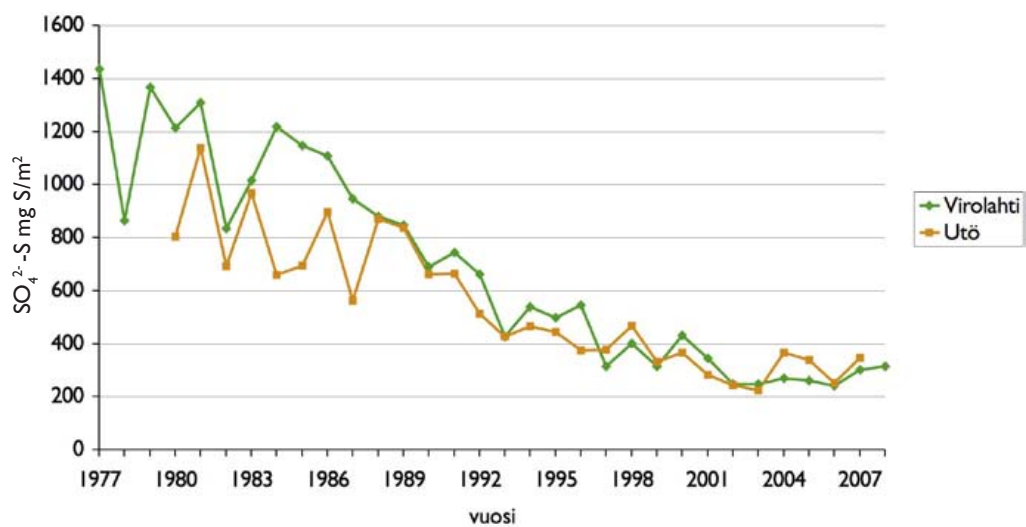
Figur 16. Halten av svaveldioxid som svavel ($\mu\text{g S}/\text{m}^3$) i luften, årsmedeltalet vid mätningstationer i Utö, Vederlax, Luk och Löparö åren 1980–2008 (Lehikoinen 2009b, Niemi 2009, Salmi 2009).



Kuva 17. Typpidioksidin pitoisuus typpinä ($\mu\text{g N/m}^3$) ilmassa, vuosikeskiarvot Utön, Virolahden ja Espoon Luukin mittausasemilla vuosina 1987–2008. (Niemi 2009, Salmi 2009.)

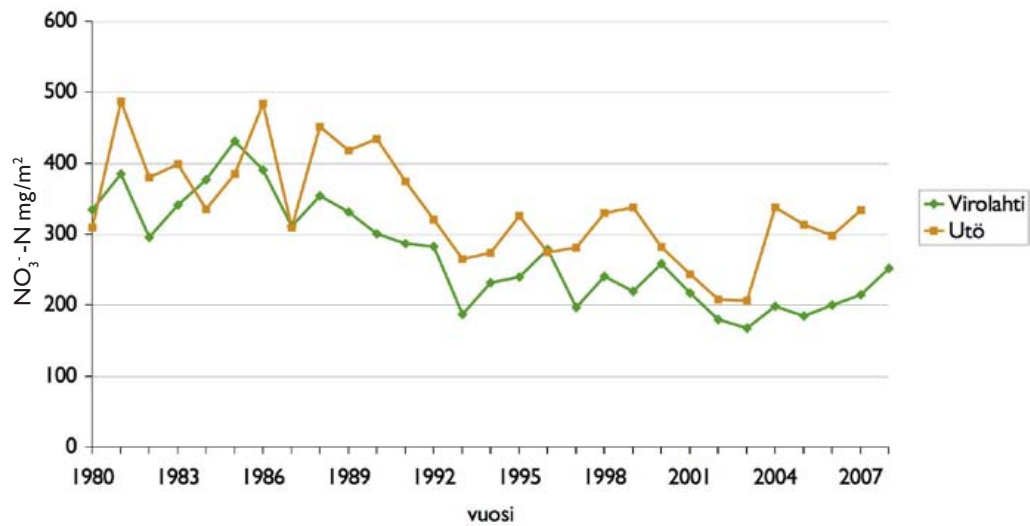
Figur 17. Halten av kväveoxider som kväve ($\mu\text{g N/m}^3$) i luften, årsmedeltalet vid mätningstationer i Utö, Vederlax och Luk åren 1980–2008 (Niemi 2009, Salmi 2009).

Sulfaattirikin vuosilaskeumassa on ollut selvä laskeva trendi 2000-luvulle saakka ja laskeumat ovat 1980-lukua lukuun ottamatta olleet samaa suuruusluokkaa Utön ja Virolahden tausta-aseilla. 2000-luvulla sulfaattirikin vuosilaskeuman laskeva trendi on tasoittunut, ja laskeumat ovat jopa hieman kasvaneet viimeisinä tarkastelu vuosina. Myös nitraatti- ja ammoniumtyypen vuosilaskeumissa on havaittavissa laskeva trendi 2000-luvun alkupuoliskolle saakka sekä Utön että Virolahden tausta-aseilla. Nitraattityypen vuosilaskeumat ovat olleet suurempia Utön tausta-aseilla kuin Virolahdella. Myös nitraattityypen vuosilaskeumat ovat alkaneet kasvaa molemmilla tausta-aseilla vuodesta 2003 lähtien. Ammoniumtyypen vuosilaskeuma on pysytellyt Utössä ja Virolahdella melko samalla tasolla koko 2000-luvun jälkipuoliskon ajan. (Kuvat 18–20.)



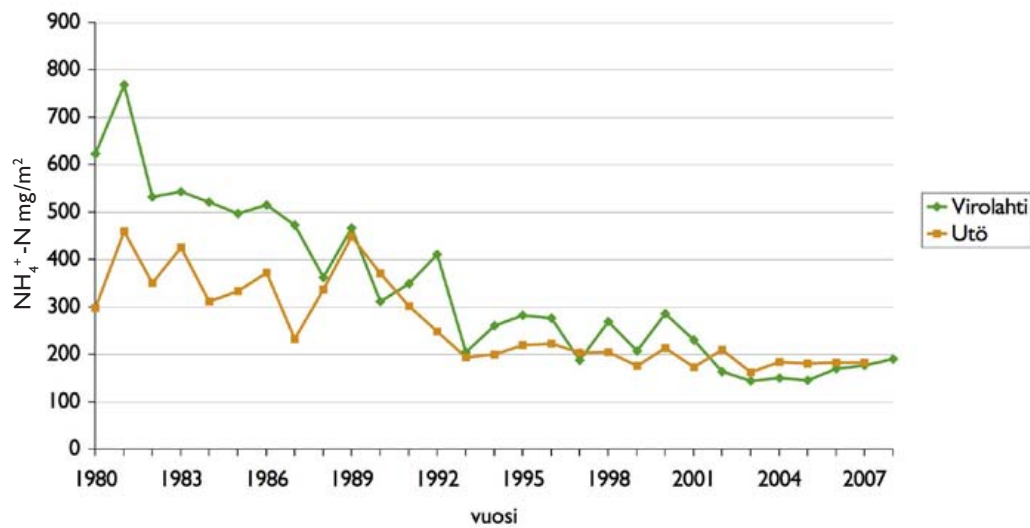
Kuva 18. Sulfaattirikin vuosilaskeumat ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S mg/m}^2$) Virolahden ja Utön mittausasemilla vuosina 1977–2008. (Salmi 2009.)

Figur 18. Det årliga nedfallet av sulfatsvavel ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S mg/m}^2$) vid mätningstationer i Vederlax och Utö åren 1977–2008 (Salmi 2009).



Kuva 19. Nitraattitypen vuosilaskeumat (NO_3^- -N mg/m^2) Virolahden ja Utön mittausasemilla vuosina 1977–2008. (Salmi 2009.)

Figur 19. Det årliga nedfallet av nitratkväve (NO_3^- -N mg/m^2) vid mätningstationer i Vederlax och Utö åren 1977–2008 (Salmi 2009).



Kuva 20. Ammoniumitypen vuosilaskeumat (NH_4^+ -N mg/m^2) Virolahden ja Utön mittausasemilla vuosina 1977–2008. (Salmi 2009.)

Figur 20. Det årliga nedfallet av ammoniumkväve (NH_4^+ -N mg/m^2) vid mätningstationer i Vederlax och Utö åren 1977–2008 (Salmi 2009).



3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

3.1

Havaintoalat

Tutkimus tehtiin 776 havaintoalalla. Jäkälälajisto arvioitiin kymmeneltä puulta. Kartoitukseen pyrittiin tekemään samoilla havaintoaloilla ja -puilla kuin aiemmilla seuranta-kierroksilla, mutta maankäytön muutosten vuoksi uutena perustettiin 88 alaa. Osalla aloista yksi tai useampia havaintopuita vaihtui. Kaikki muutokset kirjattiin, ja ne huomioitiin vuosien välisiä tuloksia vertailtaessa. (Kuva 21 ja taulukko 2.)

Tutkimusalat luokiteltiin taajama- ja tausta-aloihin Uudenmaan bioindikaattori-seurannan tarkkailuohjelman (Airola ja Soininen 2000) mukaisesti. Luokittelua kuitenkin tarkistettiin maankäyttötietojen perusteella, ja osalla aloista luokitus muuttui. Aloista 220 (28 %) luokiteltiin taajama-aloiksi, ja loput 556 (72 %) tausta-aloiksi. (Kuva 22)

Näytealan sijainti määritettiin GPS-laitteella, ja kustakin havaintoalasta täytettiin taustatietolomake, johon merkittiin alan etsintäohje ja puiden sijainti. Havaintoalan metsätyyppi, puuston kehitysluokka sekä ikä ja pituus ja valtalajien pohjapinta-alat sekä havaintoalan topografia kirjattiin ylös. Lisäksi havaintoalan soveltuvuus luokiteltiin käyttäen asteikkoa hyvä-kohtalainen-huono. Havaintoalan soveltuvuus on havainnoitsijan subjektiivinen arvio havaintoalan soveltuvuudesta bioindikaattoritutkimukseen, ja sitä arvioitaessa huomioidaan jäkäläkartoitukseen käytettävää metsikköä koskevat kriteerit. Pohjapinta-alat määritettiin relaskoopin avulla, ja puuston ikä ja pituus määritettiin silmämääräisesti. Havaintoaloista otettiin lisäksi valokuvia.

Uudet alat perustettiin lähimmälle jäkäläkartoitukseen soveltuvalla paikalla. Kriteerit jäkäläkartoituksessa käytettävälle metsikölle on esitetty standardissa SFS 5670. Näistä tärkeimpiä ovat metsikön ikä, puuston tiheys sekä aluskasvillisuuden esiintyminen. Valintakriteerien suhteen optimaaliset havaintoalat sijaitsevat kuivahkoilla tai kuivilla kankailla, joilla aluskasvillisuus on matalaa ja metsä melko harvaa. Havaintoalojen valinnalla pyritään eliminoimaan luontaiset jäkälälajiston koostumukseen sekä vaurioihin vaikuttavat mikroilmastolliset tekijät, joista tärkein on valoisuuden ja varjoisuuden suhde. Uusia tutkimusmetsiköitä valittaessa pyritään lisäksi välttämään reunavaikutusta tai esim. suppia ja paisterinteitä, joissa vallitsee poikkeava mikroilmasto. Myös hiljattain käsiteltyjä, esim. kolmen edellisen vuoden aikana harvennettuja metsiköitä vältettiin. Havaintopuut valittiin siten, että ne olivat läpimitaltaan vähintään 20 cm, ja kolmen metrin korkeudelle oksattomia. Pensaiden tai taimien ympäröimiä puita tai hyvin lähellä toisia puita kasvavia puita ei hyväksytty mukaan kartoitukseen.

Tutkimusmetsiköistä 49 % sijaitsi kuivahkoilla puolukkatyypin (VT) kankailla. 35 % sijaitsi tuoreilla mustikkatyypin (MT) kankailla. Kuivilla kanervatyypin (CT) kankailla sijaitsi 13 % aloista, ja jäkälätyypin (CIT) karukkokankailla, käenkaali-mustikkatyypin lehtomaisilla kankailla ja muuksi luokitelluilla metsätyypeillä sijaitsi kullakin 1 % havaintoaloista. Muutamalla alalla valtalajina oli kuusi, mutta pääsääntöisesti valtalaji oli mänty. Toinen valtalaji oli useimmiten kuusi tai koi-vu. Näiden lisäksi tutkimusaloilla havaittiin toisina tai kolmansina valtapuulajina yksittäisillä aloilla haapaa, pihlajaa, raitaa, pajuja, tervaleppää, vaahteraa, lehtikuusta, katajaa, jalavaa ja harmaaleppää. (Taulukko 3.)

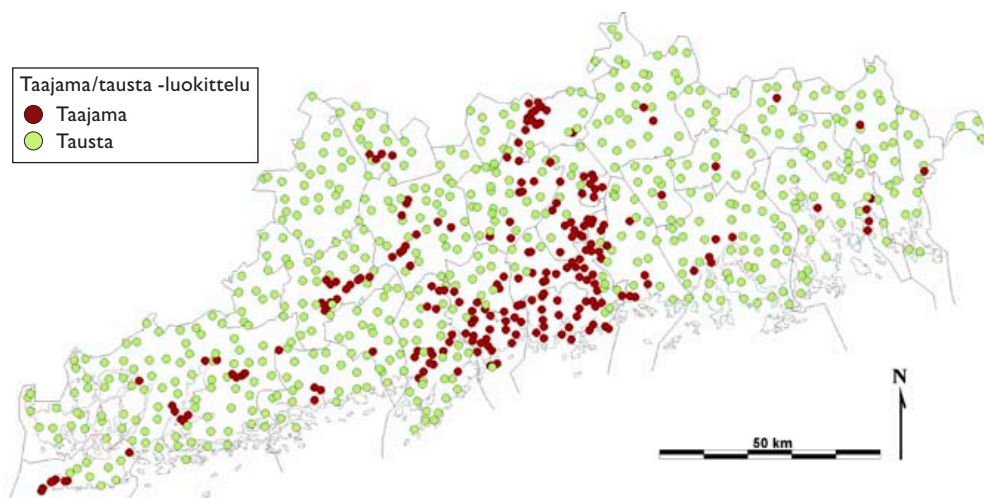
Puusto oli keskimäärin 94-vuotiaasta ja pituudeltaan 17-metristä. Puuston keskimääräinen pohjapinta-ala oli 19 m² ja puiden keskimääräinen läpimitta 31 cm.



Kuva 21. Tutkimusalojen sijainti.
Figur 21. Provytornas läge.

Taulukko 2. Havaintoalojen lukumäärä kunnittain sekä uutena perustettujen havaintoalojen määrät.
Tabell 2. Antal provytor kommunvist.

Kunta	Aloja	Uusia	Kunta	Aloja	Uusia
Askola	11	2	Myrskylä	12	2
Espoo	44	2	Mäntsälä	33	5
Hanko	16	2	Nummi-Pusula	31	9
Helsinki	24	1	Nurmijärvi	34	5
Hyvinkää	31	4	Pernaja	25	2
Inkoo	25	3	Pornainen	9	0
Järvenpää	8	2	Porvoo	49	4
Karjalohja	9	1	Pukkila	7	0
Karkkila	19	4	Raasepori	101	8
Kauniainen	1	0	Ruotsinpyhtää	18	4
Kerava	6	1	Sipoo	23	1
Kirkkonummi	47	3	Siuntio	18	1
Lapinjärvi	22	7	Tuusula	20	4
Liljendal	7	2	Vantaa	33	2
Lohja	40	2	Vihti	45	5
Loviisa	8	0	32 kuntaa	776	88



Kuva 22. Taajama- ja tausta-ajat.
Figur 22. Provytor i tätorter och bakgrundsområden.

Taulukko 3. Mäntyhavaintoaloja kuvaavia tunnuksia.
 Tabell 3. Kännetecken för provytor.

Tunnus		Kpl	%
Metsätyyppi	OMT	10	1 %
	MT	273	35 %
	VT	378	49 %
	CT	97	13 %
	CIT	7	1 %
	muu	11	1 %
Valtapuiden pituus (m)	< 10	7	1 %
	10–15	153	20 %
	15–20	386	50 %
	20–25	190	24 %
	> 25	31	4 %
1. valtalaji	mänty	762	98 %
	kuusi	14	2 %
2. valtalaji	mänty	14	2 %
	kuusi	459	59 %
	koivu	186	24 %
	haapa	7	1 %
	pihlaja	6	1 %
	raita	3	0 %
	tervaleppä	1	0 %
	vaahtera	1	0 %
	–	99	13 %

Tunnus		Kpl	%
Puuston pohjapinta-ala (m ² /ha)	< 10	21	3 %
	10–15	113	15 %
	15–20	261	34 %
	20–25	240	31 %
	25–30	104	13 %
	> 30	36	5 %
Havainto- puiden hakaisija	< 25	627	8 %
	25–30	2546	33 %
	30–35	2481	32 %
	35–40	1460	19 %
	> 40	646	8 %
Kehitysluokka	Nuori	1	0 %
	Varttunut	97	13 %
	Kypsä	676	87 %
Puuston ikä	< 60	1	0 %
	60–80	48	6 %
	80–100	464	60 %
	100–120	187	24 %
	> 120	72	9 %

3.2

Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta

Jäkäläkartoitus tehtiin 14.4.2009–14.7.2009 välisenä aikana. Maastotöihin osallistuivat Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen tutkijat Irene Huuskonen (YTM) ja Emmi Lehkonen (FM), tutkimusteknikot Tuomo Ellonen (LuK) ja Tero Matilainen (FM) sekä tutkimusavustajat Tiina Kananaja (FM) ja Lari-Matti Lankinen (ymp.hoitaja). Maastotyöt aloitettiin läntiseltä Uudeltamaalta, josta edettiin kohti itää.



Havupuiden epifyyttijäkälien kartoittaminen

Tässä tutkimuksessa indikaattorilajeina käytettiin standardin SFS 5670 mukaisesti 12 männyillä yleisesti kasvavaa jäkälälajia (taulukot 4 ja 5). Jäkälät koostuvat symbioosissa elävistä lehtivihreättömästä sieniosakkaasta ja yhteyttävästä leväosakkaasta. Ne menestyvät hyvin niukkaravinteisessa ja kuivassa elinympäristössä, missä korkeammat kasvit eivät selviä. Jäkälät kasvavat löyhärakenteisina sekovarsina ilman suojaavia pintasolukerroksia ja ilmarakoja ottaen ravinteensa ja vetensä suoraan ilmasta, sadevedestä tai runkovalunnasta. Tämä tekee jäkälät hyvin herkiksi ilman epäpuhtauksien vaikutuksille. Altistus tapahtuu pääasiassa siten, että epäpuhtaudet kiinnittyvät sieniosakkaan soluseinämiä proteiineihin. Talviaikaankaan, jolloin ilmassa on yleensä enemmän epäpuhtauksia, runkojäkälät eivät ole lumikerroksen suojaamia, ja leudommilla säillä niiden solutoiminta voi aktivoitua.

Jäkälät ilmentävät ilman epäpuhtauksien vaikutuksia yksilökohtaisesti silmin havaittavina morfologisina tai kemiallisina muutoksina, peittävyysmuutoksina ja jäkäläyhteisöjen lajikoostumuksen muutoksina (Lodenius ym. 2002). Jäkälälajit reagoivat ilman epäpuhtauksiin eri tavoin. Ensimmäisenä ne vaikuttavat herkkiin lajeihin, joiden peittävyys puiden rungoilla pienenevät, kunnes laji ei enää pysty menestymään kasvupaikallaan. Tällöin kestävämmät lajit saattavat vallata vapautunutta elintilaa. Eräät lajit myös hyötyvät kuormituksesta. Taulukossa 4 on luokiteltu indikaattorilajit herkkyytensä mukaan neljään luokkaan. Tietyn lajin esiintymiseen vaikuttavat lajin saasteherkkyyden lisäksi myös luontaiset ympäristöolosuhteet, jonka vuoksi eri lajien indikaattoriarvot ovat erilaisia, toiset lajit esim. suosivat merenrantoja, toiset valoisia ja kuivia metsiköitä, toiset sulkeutuneempia metsiköitä, toiset nuorempia puita ja toiset vanhempia. Lajien erityispiirteitä sekä niiden indikaattoriarvot on kuvattu taulukossa 5.

Sormipaisukarve on erityisen hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori, sillä se kestää hyvin suuriakin saastepitoisuuksia, mutta indikoi niitä morfologisilla muutoksilla, joita arvioidaan vaurioasteen avulla. On myös esitetty, että sormipaisukarve saattaisi hyötyä ilman epäpuhtauksista tiettyyn kuormitustasoon asti (Anttonen 1990). Kuormitustason kasvaessa sormipaisukarve voi vahvana kilpailijana vallata kasvualaa muilta lajeilta, mikä näkyy lajin peittävyysmuutoksena lievässä kuormitustasossa. Kuitenkin sormipaisukarvekin kestää kuormitusta vain tiettyyn pisteeseen asti, jonka jälkeen sen vauriot pahenevat ja peittävyys pienenee (vrt. esim. Niskanen ym. 2003a ja Niskanen ym. 1996).

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamat muutokset jäkälissä ja jäkälälajistossa voivat ilmetä nopeasti etenkin suurissa pitoisuuksissa. Usein vaikutukset näkyvät vielä vuosienkin päästä kuormituksen vähennyttyä, koska jäkälät ovat hyvin hidaskasvuisia ja vaikutukset saattavat välittyä niihin myös kasvualustan muutosten kautta (Jussila ym. 1999.). Tärkein jäkälisiin vaikuttava ilman epäpuhtaus on rikkidioksidi, mutta myös typpiyhdisteillä on vaikutusta, samoin alkalisilla päästöillä, jotka muuttavat erityisesti havupuulla kasvavien jäkälien normaalisti hapanta kasvualustaa emäksisemmäksi.

Morfologisenä muutoksena tässä tutkimuksessa arvioitiin sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioastetta sekä yleistä vaurioastetta. Jäkäläyhteisöjen lajikoostumuksen muutoksia arvioitiin lajilukumäärän ja IAP-indeksin avulla. Peittävyys arvioitiin kahden lajin osalta pistefrekvenssimenetelmällä.

Taulukko 4. Tutkitut jäkälälajit ja niiden herkkyudet rikkidioksidille (Kuusinen ym. 1990).
 Tabell 4. De undersökta lavarterna och deras känslighet mot svaveldioxid (Kuusinen m.m. 1990).

Herkkyys	Laji (tiet.)	Laji (suom.)
kestävä, hyötyvä	Algae + Scoliciosporum	leväpeite
	Hypocnomyce scalaris	seinäsuomujäkälä
melko kestävä	Hypogymnia physodes	sormipaisukarve
	Parmeliopsis ambigua	keltatyvikarve
	Cetraria chlorophylla	ruskoröyhelö
	Vulpicida pinastri	keltaröyhelö
melko herkkä	Parmeliopsis hyperopta	harmaa tyvikarve
	Parmeliopsis aleurites	kalpea tyvikarve
	Platismatia glauca	harmaaröyhelö
	Pseudevernia furfuracea	hankakarve
	Parmelia sulcata	raidanisokarve
herkkä	Bryoria sp.	lupot
	Usnea sp.	naavat

Taulukko 5. Standardin SFS 5670 mukaiset jäkälälajit ilmanlaadun indikaattoreina. Indikaattoriarvon luokitus: +++ hyvä, ++ kohtalainen, + pieni, - huono. Seuralaislajien lukumäärät on laskettu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan vuoden 2000 bioindikaattoritutkimuksen aineistosta (Niskanen ym. 2001).

Tabell 5. Lavarter enligt standarden SFS 5670 som indikatorer på luftkvaliteten. Klassificering av indikatorvärde: +++ god, ++ måttlig, + låg, - dålig. Mängden av åtföljande arter har beräknats på basen av materialet från bioindikatorstudien i Nyland år 2000 (Niskanen m.m. 2001).



SORMIPAISUKARVE (*Hypogymnia physodes*) +++

Sormipaisukarve on käytetyistä indikaattorilajeista kestävin ja yleisin laji, joka sietää eniten ilman epäpuhtauksia. Sormipaisukarpeen esiintymisfrekvenssit eli peittävyys pienentyvät vasta voimakkaasti kuormitetuilla alueilla. Sormipaisukarve on hyvä ilmanlaadun indikaattori, sillä myös sekovarren näkyvät vauriot kuvastavat ilman epäpuhtauksien kuormitusta. Seuralaislajien lukumäärä 3,93.



KELTATYVIKARVE (*Parmeliopsis ambigua*) +++

Keltatyvikarve sietää myös hyvin ilman epäpuhtauksia ja sen esiintymisfrekvenssit noudattavat ilman epäpuhtauksien kuormitus-vyöhykeitä. Keltatyvikarve viihtyy parhaiten sulkeutuneissa kosteissa metsissä (Pihlström & Myllyvirta 1995). Keltatyvikarvetta esiintyy hyvin yleisesti, ja se on ilman epäpuhtauksia kestävä, hyvä indikaattorilaji. Seuralaislajien lukumäärä 4,02.



TUHKAKARVE JA HARMAATYVIKARVE (*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 valoisa kalliomänniköitä. Seuralaislajien lukumäärä 4,49.



SEINÄSUOMUJÄKÄLÄ (*Hypocenomyce scalaris*) ++

Seinäsuomujäkälää kasvaa luontaisesti vanhojen mäntyjen rungoilla. Se pystyy myös käyttämään hyväkseen ilmassa olevia epäpuhtauksia ja sen esiintyminen lisääntyy ilman saasteiden kuormituksen lisääntyessä. Seinäsuomujäkälä on kohtalaisen hyvä ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori eli sen esiintyminen kuvastaa lähinnä typpi-laskeuman rehevöittävää vaikutusta. Seuralaislajien lukumäärä 4,84.



LUPOT (*Bryoria* sp.) +++

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



NAAVAT (*Usnea* sp.) +++

Naavojen esiintymisfrekvenssit vaihtelevat ilmansaastekuormituksen mukaan yleensä samalla tavalla kuin lupoilakin. Naavojen seuralaislajien määrä on yleensä melko suuri kuten lupoilakin, mikä osoittaa näiden jäkälälajien herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Naavojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavana tunnuksena. Rannikon läheisyys suosii naavojen esiintymistä. Seuralaislajien lukumäärä 5,12.



HARMAARÖYHELÖ (*Platismatia glauca*) ++

Harmaaröyhelö on seuralaislajien 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.



KELTARÖYHELÖ (*Vulpicida pinastri*) +

Keltaröyhelön esiintyminen on usein varsin satunnaista, sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuilta alueita ja toisaalta se saattaa puuttua tausta-alueilta. 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.



RUSKORÖYHELÖ (*Cetraria chlorophylla*) –

Ruskoröyhelö on yleensä 12 indikaattorilajin joukossa yksi harvimmista lajeista. Sen esiintyminen vaihtelee usein hyvin satunnaisesti ja sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuiltakin alueilta. Ilmanlaadun indikaattorina ruskoröyhelö on huono. Seuralaislajien lukumäärä 5,10.



HANKAKARVE (*Pseudevernia furfuracea*) ++

Hankakarve on hyvin yleinen jäkälälaji männyn rungolla. Keskimääräisen seuralaislajien määrän perusteella hankakarpeen voidaan katsoa olevan herkkä ilman epäpuhtauksille, ja myös sen esiintymisfrekvenssien alueellinen jakauma vastaa yleensä ilman epäpuhtauksien kuormituksen jakaumaa. Ilmansaasteet aiheuttavat selvästi havaittavia muutoksia hankakarpeen sekovarressa. Rannikon läheisyys suosii hankakarpeen esiintymistä, sillä se viihtyy valoisissa, kuivissa kalliomänniköissä. Indikaattorina se on kohtalainen. Seuralaislajien lukumäärä 4,41.



RAIDANISOKARVE (*Parmelia sulcata*) +

Raidanisokarve on harvinainen männyn rungolla esiintyvä jäkälälaji. Raidanisokarve on ravinteisuudesta 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.



VIHERLEVÄ JA VIHERSUKKULAJÄKÄLÄ (*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.

Mäntyjen rungoilta tutkittiin 12 jäkälälajin esiintyminen standardin SFS 5670 mukaan kuitenkin laajentaen standardinmukaista menetelmää siten, että kunkin lajin runsaus arvioitiin kolmeasteisella luokituksella (taulukko 6). Kullakin havaintoalalla oli 10 tutkimuspuuta, joiden jäkälälajisto arvioitiin 50–200 cm:n korkeudelta. Sormipaisukarpeen vaurioaste ja yleinen vaurioaste arvioitiin viisiasteisella luokituksella puolen vaurioluokan tarkkuudella (taulukot 7 ja 8, kuva 23). Yleisessä vaurioasteessa eritellään kasvutavaltaan pensasmaisiksi lupot, naavat ja hankakarve, loput lajit ovat lehtimäisiä. Sormipaisukarpeen ja luppojen (*Bryoria sp.*) esiintymisfrekvenssit laskettiin sapluunaruudukolta 1,2 m:n korkeudelta itä-koillisesta ja länsi-lounaasta. Esiintymisfrekvensseistä laskettiin kullekin puulle näiden lajien suhteellinen peittävyys.

Taulukko 6. Jäkälän runsauden luokittelu. Leväpeite (*Algae & Scoliciosporum*) ja seinäsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*) on luokiteltu peittävyysasteena (%), muut lajit sekovarsien lukumäärän perusteella.

Tabell 6. Klassificering av lavarnas riklighet. Algtäcket (*Algae & Scoliciosporum*) och flarnlaven (*Hypocenomyce scalaris*) är klassificerade enligt täckningsgrad (%), andra arter på basen av antalet bålflökar.

Luokka	Sekovarsien määrä, kpl	Peittävyys, %
1	1 – 2	< 5
2	2 – 7	5 – 49
3	> 7	≥ 50

Taulukko 7. Sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioluokitus (SFS 5670).
 Tabell 7. Skadeklassificering (SFS 5670) för blåslaven (*Hypogymnia physodes*).

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



Kuva 23. Sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioluokitus.
 Figur 23. Skadeklassificering (SFS 5670) för blåslaven (*Hypogymnia physodes*).

Taulukko 8. Yleinen vaurioluokitus (SFS 5670).
 Tabell 8. Allmän skadeklassificering (SFS 5670).

Yleinen vaurioluokitus	Näkyvät muutokset
I normaali	kaikkien lajien ulkonäkö ja kasvu muuttumattomia
II lievä vaurio	pensasmaiset kitukasvuisia, lehtimäiset normaaleja
III selvä vaurio	pensasmaiset pieniä, lehtimäiset vaurioituneita
IV paha vaurio	pensasmaiset puuttuvat, lehtimäiset pahoin vaurioituneita
V kuolleet tai puuttuvat	myös lehtimäiset puuttuvat, leväpeitettä voi esiintyä

Kullekin havaintopaikalle laskettiin havaintopaikan jäkäläkasvillisuutta kuvaava IAP-indeksi (Index of Atmospheric Purity, ilmanpuhtausindeksi) (LeBlanc ja DeSloover 1970). IAP-indeksillä voidaan esittää eri jäkälälajien esiintymisfrekvenssit yhtenä lukuarvona, jossa on otettu huomioon eri lajien herkkyydet ilman epäpuhtauksille. Korkea indeksiarvo kertoo runsaasta jäkälälajistosta ja siten hyvästä ilmanlaadusta, matalan indeksin arvon saavat puolestaan lajistoltaan köyhtyneet havaintoalat (taulukko 9). Indeksillä laskettiin kullekin havaintoalalle seuraavasti:

$$IAP = \sum_{1}^{n} (Q * f) / 10$$

Q = kunkin jäkälälajin keskimääräinen seuralajien lukumäärä (ks. taulukko 5)
 f = lajin suhteellinen esiintymisfrekvenssi näytealalla (0–1)
 n = jäkälälajien lukumäärä (10)

IAP-indeksi on laskettu käyttäen kymmentä standardin SFS 5670 mukaista indikaattorilajia. Laskennasta on jätetty pois seinäsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*) ja levät sekä vihersukkulajäkälä (*Algae ja Scoliciosporum sp.*), jotka hyötyvät kuormituksesta.

Laskennassa käytetyt seuralaislajien lukumäärät poikkeavat toisistaan eri tutkimuksissa, jolloin niiden vertailu IAP-indeksin osalta on usein mahdotonta. Tässä selvityksessä käytetyt seuralaislajien lukumäärät (taulukko 5) on laskettu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan vuoden 2000 bioindikaattoritutkimuksen 6230 mäntyä käsittävästä aineistosta (Niskanen ym. 2001). Kunkin lajin seuralaislajien määrissä seinäsuomujäkälä, levä sekä vihersukkulajäkälä on huomioitu.

Taulukko 9. Jäkälälajiston luokitus IAP-indeksin perusteella.

Tabell 9. Klassificering av lavförekomen på basen av IAP-indexet.

IAP-indeksi	Kuvaus jäkäläkasvillisuudesta
> 3	Luonnontilainen lajisto, mukana herkkiä jäkälälajeja
2–3	lajistossa on lieviä muutoksia, herkimpiä lajeja puuttuu yleisesti
1–2	lajisto on köyhtynyt, herkimpiä lajeja voi esiintyä yksittäisillä rungoilla
0,5–1	lajisto on erittäin selvästi köyhtynyt, herkimmat lajit puuttuvat yleisesti, rungoilla esiintyy yleisesti ilmaansaasteista hyötyviä lajeja
< 0,5	jäkäläautio tai lähes jäkäläautio

Kullekin tutkimuspuulle ja -alalle laskettiin ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lajimäärä. Ala- ja puukohtaisia lajimääriä laskettaessa ei huomioitu ilman epäpuhtauksista hyötyviä seinäsuomujäkälää sekä levää ja vihersukkulajäkälää, jolloin lajeja saattoi olla puuta tai alaa kohti enimmillään 10. Puhtailta tausta-alueilla havaitaan yleensä enemmän jäkälälajeja kuin kuormitetuilla alueilla. (Taulukko 10).

Taulukko 10. Jäkälälajiston luokitus lajilukumäärän perusteella.

Tabell 10. Klassificering av lavförekomen på basen av artmängden.

Lajilukumäärä	Lajiston kuvaus
0–1	Erittäin selvästi köyhtynyt
2–3	Selvästi köyhtynyt
4–5	Köyhtynyt
6–7	Lievästi köyhtynyt
≥ 8	Normaali jäkälälajisto

3.4

Jäkäläkartoituksen virhelähteet ja luotettavuus

Jäkäläkartoituksen tulosten luotettavuuteen vaikuttavat erityisesti kartoituksen tekijöiden lajintuntemus sekä kokemus bioindikaattoritutkimusten tekemisessä. Ainoastaan standardissa SFS 5670 esitettyjen 12 indikaattorilajin hallitseminen ei riitä, sillä lajintuntemuksen ollessa suppea voivat indikaattorilajit sekoittua muihin lajeihin. Ilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa lajien ulkonäköön huomattavia muutoksia, minkä vuoksi vain luonnontilaisten jäkäläien tunteminen ei ole taidollisesti riittävää.

Eri jäkälälajien esiintymisen kirjaaminen voi vaihdella eri arvioitsijoiden kesken. Leväpeitteen ja seinäsuomujäkälän kasvutavan vuoksi niiden havainnointi on erityisen hankalaa. Leväpeitettä voi esiintyä hyvinkin pieninä vihertävinä laikkuina. Seinäsuomujäkälä kasvaa yksittäisinä alle 1 mm:n kokoisina suomuina. Tämä suomu peite voi olla lähes yhtenäinen, selvästi havaittava peite kaarnalla, tai niukimmillaan lähes yksittäisiä suomuja. Tyvikarpeiden osalta on kirjattu esiintymiseksi vain selvästi erottuva sekoversi, ei kaarnan pinnalla oleva kellertävä tai vaalea jauhomainen kasvusto. Edellä esitettyjen syiden vuoksi näiden lajien havainnointiin

ja runsauden arviointiin liittyvät erityisen suuret virhelähteet, kun verrataan eri tutkijoiden tuloksia keskenään.

Subjektiviisiin arvioihin pohjautuva jäkälien näkyvien vaurioiden arviointi ja luokittelu aiheuttaa myös tutkijakohtaisia eroja jäkäläkartoituksen tuloksiin. Näiden virhelähteiden pienentämiseksi maastoryhmä koulutettiin ja arviointitasot saatiin samalle tasolle testien avulla ennen maastokauden alkua.

Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen selvityksessä (Polojärvi ym. 2005b) männyn epifyyttijäkälien ja sormipaisukarpeen vaurioiden havainnoinnin virhelähteistä todettiin, että arviot sormipaisukarpeen vaurioista eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi havainnoijien omien eivätkä eri havainnoijien arvioiden välillä. Havainnot ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärästä eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi havainnoijien omien havaintokertojen välillä, mutta eri havainnoijien välillä todettiin muutamia tilastollisesti merkitseviä eroja. Sormipaisukarpeen suhteellisissa peittävyyksissä todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja sekä havainnoijien omien että eri havainnoijien tekemien mittausten välillä, kuten myös leväpeitteen arvioinnissa. Jäkälähavainnoista leväpeitteen havainnointi osoittautui tarkkuudeltaan epävarmimmaksi. Arviot leväpeitteen esiintymisestä poikkesivat havaintoaloilla, joilla leväpeitettä esiintyi mäntyjen rungoilla hyvin pieninä vihertävinä laikkuina. Leväpeitteestä poiketen seinäsuomujäkälän havainnoinnissa ei eroja todettu. (Taulukko 11.)

Taulukko 11. Jäkälähavaintojen mittaustarkkuus 95 %:n luottamusvälillä.

Tabell 11. Lavobservationernas mättningsprecision med en 95 % konfidensintervall.

	Arviointitarkkuus	Ero tuloksissa
Sormipaisukarpeen vauriot		
Yhden havainnoijan arvioiden välinen vaihtelu	3–12 %	0,1–0,2 vaurioluokkaa
Usean havainnoijan välinen vaihtelu yhdellä havaintoalalla	10–16 %	0,2–0,4 vaurioluokkaa
Jäkälälajien lukumäärä		
Yhden havainnoijan arvioiden välinen vaihtelu	11–23 %	0,9–1,6 lajia
Usean havainnoijan välinen vaihtelu yhdellä havaintoalalla	0–5 %	0–0,9 lajia
Sormipaisukarpeen peittävyys		
Yhden havainnoijan arvioiden välinen vaihtelu	34–42 %	3,3–3,0 %-yks.
Usean havainnoijan välinen vaihtelu yhdellä havaintoalalla	11–22 %	0,7–4,9 %-yks.

Tutkijoiden välisiä eroja jäkäläkartoituksessa testattiin myös tässä tutkimuksessa kolmella havaintoalalla maastotöiden aikana touko-, kesä- ja heinäkuussa 2009. Kolme maastotyöryhmän jäsentä arvioivat kaikki testialat ja kaksi osallistui vain yhden alan arviointiin. Eri havainnoitsijoiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja sormipaisukarpeen vaurioiden arvioinnissa (Kruskall-Wallis $X^2=1,704$, $df=2$, $p=0,426$), sormipaisukarpeen peittävyys arvioinnissa (Kruskall-Wallis $X^2=1,429$, $df=2$, $p=0,489$), jäkälien lajilukumäärän havaitsemisessa (Kruskall-Wallis $X^2=0,475$, $df=2$, $p=0,788$) eikä levän havaitsemisessa (Kruskall-Wallis $X^2=1,639$, $df=2$, $p=0,441$).

Sormipaisukarpeen vaurioasteen arviointitarkkuus oli kesän 2009 testialoilla 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin $\pm 18,6$ % (± 0 –33,1 %) vastaten käytännössä keskimäärin 0,4 (± 0 –0,7) vaurioluokkaa. Sormipaisukarpeen peittävyys arviointitarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin $\pm 63,3$ % (± 0 –186,7 %), mikä vastasi keskimäärin 0–25,5 % prosenttiyksikön eroa suhteellisissa peittävyyksissä. Lajilukumäärän arviointitarkkuus oli 95 %:n luottamusvälillä keskimäärin $\pm 12,5$ % (± 0 –25,3 %) vastaten käytännössä keskimäärin 0,6 (± 0 –1,4) jäkälälajia.

Paikkatietomenetelmät

Paikkatietoaineistojen käsittelyssä, tuottamisessa ja visualisoinnissa hyödynnettiin MapInfo 8.0, MapViewer 5 sekä Surfer 8 -ohjelmistoja. Vyöhykekartat interpoloitiin kriging-menetelmällä. Kriging-menetelmä laskee tuntemattomalle pisteelle arvon painottamalla lähimpien tunnettujen pisteiden arvoja, mutta painotus ei perustu pelkästään pisteiden väliseen etäisyyteen ja ennustettuun sijaintiin, vaan myös tunnettujen pisteiden ja niiden arvojen spatiaaliseen järjestäytymiseen. Kriging-menetelmää käytettäessä huomioidaan spatiaalisen autokorrelaation vaikutus, eli mitä lähempänä alueet sijaitsevat toisiaan, sitä enemmän ne muistuttavat toisiaan jonkin ilmiön suhteen.

Vyöhykekarttoja tarkasteltaessa tulee huomioida, että interpolointitulokset on aina yleistys, jonka tarkkuuteen vaikuttaa ennen kaikkea tunnettujen pisteiden määrä ja tiheys. Näin ollen interpoloinnin tulosta voidaan pitää luotettavana niillä alueilla, joilla tunnettuja pisteitä (tutkimusaloja) on tiheässä, mutta harvan havaintoalaverkon alueilla interpoloinnin tulokseen tulee huomattavasti enemmän epävarmuuskijöitä. Kun havaintoalaverkosto on harva, yksittäisen havaintoalan tulos vaikuttaa laajempiin alueisiin kuin jos havaintoalaverkko olisi tiheä. Uudellamaalla havaintoalaverkosto on tulosten yleistettävyyden kannalta hyvä havaintoalojen hilaverkoston sijoittelun ansiosta.

Tilastomenetelmät

Tilastomenetelmien avulla pyrittiin saamaan tietoa ilmanlaatu- ja taustamuuttujien vaikutuksesta tutkittuihin jäkälämuuttujiin, jäkälämuuttujien välisestä yhteisvaihtelusta, tausta- ja taajama-alojen välisistä eroista sekä vuosien välisistä eroista (Partanen ja Veijola 1996). Taustamuuttujiksi otettiin havaintoaloilla tehdyt havainnot sekä eräitä ilmanlaatua ja päästöjä kuvaavia muuttujia. Ilmanlaatu- ja päästömuuttujiksi valittiin havaintoalojen etäisyys lähimpään lupavelvolliseen teollisuus- tai energialaitokseen sekä tämän lähimmän laitoksen päästömäärät rikkidioksidin, typen oksidien sekä hiukkasten osalta (Kousa 2009, Lehikoinen 2009a). Lisäksi regressioanalyysissä tarkasteltiin Euroopan ympäristökeskuksen EEA:n ilmoittamien ilman epäpuhauksien pitoisuuksien vaikutusta jäkälämuuttujiin (ETC Air and Climate Change; Horalek ym. 2007) (liite 34). Pitoisuudet on esitetty 10 x 10 km:n ruuduilla. Havaintoalalle annettiin arvo, sen mukaan, mihin pitoisuusruutuun se sijoittui, ja jos havaintoala ei sijoittunut mihinkään pitoisuusruutuun, sille annettiin lähimmän pitoisuusruudun arvo. Johtuen pitoisuusaineiston huonosta resoluutiosta on tuloksia niiden osalta kuitenkin pidettävä lähinnä suuntaa-antavana.

Mikäli tarkastellut muuttujat eivät noudattaneet parametristen testien oletuksia, tehtiin niille logaritmi- ($\lg(X+1)$), potenssi- tai neliöjuurimuunnos. Jos muuttujat eivät muunnoksista huolimatta noudattaneet parametristen testien oletuksia, käytettiin parametrittomia testejä. Tilastollisten testien tekemiseen käytettiin SPSS 15.0 -ohjelmaa ja ordinaatioihin R-ohjelmaa (versio 2.8.1), joka on S-kieleen perustuva vapaasti saatavissa oleva ja käytettävä ohjelmointikieli (R Development Core Team 2008).

Taustamuuttujien vaikutus ja jäkälämuuttujien keskinäiset korrelaatiot

Luokittelevien taustamuuttujien vaikutusta tutkittuihin ilmanlaatua kuvaaviin muuttujiin testattiin parametrittomalla Kruskal-Wallisin varianssianalyysillä ja Mann-Whitneyn U-testillä. Luokittelevina muuttujina käytettiin metsätyyppejä, metsikön

kehitysastetta ja metsikön soveltuvuutta tutkimukseen. Jatkuvien taustamuuttujien ja tutkittavien jäkälämuuttujien välisiä riippuvuuksia tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaatioiden avulla. Samoin jäkälämuuttujien keskinäisiä korrelaatioita tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaatioiden avulla. Alle 0,3:n korrelaatiota ei yleisesti katsota merkitykselliseksi. Suurilla aineistoilla varsin pienetkin korrelaatiot voivat olla tilastollisesti merkitseviä. Siksi on syytä tarkastella korrelaatiota ja sen merkitsevyyttä yhdessä eikä luottaa pelkkään merkitsevyyteen.

Tutkittujen jäkälämuuttujien ja jatkuvien taustamuuttujien eroja tausta- ja taajama-aloittain tarkasteltiin parametrittömällä Mann-Whitneyn U-testillä. Tausta- ja taajama-alojen eroja luokittelevien taustamuuttujien suhteen tarkasteltiin riippumattomuustestillä (Khu-neliö -testi). Keskeisimpien jäkälämuuttujien vuosien 2000, 2004 ja 2009 välisiä eroja tausta- ja taajama-aloittain tarkasteltuna testattiin parametrittömällä merkkitestillä.

Tilastollisissa tarkasteluissa on huomioitava se, että havaintoalat jakautuivat taustamuuttujien ja taajama-tausta -jaottelun muodostamiin luokkiin epätasaisesti. Tämä voi osaltaan heikentää taustamuuttujien vaikutuksen tilastollisen arvioinnin luotettavuutta ja tulokset voivat erityisesti olla herkempiä parametrinen testien taustaoletusten rikkoutumisen aiheuttamille virheille, jotka vaikuttavat testin merkitsevyytasoon ja voimakkuuteen. Jos esimerkiksi sekä otoskoot että otosten varianssit eroavat ryhmittäin, riski tehdä 1 tyypin virhe, eli hylätä nollahypoteesi sen ollessa tosi, kasvaa (Ranta ym. 1989).

3.6.2

Vuosien väliset vertailut

Jäkälämuuttujien eroja eri tutkimusvuosina testattiin toistomittausasetelman varianssianalyysillä ja sen parametrittömällä vastineella Friedmanin testillä. Vuosien väliset parittaiset vertailut tehtiin Bonferronin monivertailumenetelmällä tai parittaisten otosten merkkitestillä. Vuosien 2004 ja 2009 välisiä eroja jäkälämuuttujissa testattiin toisistaan riippuvien otosten t-testillä tai sen parametrittömällä vastineella merkkitestillä. Koska normaalisuusjakaumasta poikkeaminen ei varianssianalyysissä ole kovin vaarallista, päädyttiin joissain tapauksissa käyttämään parametrinen toistomittausasetelman varianssianalyysia, vaikka normaalisuusoletus ei toteutunutkaan muunnoksista huolimatta. Jäkälämuuttujien eroja eri tutkimusvuosina tarkasteltiin myös kuntakohtaisesti toistomittausasetelman varianssianalyysillä tai Friedmanin testillä.

Jäkälämuuttujien vuosien 2004 ja 2009 välisten muutosten alakohtaista merkitsevyyttä tarkasteltiin runkokohtaisen aineiston ja parittaisten otosten merkkitestin avulla.

3.6.3

Regressioanalyysi

Tärkeimpien jäkälämuuttujien riippuvuutta jatkuvista tausta- ja ilmanlaatua kuvaavista muuttujista tarkasteltiin usean selittävän muuttujan hierarkkisen regressioanalyysin avulla. Regressioanalyysin avulla pyrittiin vastaamaan siihen, miten selitettävän muuttujan arvojen vaihtelu riippuu selittävien muuttujien arvoista ja näiden muutoksista. Hierarkkisen regressioanalyysin avulla voitiin selvittää, mikä lopulta on ilmanlaatua kuvaavien muuttujien osuus jäkälämuuttujien vaihtelun selittämisessä, kun muut mahdolliset jäkälämuuttujiin vaikuttavat (tausta-)tekijät on huomioitu. Selittävät muuttujat lisättiin mukaan regressiomalliin tilastollisella STEPWISE-menetelmällä, joka tarkastaa aina jokaisen uuden mukaan otetun muut-

tujan jälkeen, onko jokin mallissa oleva muuttuja menettänyt merkityksensä. Tällöin vain merkittävät selittävät muuttujat jäävät malliin mukaan. Mikäli regressioanalyysiin liittyvät oletukset (normaalisuus, lineaarisuus, homoskedastisuus, selittävien muuttujien korreloimattomuus, jäännösten riippumattomuus) eivät toteutuneet, yritettiin tilannetta korjata tekemällä selitettävälle muuttujalla logaritmuunnos ($\lg(X+1)$), tai tekemällä keskenään korreloivista selittävistä muuttujista uusi muuttuja pääkomponenttiallyysin (PCA) avulla. Joissain tapauksissa jäännökset kuitenkin riippuivat toisistaan eli olivat positiivisesti autokorreloituneita, mikä heikentää regressioanalyysiin liittyvää pienimmän neliösumman-estimointia ja t- ja F-testien tulosta. Autokorreloituneisuutta mitataan Durbin-Watsonin -testillä (d): käytännössä jäännökset ovat riippumattomia jos $1,6 < d < 2,4$.

3.6.4

Yhteisöanalyysit

Ordinaatiokuvaajilla havainnollistettiin havaintoalojen jäkäläyhteisöjen sijoittumista toisiinsa nähden ja ympäristömuuttujien ja jäkäläyhteisöjen välistä suhdetta. Menetelmä perustuu tässä tapauksessa jäkäläyhteisöaineistoista laskettuihin havaintoalojen etäisyysmatriiseihin. Ordinaatiot ja taustamuuttujien sovitukset tehtiin R:llä (versio 2.8.1), joka on S-kieleen perustuva vapaasti saatavissa oleva ja käytettävä ohjelmointikieli (R 2008). Sitä käytetään yleisesti ekologisten havaintojen tilastolliseen tarkasteluun.

R:n käyttäjät ovat tehneet tiettyihin tapauksiin soveltuvia paketteja. Ordinaatioissa ja taustamuuttujien sovituksissa käytettiin R:n vegan-pakettia (Oksanen ym. 2009). Data käsiteltiin R:ää varten R Commander -käyttöliittymällä (Fox ym. 2009). Datasta eroteltiin omiksi ryhmikseen jäkälälajien yleisyydet, jäkälälajien runsaudet, jäkälähavainnoista saatavat suureet (IAP, lajilukumäärä, sormipaisukarpeen ja yleinen vaurioaste, sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyys) ja taustamuuttujat. Lisäksi datasta poistettiin rivit, joilla oli puuttuvia arvoja. Kaikkiaan ordinaatioissa oli mukana 766 havaintoalaa.

Ordinaatioon käytettiin NMDS-menetelmää (nonmetric multidimensional scaling), joka ei tee oletuksia riippuvuuksien lineaarisuudesta. NMDS sopii hyvin aineistolle, jossa on käytetty sattumanvaraista, epäjatkovaa tai muuten epämääräistä mitta-asteikkoa (McCune & Mefford 1999). Käytetty vegan-paketin funktio metaMDS etsii satunnaisilla aloituksilla optimaalista ratkaisua. Jos löytyy kaksi riittävän samanlaista ratkaisua, niin metaMDS raportoi sen optimaalisena. Ellei optimaalista ratkaisua löydy, niin tuloksena ilmoitetaan stressiarvoltaan pienin ratkaisu. Stressiarvolla mitataan ordinaation poikkeamaa todellisesta tilanteesta eli ordinaation onnistumista. Jotta ordinaatiota voitaisiin pitää onnistuneena ja väriin johtopäätösten riskiä pienenä, tulisi stressiarvon olla pienempi kuin 10. Stressiarvon lähestyessä 20:ta, väärintulkintojen todennäköisyys kasvaa eikä ordinaatioon tulisi tällöin luottaa liikaa. Stressiarvo voi kasvaa myös otoskoon kasvaessa (McCune & Grace 2002). Etäisyysmittana ordinaatioissa käytettiin Bray-Curtisin etäisyysmittaa. Akseleita pyöritetään metaMDS:ssä siten, että varianssi on suurin ensimmäisessä dimensiossa. Lopulta kullekin havaintoalalle saadaan koordinaatit sekä painotettuina keskiarvoina lasketut lajien tai suureiden sijainnit ordinaatioavaruudessa. (Oksanen 2009.)

Taustamuuttujat sovitettiin ordinaatioon veganin envfit-funktiolla. Funktio antaa vektorien lisäksi r2-arvon ja muuttujan merkittävyyden. Vektori osoittaa suuntaan, jossa ympäristömuuttujan muutos on ollut suurinta. Vektorin pituus puolestaan kertoo ordinaation ja ympäristömuuttujan välisestä korrelaatiosta (Oksanen 2009).



4 Tulokset

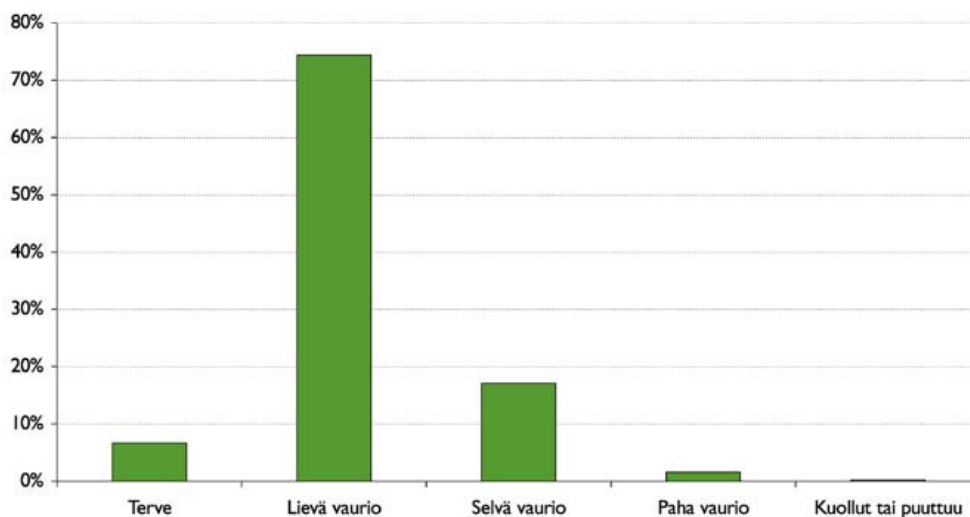
4.1

Sormipaisukarpeen vaurioaste

Sormipaisukarpeen vaurioasteita arvioitiin viisiportaisella asteikolla puolen vaurioluokan välein (ks. taulukko 7 ja kuva 23), jossa vaurioluokka 1 = terve, 2 = lievästi vaurioitunut, 3 = selvästi vaurioitunut, 4 = pahasti vaurioitunut ja 5 = kuollut tai puuttuva. Vaurioita arvioitiin puittain, jonka perusteella arvioitiin havaintoalan keskimääräinen vaurioaste.

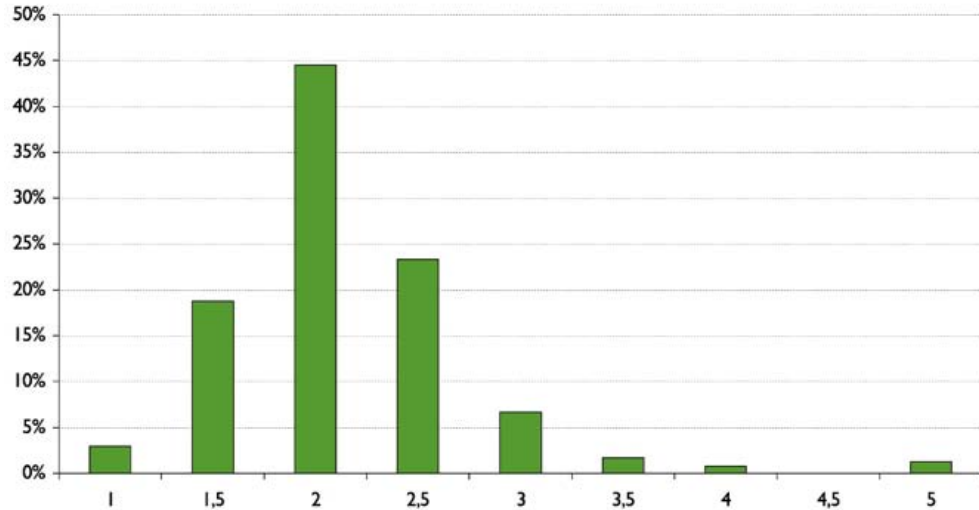
Sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli 2,1, eli lievästi vaurioitunut. Vaurioasteet vaihtelivat terveestä kuolleeseen tai puuttuvaan. Vaurioiden jakaantumista koko aineistosta tutkittiin luokittelemalla vaurioasteet sekä havaintoaloittain että havaintopuittain (kuvat 24 ja 25). Suurimmalla osalla (74 %) havaintoaloista sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Havaintoaloista terveiksi luokiteltiin 7 %, selvästi vaurioituneiksi 17 % ja pahasti vaurioituneiksi 2 %. Havaintoaloista 0,3 %:lla sormipaisukarve oli kuollutta.

Tutkimuspuittain tarkasteltuna 21 %:lla havaintoaloista sormipaisukarve oli tervettä tai melkein tervettä (vaurioaste 1 tai 1,5). Suurimmalla osalla (44 %) tutkimuspuista sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta, ja 24 %:lla vauriot olivat lievän ja selvän välillä. Selviä vaurioita ja tätä suurempia vaurioita havaittiin 11 %:lla puista. Rungoista 1 %:lla (94 runkoa) sormipaisukarve oli kuollutta tai puuttui.



Kuva 24. Sormipaisukarpeen vaurioasteet havaintoaloilla luokittain. N = 776.

Figur 24. Blåslavens skadefrekvenser på provytorna. N = 776

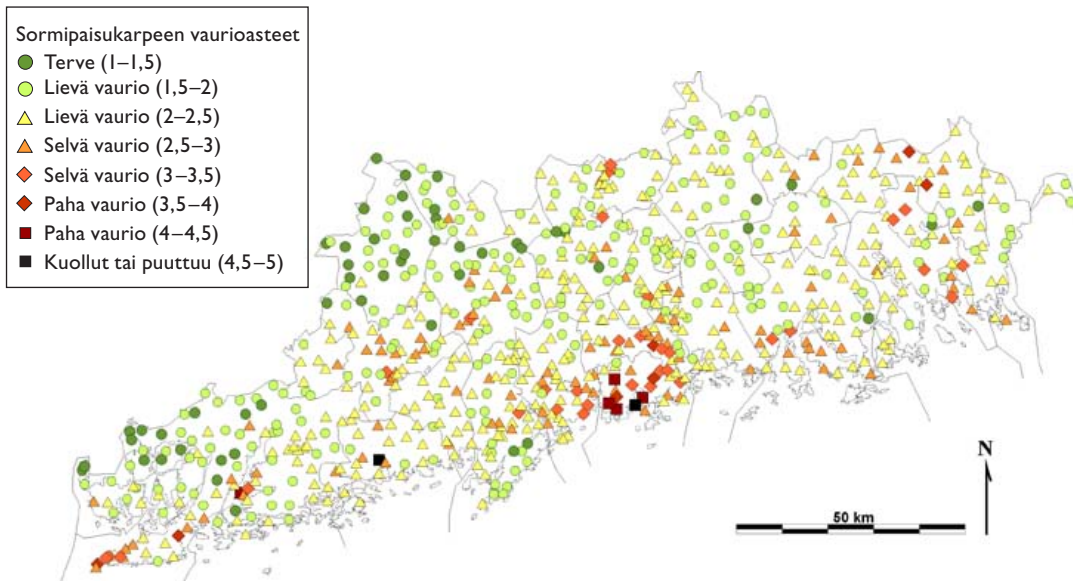


Kuva 25. Sormipaisukarpeen vaurioasteet luokiteltuna rungottain. N = 7760.

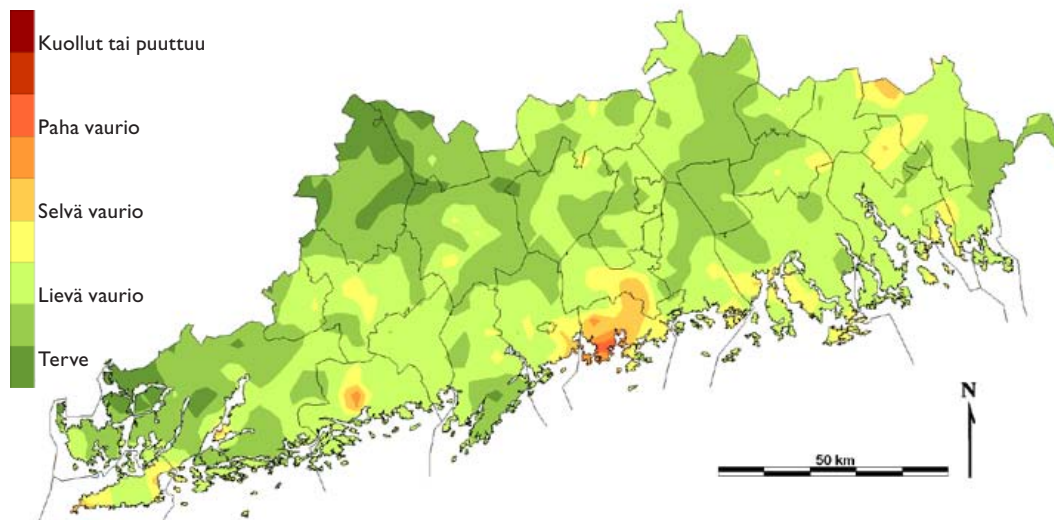
Figur 25. Blåslavens skadefrekvenser på stammarna. N = 7760.

Sormipaisukarve oli kuollutta tai puuttui kahdelta havaintoalalta, jotka sijaitsivat Helsingin Mustikkamaalla ja Inkoossa NMC Termonovan solumuovitehtaan ympäristössä. Pahoja vaurioita havaittiin 12:lla havaintoalalla Hangossa, Raaseporissa, Helsingissä, Vantaalla ja Lapinjärvellä. Selviä vaurioita havaittiin 133:lla havaintoalalla. Lieviä vaurioita havaittiin 577:lla havaintoalalla, jotka sijoittuivat ympäri tutkimusaluetta. Sormipaisukarve oli tervettä 52:lla havaintoalalla, jotka sijaitsivat Raaseporissa, Lohjalla, Nummi-Pusulassa, Karkkilassa, Vihdissä, Kirkkonummella, Hyvinkäällä, Mäntsälässä, Askolassa, Pukkilassa, Porvoossa, Liljendalissa ja Lapinjärvellä. (Kuva 26.)

Terveen (vaurioaste 1–1,5) sormipaisukarpeen vyöhykkeet sijoittuivat Länsi-Uudellemaalla, Raaseporin länsiosiin ja pohjoiseen Nummi-Pusulan, Karkkilan ja Vihdin alueelle. Lievästi vaurioituneen (vaurioaste 1,5–2) sormipaisukarpeen vauriovyöhykkeet kattoivat Länsi-Uudenmaan länsi- ja pohjoisosat, Kirkkonummen eteläosat, osia Tuusulasta ja Nurmijärvestä, Mäntsälästä Pornaisten kautta Sipooseen ulottuvan vyöhykkeen sekä Ruotsinpyhtään itäosat. Pienempiä lievästi vaurioituneen sormipaisukarpeen vyöhykkeitä oli eri puolella tutkimusaluetta. Suurimman osan tutkimusalueesta kattoi lievien (2–2,5) vaurioiden vyöhyke. Ainoa pahojen vaurioiden vyöhyke muodostui Helsingin kantakaupungin alueelle. Laajimmat vyöhykkeet, joilla sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta, muodostuivat Hankoon, Inkooseen, Lohjalle, pääkaupunkiseudulle (Helsinki, Vantaa, Espoo), Porvoon eteläosiin, Loviisaan ja Liljendalin ja Lapinjärven alueelle. (Kuva 27.)



Kuva 26. Sormipaisukarpeen vaurioasteet havaintoaloilla.
Figur 26. Blåslavens skadeklass på provytorna.



Kuva 27. Sormipaisukarpeen vaurioasteita kuvaavat vyöhykkeet.
Figur 27. Zoner som beskriver blåslavens skadeklass.

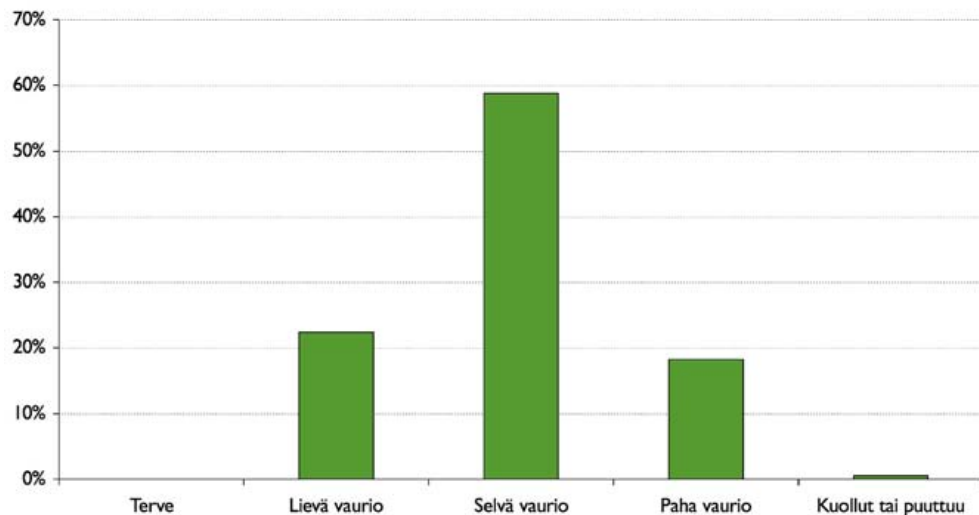
4.2

Yleinen vaurioaste

Yleistä vaurioastetta arvioitiin jäkälälajiston kunnon ja koostumuksen perusteella viisiportaisella asteikolla puolen vaurioluokan välein (ks. taulukko 8), jossa vaurioluokka 1 = terve, 2 = lievästi vaurioitunut, 3 = selvästi vaurioitunut, 4 = pahasti vaurioitunut ja 5 = kuollut tai puuttuva. Vaurioita arvioitiin puittain, jonka perusteella arvioitiin havaintoalan keskimääräinen vaurioaste.

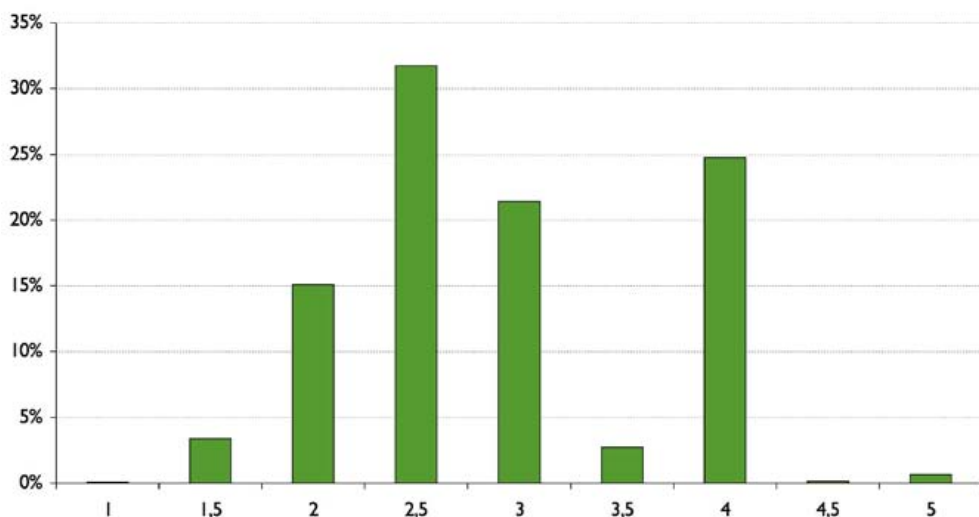
Yleinen vaurioaste oli keskimäärin 2,9, eli selvästi vaurioitunut. Vaurioasteet vaihtelivat terveestä kuolleeseen tai puuttuvaan. Vaurioiden jakaantumista koko aineistosta tutkittiin luokittelemalla vaurioasteet sekä havaintoaloittain että havaintopuittain (kuvat 28 ja 29). Suurimmalla osalla (59 %) havaintoaloista jäkälät olivat selvästi vaurioituneita. Havaintoaloista yhtäkään ei luokiteltu terveeksi. Jäkälälajisto oli lievästi vaurioitunutta 22 %:lla havaintoaloista, pahasti vaurioitunutta 18 %:lla ja kuollutta tai puuttuvaa 1 %:lla.

Tutkimuspuittain tarkasteltuna 6 puulla lajisto oli täysin tervettä, ja 3 %:lla melkein tervettä (vaurioaste 1,5). Suurimmalla osalla (32 %) tutkimuspuista lajiston vaurioaste oli lievän ja selvän välillä (2,5). Rungoittain tarkasteltuna toiseksi suurin oli pahojen vaurioiden luokka (4; 25 %). Normaalijakaumasta poikkeava jakauma selittyi yleisen vaurioasteen arviointiperusteella: puun jäkälälajisto luokitellaan pahasti vaurioituneeksi, jos puulla ei kasva pensasmaisia lajeja (luppoja, naavoja tai harmaahan-kakarvetta).



Kuva 28. Yleiset vaurioasteet luokiteltuna aloittain. N = 760.

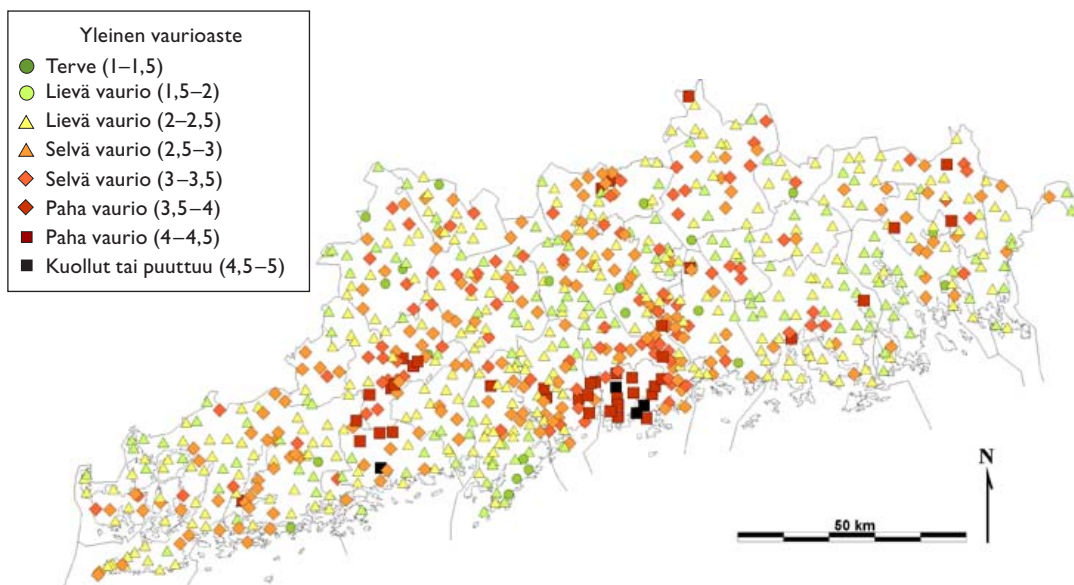
Figur 28. Allmänna skadefrekvenser på provtytor. N = 760.



Kuva 29. Yleiset vaurioasteet luokiteltuna rungoittain. N = 7760.

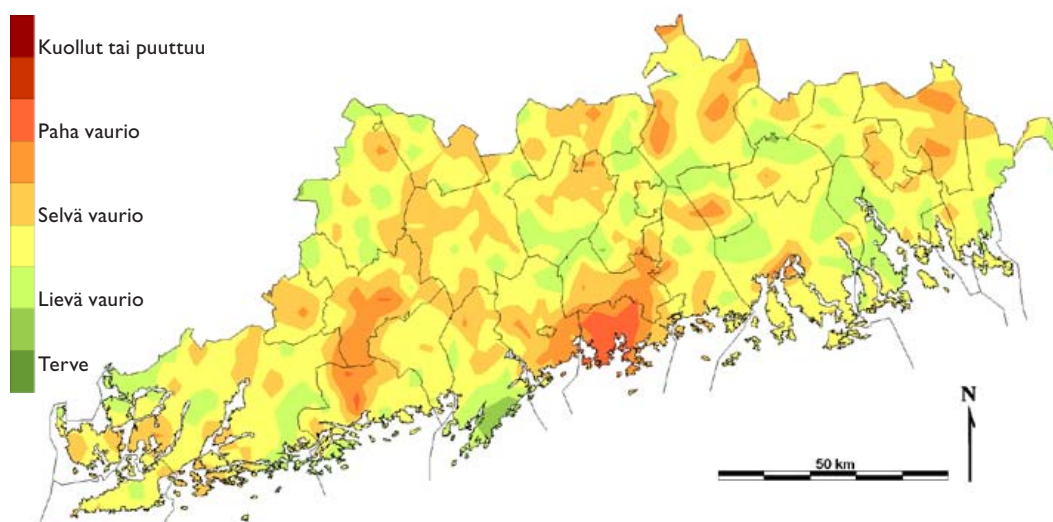
Figur 29. Allmänna skadefrekvenser på stammar. N = 7760.

Vauriot painottuivat yleisen vaurioasteen osalta samoille alueille kuin sormipaisukarpeen vaurioasteenkin osalta, mutta vauriot olivat keskimäärään 0,5–1 vaurioluokkaa suurempia kuin sormipaisukarpeen vauriot. Terveintä lajisto oli Kirkkonummen rannikolla. Suurin osa tutkimusalueesta oli yleisen vaurioasteen osalta vähintään selvästi vaurioitunutta. (Kuvat 30 ja 31.)



Kuva 30. Yleinen vaurioaste havaintoaloilla.

Figur 30. Den allmänna skadeklassen på provytorna.



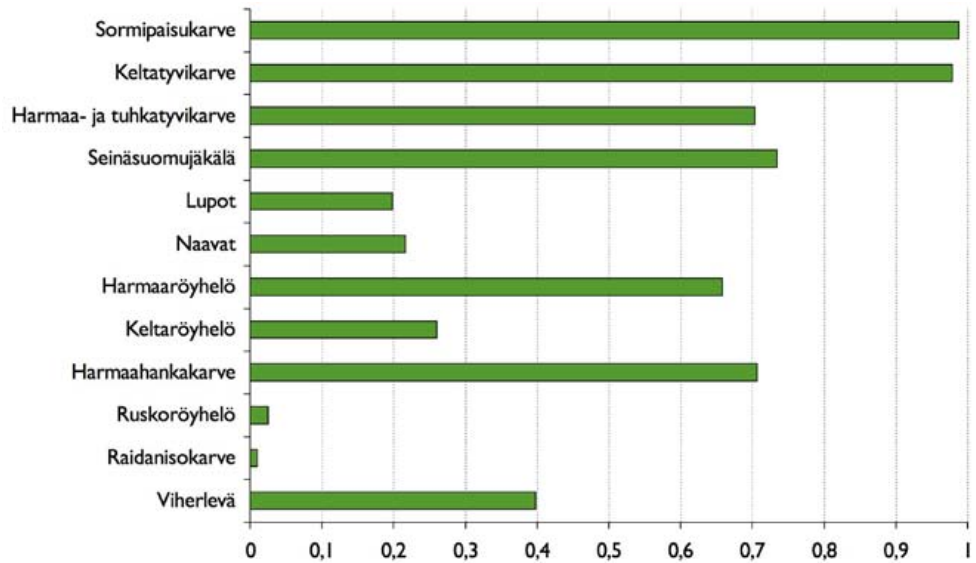
Kuva 31. Yleisen vaurioasteen vyöhykkeet.

Figur 31. Zoner som beskriver den allmänna skadeklassen.

4.3

Jäkälälajien määrät ja yleisyys

Yleisin laji tutkimusalueella oli sormipaisukarve, joka esiintyi 99 %:lla tutkimuspuista. Toiseksi yleisin oli keltatyvikarve, joka esiintyi 98 %:lla tutkimuspuista. Yli puolella tutkimuspuista esiintyi seinäsuomujäkälää (73 %), harmaahankakarvetta (71 %), harmaa- ja tuhkatyvikarpeita (70 %) sekä harmaaröyhelöä (66 %). Viherlevää esiintyi 40 %:lla puista, keltaröyhelöä 26 %:lla, naavoja 22 %:lla ja luppoja 20 %:lla puista. Harvinaisimmat lajit olivat ruskoröyhelö (2 % puista) ja raidanisokarve (1 % puista) (Kuva 32).

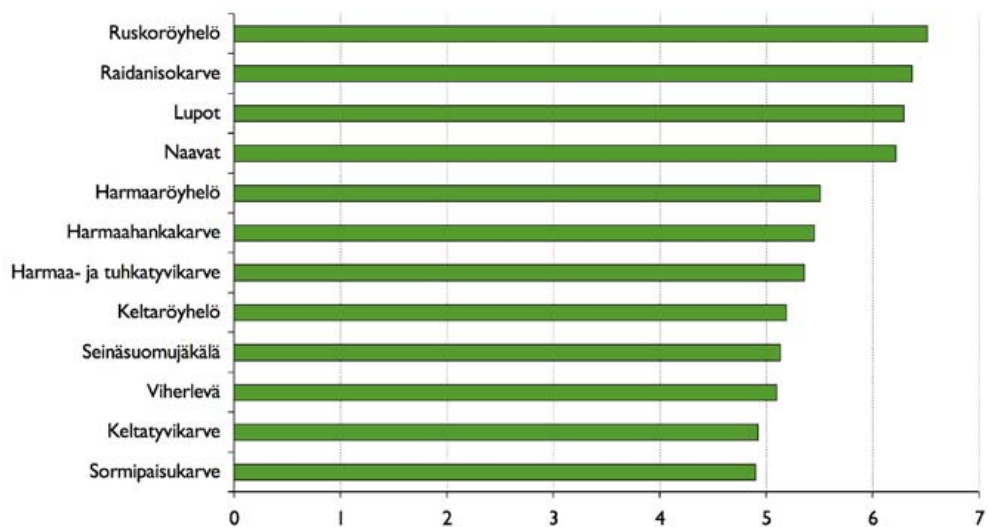


Kuva 32. Männyn runkojäkälien esiintymistiheys tutkimusalueella.

Figur 32. Förekomstfrekvens av lavararter i forskningsområdet.

Runkojäkäläiden seuralaislajien, eli kyseisen lajin kanssa samalla rungolla esiintyvien muiden lajien määrät on esitetty kuvassa 33. Eniten seuralaislajeja oli kahdella tutkimusalueen harvinaisimmalla lajilla (seuralaislajimäärät suluissa) ruskoröyhelöllä (6,5) ja raidanisokarpeella (6,4). Myös lupoilta ja naavoilla oli yli 6 seuralaislajia (lupot 6,3 ja naavat 6,2). Yli viisi seuralaislajia oli harmaaröyhelöllä (5,5), harmaahankakarpeella (5,4), harmaa- ja tuhkatyvikarpeilla (5,4), keltaröyhelöllä (5,2), seinäsuomujäkälällä (5,1) sekä viherlevällä (5,1). Vähiten seuralaislajeja oli sormipaisukarpeella (4,9) ja keltatyvikarpeella (4,9).

Tutkimuksessa havaitut seuralaislajimäärät noudattavat varsin hyvin oletuksia jäkälien herkkydestä. Eniten seuralaislajeja oli harvinaisimmilla ruskoröyhelöllä ja raidanisokarpeella, joiden indikaattoriarvo on kuitenkin satunnaisen esiintymisen vuoksi pieni. Hyviä, erittäin herkkiä indikaattorilajeja ovat seuralaislajien ja yleisyyden puolesta lupot ja naavat. Melko herkkien lajien ryhmän muodostavat harmaaröyhelö, harmaahankakarve sekä harmaa- ja tuhkatyvikarpeet. Keltaröyhelö on melko yleinen, mutta esiintyy satunnaisesti, eikä sen indikaattoriarvo ole erityisen hyvä. Vähiten seuralaislajeja oli kuormitusta hyvin kestäville lajeille seinäsuomujäkälällä, viherlevällä, keltatyvikarpeella sekä sormipaisukarpeella.



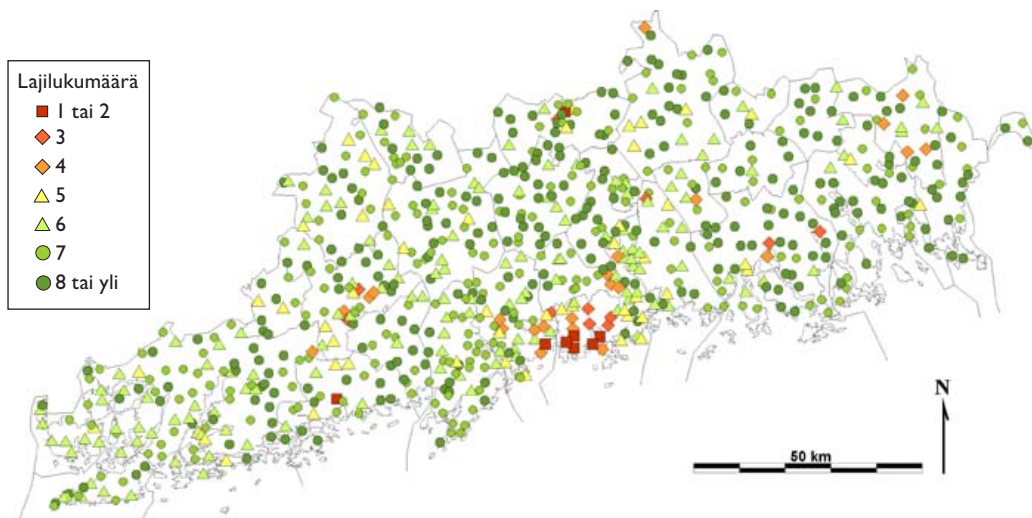
Kuva 33. Männyn runkojäkälien seuralaislajien lukumäärät.

Figur 33. Antalet ledsagararter till lavar.

Tutkimusalueella havaittiin keskimäärin 7,0 lajia havaintoalaa kohti ja 4,7 lajia havaintopuuta kohti. Keskimäärin tutkimusalueen jäkälälajisto oli siis havaintoalakohtaista lajimäärää tarkasteltaessa lievästi köyhtynyt, ja havaintopuukohtaista lajimäärää kohti tarkasteltuna köyhtynyt. Vaihteluväli havaintoaloilla oli 1–10 ja havaintopuilla 0–9. Kaikilla havaintoaloilla havaittiin siis vähintään yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji. Kokonaan jäkäläautioita havaintopuita tutkimusalueella oli 28. Vastaavasti puita, joilla havaittiin 9 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, oli 5.

Aloja, joilla havaittiin vain yksi ilman epäpuhtauksista kärsivä jäkälälaji, oli yksi Helsingin Laaksossa. Tämän alan lajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt. Vain kaksi ilman epäpuhtauksista kärsivää lajia havaittiin seitsemällä alalla Helsingissä, Espoossa, Inkoossa ja Hyvinkäällä. Aloja, joilla havaittiin kolme ilman epäpuhtauksista kärsivää lajia, oli 11 Espoossa, Helsingissä, Hyvinkäällä, Lohjalla, Porvoossa ja Sipoossa. 2–3 lajia luokitellaan selvästi köyhtyneeksi lajistoksi. 4–5 lajia eli köyhtynyt jäkälälajisto oli 74 alalla, jotka sijaitsivat eri puolilla tutkimusaluetta. 6–7 lajia eli lievästi köyhtynyt lajisto oli 395 alalla – suurin osa havaintoaloista oli siis lajistoltaan lievästi köyhtyneitä. Luonnontilainen lajisto, eli vähintään 8 ilman epäpuhtauksista kärsivää lajia havaittiin 288 havaintoalalla. Jokaisen kunnan alueella oli havaintoala tai -aloja, joiden jäkälälajisto oli luonnontilaista. (Kuva 34.)

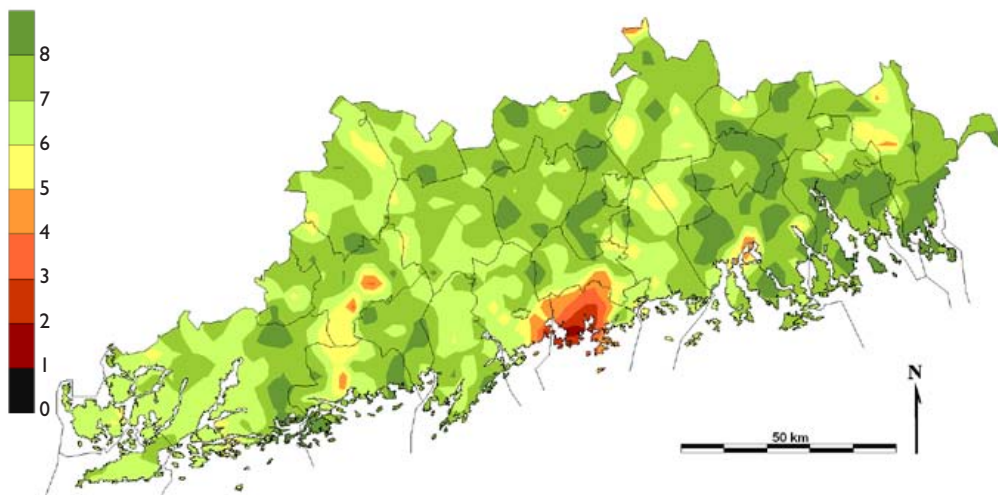
Tutkimusalueen runsaslajisinta aluetta oli Itä-Uusimaa, jolle suurin osa 8 tai enemmän herkän lajin vyöhykkeet sijoittuivat. Lajistoltaan köyhtyneintä aluetta oli pääkaupunkiseutu. Muita lajistoltaan köyhtyneitä vyöhykkeitä oli Inkoosta Lohjaan ulottuvalla alueella, Porvoon keskustan tuntumassa sekä Lapinjärvellä. Myös muualla tutkimusalueella oli pienialaisempia lajistoltaan köyhtyneitä vyöhykkeitä. (Kuva 35.)



Kuva 34. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärät havaintoaloilla.

Figur 34. Antalet lavar som lider av luftföroreningar på provytorna.





Kuva 35. Vyöhykkeittäinen kuvaus ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien lukumäärästä tutkimusalueella.

Figur 35. Zoner som beskriver antalet lavararter som lider av luftföroreningar.

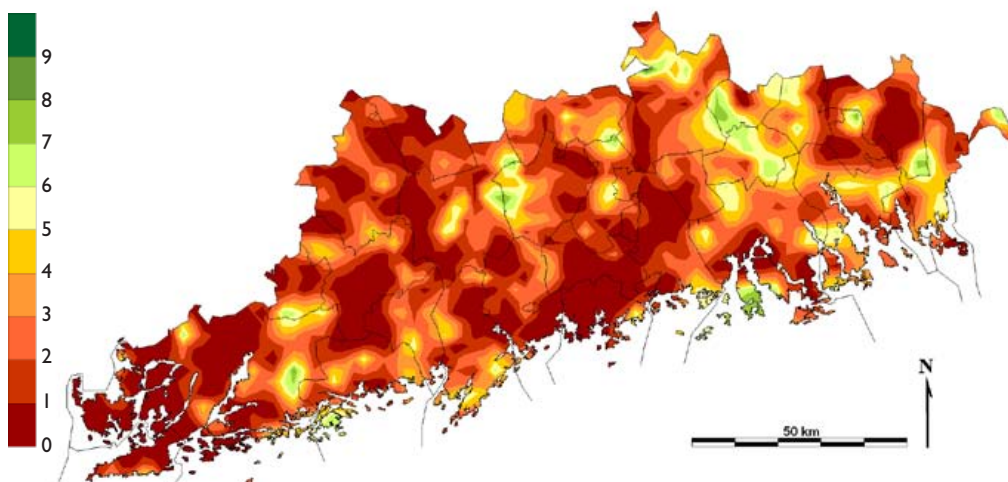
4.3.1

Ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien yleisyydet

Kuvissa 36–40 on esitetty ilman epäpuhtauksista kärsivien loppojen, naavojen, harmaaröyhelön, harmaahankakarpeen sekä harmaa- ja tuhkatyvikarpeiden yleisyydet vyöhykkeinä asteikolla 0–10 (0 = lajia ei havaittu tutkimusalueella lainkaan, 10 = lajia havaittiin jokaisella tutkimuspuulla).

Luppoja havaittiin tutkimusalueella 20 %:lla puista ja 61 %:lla aloista. Sellaisia aloja, joilla luppoja esiintyi vähintään puolella alan puista, oli kuitenkin vain 85, eli 11 % aloista. Keskimäärin luppoja havaittiin havaintoalalla 2 puulla. Vyöhykkeet, joilla lopot esiintyivät runsaina, olivat melko pienialaisia, ja esiintyivät laikuittain ympäri tutkimusaluetta. Yhtenäisempi vyöhyke, jolla luppoja esiintyi kohtalaisen runsaasti, sijoittui nauhamaisesti Pukkila-Askola-Porvoo-Pernaja-Lapinjärvi-akselille. (Kuva 36.)

Naavoja havaittiin tutkimusalueella 22 %:lla puista ja 68 %:lla aloista. Sellaisia aloja, joilla naavoja esiintyi vähintään puolella alan puista, oli 83, eli 11 % aloista. Keskimäärin naavoja havaittiin 2,2 puulla. Kuten luppoja, myös naavoja tavattiin tutkimusaloilla säännöllisesti, mutta vain harvoin ne esiintyivät tutkimusaloilla

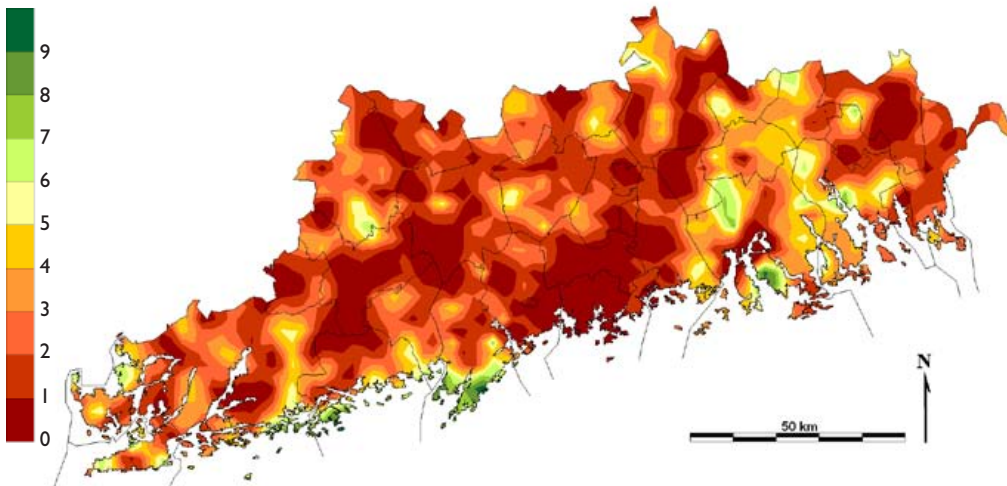


Kuva 36. Loppojen yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

Figur 36. Förekomstzoner av tagellav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavararten förekommer inte alls, 10 = lavararten förekommer på varje träd.

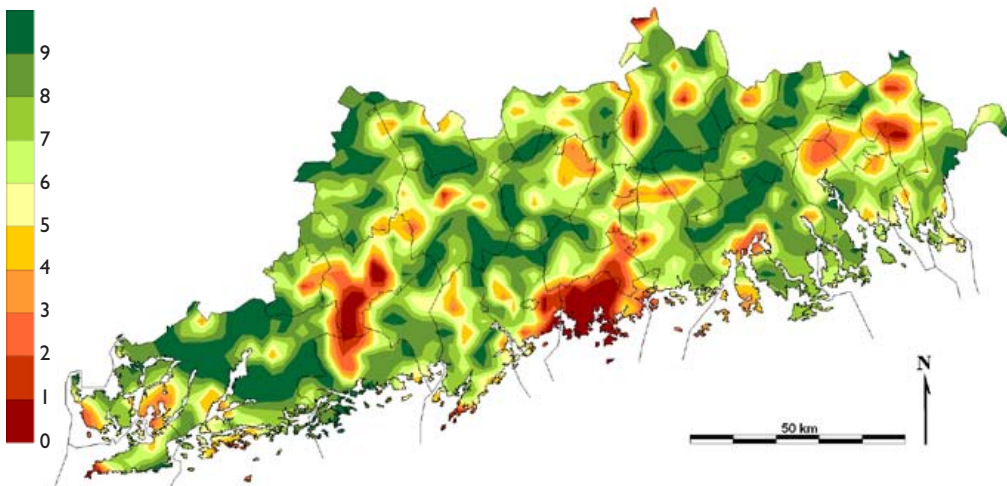
runsaina. Myös naavoilla vyöhykkeet, joilla ne esiintyivät runsaina, olivat melko pienialaisia, ja sijoittuivat laikuittain ympäri tutkimusalueetta. Selvästi muuta aluetta runsaampana ne esiintyivät Raaseporin, Inkoon ja Kirkkonummen sekä Porvoon rannikkoalueilla. Tämä vahvistaa käsitystä, että naavat suosivat meren läheisyyttä. Alueita, joilta sekä lupot että naavat puuttuivat, olivat pääkaupunkiseutu, Lohjan seutu sekä Lapinjärven seutu. (Kuva 37)

Harmaaröyhelö, harmaahankakarve sekä harmaa- ja tuhkatyvikarpeet olivat selvästi loppoja ja naavoja yleisempiä, ja esiintyivät tutkimusalueella paikoitellen runsaana. Harmaaröyhelöä tavattiin 66 %:lla tutkimuspuista, harmaahankakarvetta 71 %:lla ja harmaa- ja tuhkatyvikarpeita 70 %:lla puista. Vastaavasti näitä lajeja tavattiin tutkimusaloista 92, 94 ja 94 %:lla. Lajien keskimääräiset yleisyydet olivat harmaaröyhelöllä 6,6, harmaahankakarpeella 7,1 ja harmaa- ja tuhkatyvikarpeilla 7,0. Harmaaröyhelö ja harmaahankakarve esiintyivät usein yhdessä, ja ne puuttuivat tai esiintyivät harvemmin pääkaupunkiseudulla, Inkoo-Lohja-akselilla, Porvoon keskustan tuntumassa, Mäntsälän länsiosissa sekä Lapinjärvellä. (kuvat 38 ja 39). Harmaa- ja tuhkatyvikarpeet olivat niinikään vähälukuisempia pääkaupunkiseudulla ja Porvoon keskustan tuntumassa, sekä myös mm. Hankoniemellä. (kuva 40).



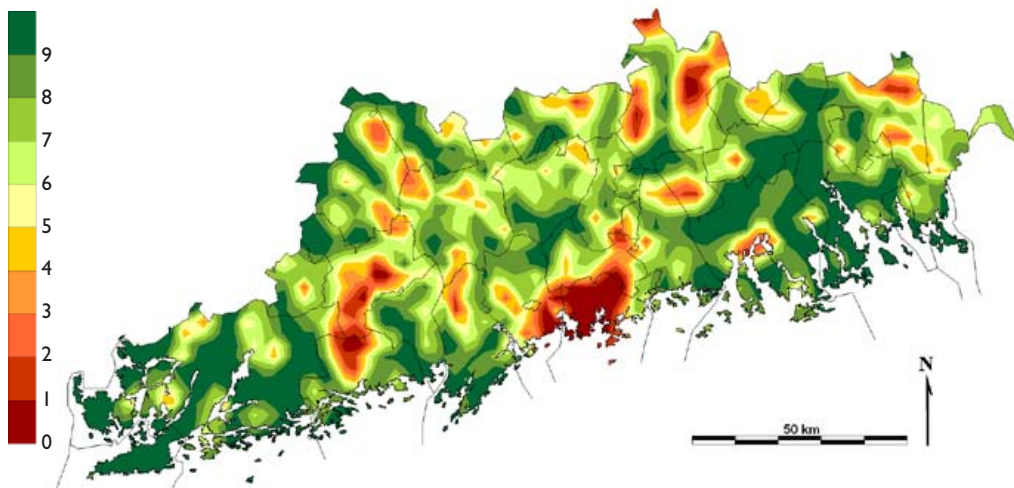
Kuva 37. Naavojen yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

Figur 37. Förekomstzoner av skägglav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd.



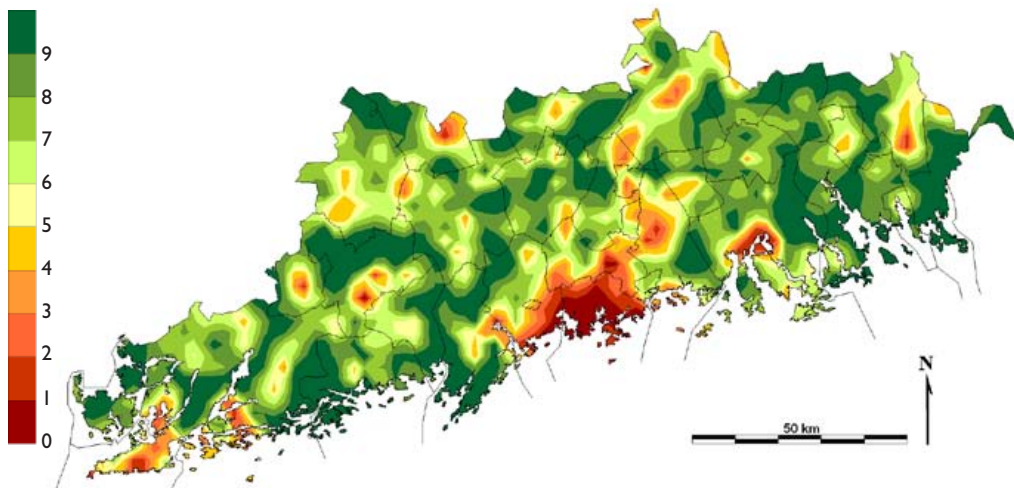
Kuva 38. Harmaaröyhelön yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

Figur 38. Förekomstzoner av näverlav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd.



Kuva 39. Harmaahankakarpeen yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

Figur 39. Förekomstzoner av gällav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd.



Kuva 40. Harmaa- ja tuhkatyvikarpeen yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

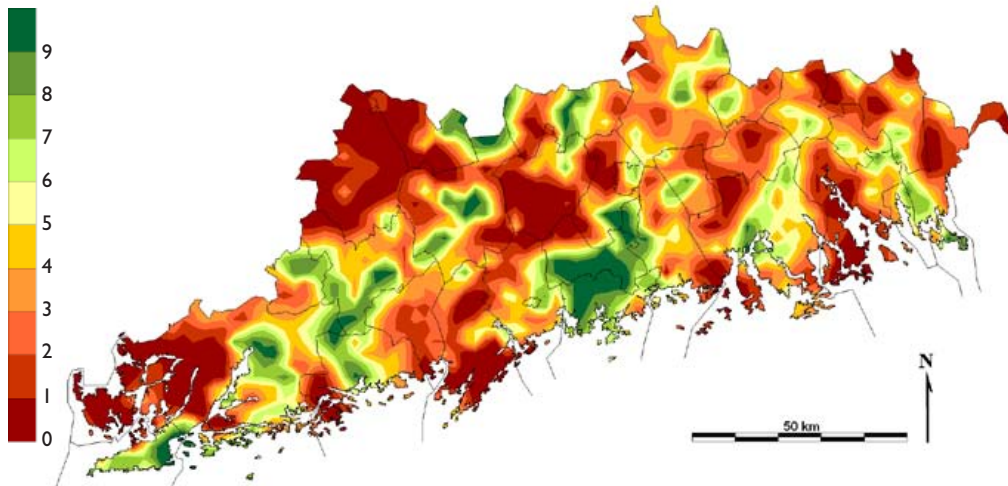
Figur 40. Förekomstzoner av vedlav och klilav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd

4.3.2

Ilman epäpuhtauksista hyötyvien lajien yleisyydet

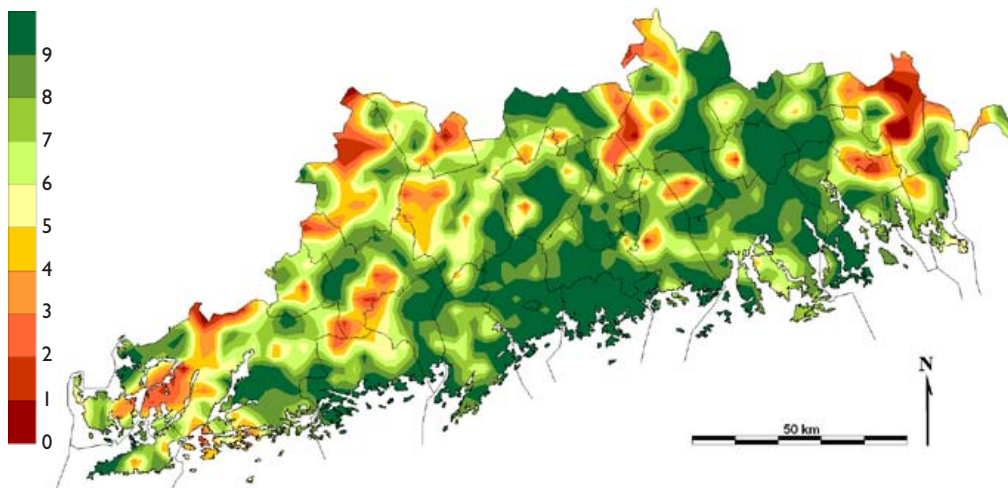
Kuvissa 41 ja 42 on esitetty ilman epäpuhtauksista hyötyvien lajien viherlevän ja seinäsuomujäkälän yleisyydet vyöhykkeinä asteikolla 0–10. Keskimäärin levää havaittiin 4 havaintopuulla havaintoalaa kohti ja seinäsuomujäkälää 7,3 havaintopuulla. Levää havaittiin 75 %:lla havaintoaloista ja seinäsuomujäkälää 95 %:lla havaintoaloista.

Levien ja seinäsuomujäkälän levinneisyys oli vastakkaista herkkiin lajeihin verrattuna. Niillä alueilla, joilla herkät lajit olivat harvalukuisia tai puuttuivat, erityisesti levä esiintyi runsaina. Näitä alueita olivat pääkaupunkiseutu, Porvoosta koilliseen sijoittuva vyöhyke sekä valtatie 25 varrelle sijoittuvat taajamat. Seinäsuomujäkälän esiintyminen oli painottunut tutkimusalueen eteläosaan, mutta sen yleisyys ei vastannut yhtä hyvin alueiden kuormittuneisuudesta kuin levän.



Kuva 41. Viherlevän yleisyys vyöhykkeittäin asteikolla 0–10, jossa 0 = laji ei esiinny havaintoalalla, 10 = laji esiintyy havaintoalan jokaisella puulla.

Figur 41. Förekomstzoner av grönalg på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd.



Kuva 42. Seinäsuomujäkälän yleisyys vyöhykkeittäin.

Figur 42. Förekomstzoner av flarnlav på skalan 0–10, i vilken 0 = lavarten förekommer inte alls, 10 = lavarten förekommer på varje träd

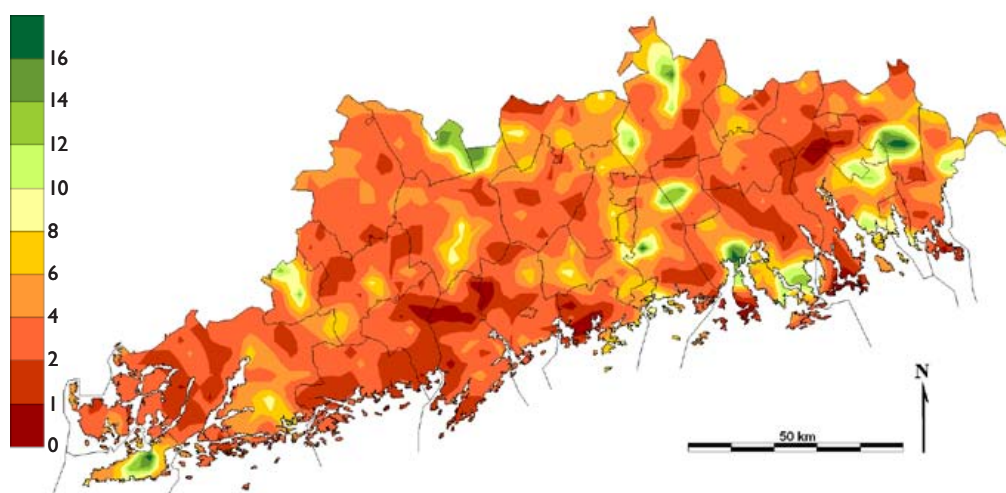
4.4

Peittävydet

Kuvissa 43 ja 44 on esitetty sormipaisukarpeen sekä luppojen pistefrekvenssimenetelmällä lasketut peittävydet mäntyjen rungoilla havaintoalakohtaisista keskiarvoista yleistettynä vyöhykkeinä. Karttoja tarkasteltaessa on huomioitava, että erityisesti sormipaisukarpeen peittävyys reagoi ilman epäpuhtauksiin epälineaarisesti: lajin peittävyys usein ensin kasvaa epäpuhtauksien vaikutuksesta, ja kuormitustason edelleen kasvaessa peittävyys jälleen pienenee. Lisäksi luontaiset tekijät vaikuttavat peittävyysiin melko voimakkaasti, esim. sormipaisukarpeen peittävyys on suurempi nuorissa kuin vanhoissa männiköissä.

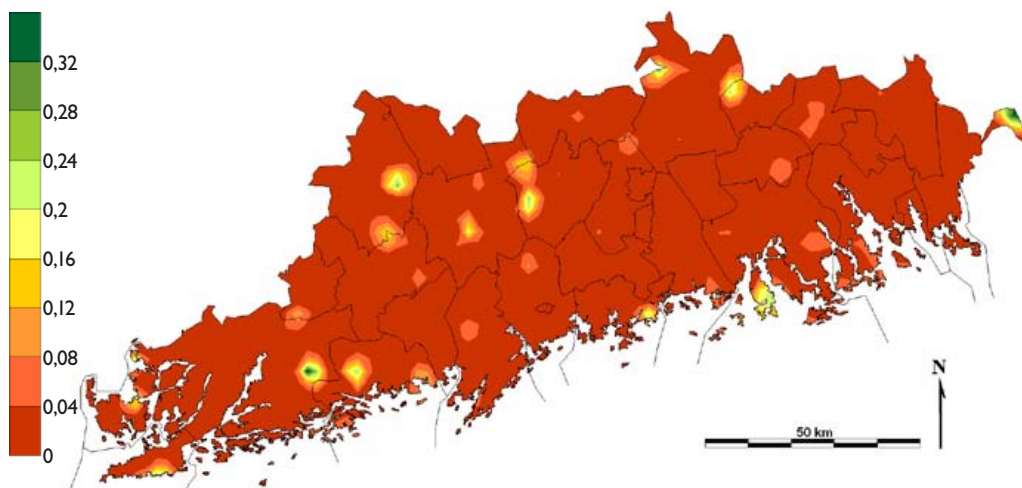
Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys oli 4 %. Sormipaisukarpeella havaittiin melko suuria peittävyksiä Keski-Uudellamaalla Helsinki-Sipoo-Kerava-Tuusula-Järvenpää-Mäntsälä-Hyvinkää-linjalla. Lisäksi sormipaisukarpeen peittävyys oli suurta Porvoon keskustan tuntumassa.

Lupot esiintyivät runsaina vain yksittäisillä aloilla. Luppojen keskimääräinen peittävyys oli 0,01 %. Luppojen runsaudesta ei voi luotettavasti päätellä muuta kuin että ne eivät esiinny kuormitetuilla alueilla, muutoin niiden peittävyudet ovat lähinnä satunnaisia.



Kuva 43. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys (%) vyöhykkeinä.

Figur 43. Blåslavens genomsnittliga täckningsgradzoner (%).

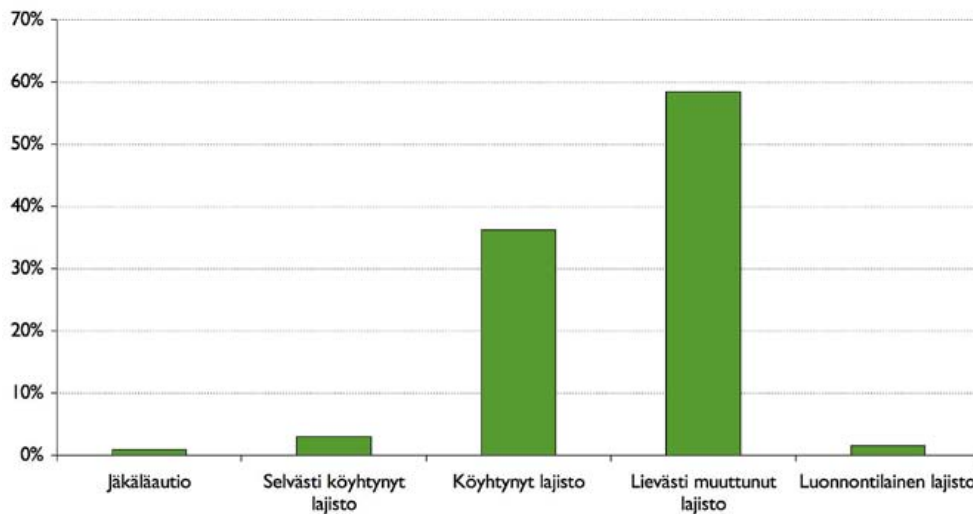


Kuva 44. Luppojen keskimääräinen peittävyys (%) vyöhykkeinä.

Figur 44. Tagellavs genomsnittliga täckningsgradzoner (%).

IAP-indeksi

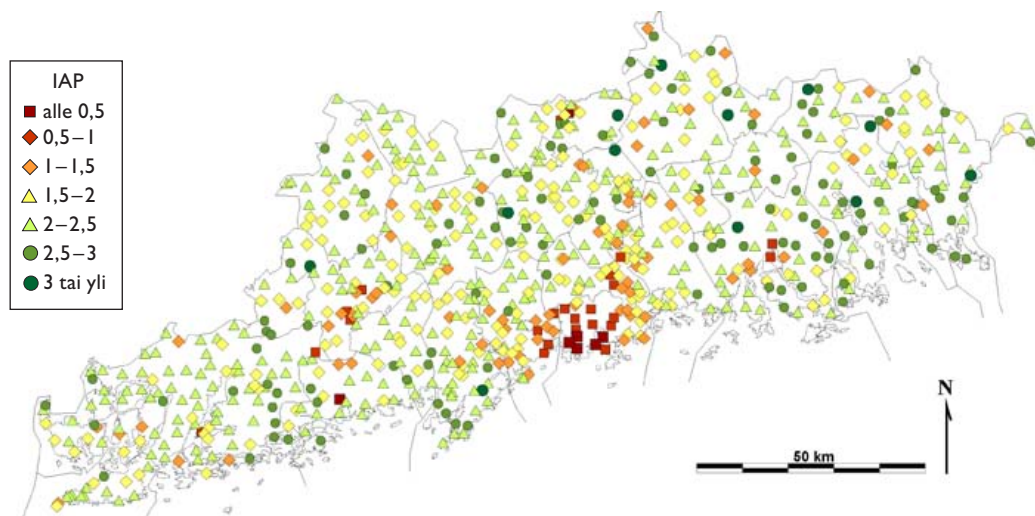
IAP-indeksi oli tutkimusalueella keskimäärin 2,0, minkä perusteella lajistoa voi kuvailla lievästi muuttuneeksi – tosin indeksi on köyhtyneen ja lievästi muuttuneen rajalla. Pienin IAP-indeksin arvo oli 0,16 (jäkäläautio tai lähes jäkäläautio) ja suurin 3,45 (luonnontilainen lajisto). Suurimmalla osalla (58 %) tutkimusaloista oli IAP-indeksin arvon perusteella lievästi muuttunut lajisto. Toiseksi suurimmassa luokassa, jossa lajisto oli köyhtynyttä, oli aloista 36 %. Selvästi köyhtynyt lajisto oli 3 %:lla aloista, ja jäkäläautioiksi tai melkein jäkäläautioiksi luokiteltiin 1 % aloista. Luonnontilaista vastaava jäkälälajisto, jonka koostumukseen ilman epäpuhtaudet eivät ole vaikuttaneet, oli 2 %:lla havaintoaloista. (Kuva 45.)



Kuva 45. IAP-indeksin jakauma.

Figur 45. IAP-indexets distribution.

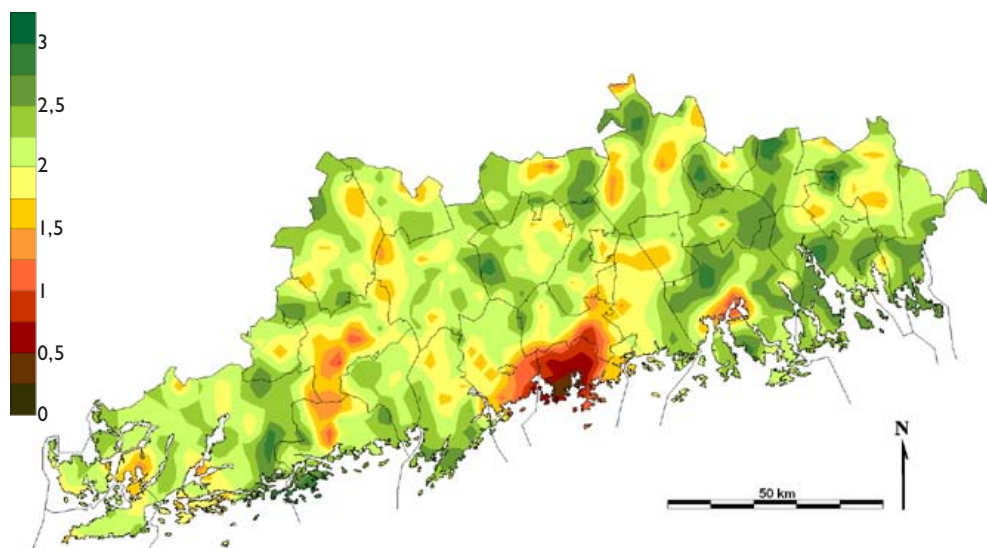
Täysin muuttumaton jäkälälajisto (IAP-indeksin arvo > 3) oli 12 havaintoalalla, jotka sijaitsivat Hyvinkäällä, Kirkkonummella, Liljendalissa, Myrskylässä, Mäntsälässä, Nurmijärvellä, Pernajassa, Porvoossa, Pukkilassa, Ruotsinpyhtäällä, Lohjalla ja Tuusulassa. Alat, joilla jäkälälajisto oli jäkäläautio tai lähes jäkäläautio, sijaitsivat Helsingissä, Inkoossa ja Hyvinkäällä. (Kuva 46.)



Kuva 46. IAP-indeksi tutkimusaloilla.

Figur 46. IAP-index på provytor.

IAP-indeksin vyöhykkeet sijoittuivat siten, että muuttuneinta jäkälälajisto oli pääkaupunkiseudulla, Porvoon keskustan tuntumassa sekä Lohjan-Inkoon alueella. Pienempiä köyhtyneen lajiston vyöhykkeitä oli myös muualla tutkimusalueella. Selvimmät luonnontilaisen tai lähes luonnontilaisen lajiston vyöhykkeet sijoittuivat Itä-Uudellemaalle sekä Raaseporin, Inkoon ja Kirkkonummen rannikolle. Myös muualla tutkimusalueella oli pienialaisempia luonnontilaisen tai lähes luonnontilaisen jäkälälajiston vyöhykkeitä. Suurimmassa osassa tutkimusaluetta jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä. (Kuva 47.)



Kuva 47. IAP-indeksi vyöhykkeittäin.

Figur 47. Zoner som beskriver IAP-indexet.

5 Tulosten tarkastelu

Saatuja tuloksia ja niihin vaikuttaneita tekijöitä tarkasteltiin muuttujakohtaisesti tilastollisten menetelmien avulla. Taustamuuttujina käytettiin paitsi havaintoalalta kirjattuja puusto- ja metsikkötunnuksia, myös päästö- ja ilmanlaatutietoja. Taustamuuttujien vaikutuksia tarkasteltiin regressioanalyysin, varianssianalyysin, korrelaatiotestien ja yhteisöanalyysien avulla. Lisäksi tarkasteltiin jäkälämuuttujien keskinäisiä riippuvuuksia. Tilastollisten testien tulokset on esitetty kattavasti liitteessä 32.

Taustamuuttujina käytettiin seuraavia muuttujia:

- havaintoalan soveltuvuus
(luokiteltu muuttuja asteikolla hyvä – kohtalainen – huono)
- metsätyyppi (luokiteltu muuttuja)
- kehitysluokka (luokiteltu muuttuja asteikolla nuori – varttunut – kypsä)
- valtalajit (luokiteltu muuttuja)
- ikä (havaintopuiden arvioitu keskimääräinen ikä)
- pituus (metsikön valtapuiden arvioitu keskipituus)
- pohjapinta-ala (relaskoopilla kolmesta paikasta mitattujen tulosten keskiarvo, kaikki puulajit)
- havaintopuiden rinnankorkeusläpimitta

Regressioanalyysissä ja yhteisöanalyysissä hyödynnettiin ilmanlaatutietoina etäisyyttä lähimpään lupavelvolliseen laitokseen sekä tämän laitoksen rikkidioksidi-, hiukas- ja typen oksidien päästöjä. Lähimmän lupavelvollisen laitoksen etäisyyden ja päästömäärien suhteen ei esim. vallitsevia tuulensuuntia tai muita päästöjen leviämisolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä tarkasteluissa otettu huomioon. Lisäksi regressioanalyysissä testattiin Euroopan ympäristökeskuksen EEA:n 10 x 10 km:n ruuduille mallintamien rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten (PM10) pitoisuuksien vaikutuksia. Pitoisuudet oli ilmoitettu vuosikeskiarvona $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja ne koskivat vuotta 2005. Pitoisuuksiin liittyvät tulokset ovat viitteellisiä, sillä pitoisuustiedot ovat suuresta ruutukoosta johtuen epätarkkoja, ja kuvaavat vuotta 2005, kun jäkäläkartoitus tehtiin vuonna 2009. Jäkälät tosin reagoivat ilman epäpuhtauksiin ja niiden pitoisuuksissa tapahtuviin muutoksiin hitaasti. Saadut tulokset osoittavat, että jäkälämuuttujien ja ilman epäpuhtauksille mallinnettujen pitoisuuksien välillä on malliin sisältyvistä epävarmuustekijöistä ja rajoitteista huolimatta selvä yhteys, mikä antaa hyvät lähtökohdat tulevaisuudessa tarkastella vaikutuksia tarkemmin kattavampien taustaineistojen avulla. Liikenteen päästöjen vaikutuksia ei tässä erikseen tilastollisesti tarkasteltu, mikä todennäköisesti vaikuttaa saatuihin selitystasoteisiin.

Jäkälämuuttujina tarkasteltiin sormipaisukarpeeseen liittyviä muuttujia sormipaisukarpeen vaurioastetta ja peittävyyttä sekä lajiyhteisöä kuvaavia muuttujia lajilukumäärää, IAP-indeksiä ja yleistä vaurioastetta. Lisäksi tarkasteltiin luppojen peittävyyttä ja levän yleisyyttä. Näiden muuttujien välillä vallinneet tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot kertovat niiden yhteismitallisuudesta; ne tosin sanoen kuvaavat samaa asiaa, kukin omalla tavallaan. Eri jäkälämuuttujien herkkyys ja reagoititapa ilman epäpuhtauksiin ja luontaisiin tekijöihin on erilainen.

Havaintoaloilta kirjatulla taustamuuttujilla todettiin olevan vaikutusta kaikkiin tutkittuihin muuttujiin. Selvin vaikutus oli metsätyypillä. Myös puuston iällä, pituudella, pohjapinta-alalla, havaintopuiden halkaisijalla, sekä kehitysluokalla oli vaikutusta jäkälämuuttujiin. Metsikön arvioitu soveltuvuus bioindikaattoritutkimuksiin vaikutti jäkälämuuttujiin, mikä kuvaa lähinnä arvioitsijoiden kykyä erottaa jäkäläkartoitukseen hyvin sopivat metsät. Havaintoalat tosin jakautuivat taajama- ja tausta-alueilla taustamuuttujien suhteen epätasaisesti, mikä voi vääristää

tuloksia. Taajama-aloilla puut olivat paksumpia kuin tausta-aloilla, ne olivat kehitysluokaltaan useammin kypsiä taajamissa verrattuna tausta-aloihin, sekä havaintoalojen metsätyyppi oli taajama-aloilla rehevämpi kuin tausta-aloilla.

Tarkasteltaessa erittäin merkitseviä riippuvuuksia (tilastollinen merkitsevyysaste $< 0,001$) tutkittujen jäkälämuuttujien välillä, voidaan muuttujien välillä vallinneet riippuvuudet järjestää korrelaatiokertoimen suuruuden mukaan. Korrelaatiokerroin voi saada arvoja välillä $0-1$, jossa pienet korrelaatiot kertovat vähäisestä yhteisvaihtelusta, ja korrelaatiokerroin 1 täysin yhteneväisestä vaihtelusta muuttujien kesken. Korrelaatioita tulee tarkastella paitsi kertoimen, myös sen tilastollisen merkitsevyyden (merkitty tähdillä: * = melkein merkitsevä, ** = merkitsevä, *** = erittäin merkitsevä) mukaan. Yleensä ottaen alle $0,3$:n korrelaatiokertoimia pidetään vähäisinä, mutta niiden tilastollinen merkitsevyys kertoo siitä, etteivät riippuvuudet ole satunnaisia.

1. IAP x yleinen vaurioaste $-0,795^{***}$
2. IAP x lajilukumäärä $0,719^{***}$
3. Lajilukumäärä x yleinen vaurioaste $-0,573^{***}$
4. Sormipaisukarpeen vaurioaste x levän yleisyys $0,438^{***}$
5. Yleinen vaurioaste x levän yleisyys $0,390^{***}$
6. Sormipaisukarpeen vaurioaste x yleinen vaurioaste $0,335^{***}$
7. IAP x luppojen peittävyys $0,322^{***}$
8. IAP x levän yleisyys $-0,310^{***}$
9. Yleinen vaurioaste x luppojen peittävyys $-0,268^{***}$
10. Levän yleisyys x sormipaisukarpeen peittävyys $0,260^{***}$
11. Lajilukumäärä x luppojen peittävyys $0,242^{***}$
12. IAP x sormipaisukarpeen vaurioaste $-0,225^{***}$
13. Lajilukumäärä x levän yleisyys $-0,148^{***}$
14. Sormipaisukarpeen vaurioaste x sormipaisukarpeen peittävyys $-0,145^{***}$

Useimmin jonkun toisen ilmanlaatua kuvaavan muuttujan kanssa korreloivat IAP-indeksi sekä yleinen vaurioaste, toiseksi yleisemmin lajilukumäärä, sormipaisukarpeen vaurioaste ja levän yleisyys, kolmanneksi yleisemmin luppojen peittävyys ja harvimminkin sormipaisukarpeen peittävyys. IAP-indeksi, yleinen vaurioaste ja lajilukumäärä kuvaavat kaikki jäkälälajiston koostumusta, minkä vuoksi niiden väliset korrelaatiot olivat voimakkaita. IAP-indeksi ottaa näistä muuttujista parhaiten huomioon herkkien lajien esiintymisen. Levä on ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori, eli se hyötyy kuormituksesta, jolloin sen vasteet ovat päinvastaisia kuin ilman epäpuhtauksista kärsivillä jäkälämuuttujilla. Luppojen peittävyys korreloi muiden muuttujien kanssa, mutta luppojen peittävyys ei ollut Uudellamaalla erityisen hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori sen vuoksi, että se esiintyi varsin harvoin niin runsaana, että se pistefrekvenssimenetelmällä sai peittävyysarvoja. Sormipaisukarpeen peittävyys korreloi ainoastaan vaurioasteen ja levän yleisyyden kanssa.

Tulosten tilastollinen tarkastelu osoittaa, että tutkitut muuttujat kuvasivat ilmanlaatua, osa paremmin kuin toiset. Luontaiset tekijät vaikuttavat indikaattorilajeihin, ja tätä vaikutusta voidaan vakioida sijoittamalla havaintoalat indikaattorilajien kannalta soveltuvimpiin metsiköihin. Alueilla, joilla havaintoalaverkosto on tiheä, kuten Uudenmaan tutkimusalueella, on havaintoalojen sijoittelussa tehtävä myös kompromissejä kattavuuden ja pysyvyyden varmistamiseksi vuosien välillä. Tilastomenetelmällä on mahdollista erotella luontaisten tekijöiden ja ilmanlaatuun liittyvien tekijöiden vaikutuksia. Tulosten perusteella jäkälämuuttujien yhteys ilmanlaatua kuvaaviin muuttujiin on selvä.

Sormipaisukarpeen peittävyys oli tarkastelluista muuttujista huonoin ilmanlaadun indikaattori, sillä sen vaihtelua selittivät tarkastelluilla tilastomenetelmällä miltei pelkästään luonnolliset tekijät. Parhaiten ilmanlaatua kuvasi IAP-indeksi. Myös

sormipaisukarpeen vaurioaste ja lajilukumäärä olivat hyviä indikaattoritunnuksia. Yleinen vaurioaste kuvasi myös ilmanlaatua, mutta sen luotettava arviointi on haastavaa, sillä yleisen vaurioasteen arviointiasteikkoon sisältyy oletuksia jäkälälajiston reagoimisesta kuormitukseen sekä lajiston koostumuksen että sen ulkomuodon osalta, ja nämä oletukset eivät etenkään kuormitetuilla alueilla aina toteudu. Seuraavassa tarkastellaan tutkittuja jäkälämuuttujia ja niiden vaihteluun vaikuttaneita tekijöitä tilastomenetelmien valossa.

5.1

Sormipaisukarve

Sormipaisukarve on ilmanlaadun bioindikaattoritutkimuksissa keskeinen laji, joka ilmentää ilman epäpuhtauksien kuormitusta sekä ulkomuodollaan että runsaudellaan. Sormipaisukarve on hyvin yleinen laji, joka puuttuu ainoastaan kaikkein kuormitetuimmilta alueilta, ja bioindikaattoritutkimukseen soveltuvilla aloilla vain harvoin luontaisten tekijöiden vaikutuksesta. Tässä on tarkasteltu taustamuuttujien vaikutusta sormipaisukarpeen vaurioasteeseen ja peittävyYTEEN.

Regressioanalyysissä sormipaisukarpeen vaurioasteen vaihtelusta kuusi muuttujaa selittivät yhteensä 20,8 %. Selittäviä muuttujia (suluissa taustamuuttujan voimakkuus prosentuaalisena suhteena tutkittuun muuttujaan, etumerkki kertoo vaikutuksen suunnan ja tähdet tilastollisen merkitsevyyden: * melkein merkitsevä, ** merkitsevä, *** erittäin merkitsevä) olivat ilman mallinnettu SO₂-pitoisuus (0,24***), havaintopuun läpimitta (0,19***), etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen (-0,18***), havaintometsikön puuston pohjapinta-ala (0,17***), puiden pituus (-0,15***) sekä lähimmän lupavelvollisen päästölähteen NO_x-päästö (0,08*). Ilmanlaatua kuvaavat muuttujat selittivät vaihtelusta yli puolet (10,8 %) ja muut taustamuuttujat hieman alle puolet (9,6 %). Sormipaisukarpeen vaurioaste siis regressiomallin perusteella kasvoi, mitä lähempänä päästölähdettä havaintoala oli, ja mitä suurempi rikkipitoisuus alueelle oli mallinnettu. Myös lähimmän päästölähteen tyyden oksidien päästöt kasvattivat vaurioastetta, joskin selitysaste oli varsin pieni. Vaurioaste kasvoi myös suhteessa havaintopuun läpimittaan ja puuston pohjapinta-alaan. Puiden pituus puolestaan pienensi vaurioastetta. Puiden pituuden vaikutus voi liittyä kallioaloihin: sormipaisukarve usein kärsii kallioalojen paahteisuudesta ja kilpikaarnoittuvien mäntyjen huonosta kasvualustasta.

Sormipaisukarpeen peittävyYden vaihtelusta neljän muuttujan regressiomalli selitti 22,1 %. Tästä vaihtelusta ilmanlaatuun liittyvien muuttujien selitysaste oli kuitenkin vain 0,7 % luontaisten tekijöiden selittäessä loput vaihtelusta. Parhaiten sormipaisukarpeen peittävyYttä ennusti puuston ikä: iän kasvaessa sormipaisukarpeen peittävyys pieneni (-0,42***). PeittävyYttä kasvattivat puuston pituus (0,12***), pohjapinta-ala (0,09*) sekä lähimmän lupavelvollisen laitoksen NO_x-päästö (0,07*). Tarkastelun perusteella sormipaisukarpeen peittävyYttä ei voi pitää erityisen hyvänä ilmanlaadun indikaattorina. Tulos voi viitata välilliseen ilmanlaaduun indikaatioon kilpailuvaikutuksen kautta: sormipaisukarve on vahva kilpailija, joka kestää ilman epäpuhtauksia varsin hyvin, ja pystyy kuormitetuilla alueilla valtaamaan herkemiltä lajeilta vapautunutta kasvutilaa. Sormipaisukarpeen on myös epäilty hyötävän tyyppikuormituksesta, mitä oletamaa regressiomallin tulos vahvistaa. Samalla, kun lähimmän päästölähteen tyyden oksidien päästöt lisäsivät sormipaisukarpeen vaurioastetta, kasvoi myös sormipaisukarpeen peittävyys. Sormipaisukarve tosin kärsii ilman epäpuhtauksien päästöistä ja ilmentää niitä ulkomuodollaan, mutta samalla se pystyy vahvana kilpailijana hyötymään kuormituksesta, mikä näkyy sormipaisukarpeen peittävyYden kasvuna kuormitetuilla alueilla. Tosin peittävyYdestä tyyden oksidien päästöt selittivät paljon pienemmän osuuden kuin luontaiset tekijät.

Tarkasteltaessa taustamuuttujien vaikutuksia sormipaisukarpeeseen huomataan kehitysluokan ja puun läpimitan vaikuttavan sen esiintymiseen ja kuntoon: sormipaisukarve ei viihdy vanhoilla, kilpikaarnoittuvilla männyillä. Sormipaisukarpeen peittävyys on suurimmillaan varttuneissa männiköissä, kypsissä männiköissä peittävyys on pienempi. Iäkkäissä männiköissä sormipaisukarve oli vaurioituneempaa kuin nuoremmassa, mutta toisaalta tutkimuksen vanhimmat männiköt sijoituivat taajamien puistomaisille alueille. Lisäksi iäkkäitä mäntyjä esiintyi usein paahteisilla, harvapuustoisilla kallioaloilla.

Regressiomalliin ei ollut mahdollista sisällyttää metsätyyppin vaikutusta, mutta varianssianalyysin perusteella voidaan todeta, että sormipaisukarpeen vauriot ja toisaalta myös peittävyys olivat sitä suurempia, mitä rehevämpi oli metsätyyppi. Terveintä sormipaisukarve oli kuivilla, karuilla ja valoisilla metsätyypeillä. Tosin alojen epätasainen jakaantuminen metsätyyppin suhteen tausta- ja taajama-aloille voi vaikuttaa havaitun vaikutuksen tulkintaan. Vaurioaste ja peittävyys korreloivat keskenään negatiivisesti, eli mitä pienempi peittävyys, sitä vaurioituneempaa sormipaisukarvetta ja toisinpäin. Korrelaatiokerroin oli tosin varsin pieni, joten tulosta on pidettävä vain suuntaa-antavana. Yleensä ottaen silloin, kun sormipaisukarve on pahasti vaurioitunut, sen peittävyys ei ole kovin suuri, eikä tuloksesta ole syytä tehdä tätä laajempaa johtopäätöstä.

5.2

Lajistolliset tunnuksiset

Lajistotunnuksina käsitellään IAP-indeksiä, lajilukumäärää, yleistä vaurioastetta sekä luppojen peittävyttä. Tunnuksiset korreloivat keskenään voimakkaasti, sillä ne perustuvat luppojen peittävyttä lukuun ottamatta runkojäkälälajiston koostumukseen. Yleinen vaurioaste erittelee kestävämpien lehtimäisten ja herkempien pensasmaisten lajien esiintymisen ja kunnon, ja on siten samansuuntainen sekä sormipaisukarpeen vaurioasteen että lajilukumäärän ja IAP-indeksin kanssa. Lajistotunnuksiset ovat hyviä ilmanlaadun indikaattoreita, mutta IAP-indeksin herkkyys on kahta muuta tunnusta suurempi, sillä se ottaa huomioon erityisesti ilman epäpuhtauksille herkat lajit. Regressioanalyysissä lajistotunnuksista tutkitut taustamuuttujat selittivät enimmillään 18,5 % muuttujan vaihtelusta (IAP-indeksi). Ilmanlaatua kuvaavan muuttujan (etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen) selityssaste oli suurin myös IAP-indeksillä (-0,26).

Kuuden selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 18,5 % ilmanpuhtausindeksin vaihtelusta. Luontaiset taustamuuttujat selittivät vaihtelusta 7,4 % ja ilmanlaatua kuvaavat muuttujat 11,1 %. Alan etäisyys päästölähteestä (0,26***), puiden läpimitta (-0,18***) ja pohjapinta-ala (-0,17***) ennustivat parhaiten ilmanpuhtausindeksin alakohtaista arvoa. Ilmanpuhtausindeksin arvot kasvoivat, kun etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen kasvoi, ja pienenevät, kun puuston läpimitta ja pohja-pinta-ala kasvoivat. Puuston läpimitan vaikutus ilmanpuhtausindeksiin liittyy todennäköisesti havaintoalojen epätasaiseen jakaantumiseen läpimitan suhteen tausta- ja taajama-aloille, eli taajama-aloilla puut olivat keskimäärin iäkkäämpiä ja paksumpia kuin tausta-aloilla. Pohjapinta-ala puolestaan kuvaa metsätyyppin vaikutusta: rehevämmillä metsätyypeillä puusto on tiheämpää ja sulkeutuneempaa kuin kuivemmillä ja karummilla metsätyypeillä, ja jäkälät kärsivät runsaan puuston aiheuttamasta varjostuksesta. Myös puuston ikä (-0,10**), ilman rikkidioksidipitoisuudet (-0,09**) ja typen oksidien ja hiukkasten pitoisuudet (-0,11**) vaikuttivat ilmanpuhtausindeksiin sitä alentavasti.

Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien havaintoalakohtaisen lukumäärän vaihtelua regressiomalli ei selittänyt yhtä hyvin kuin IAP-indeksin vaihtelua. Viiden

selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 9,7 % ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärän vaihtelusta. Lukuun ottamatta NO_x - ja hiukkaspäästöjä lajilukumäärän vaihtelua selittivät samat muuttujat kuin IAP-indeksin vaihteluakin. Luonnolliset taustamuuttujat selittivät 4,7 % ja ilmanlaatuun liittyvät muuttujat 5,0 % lajilukumäärän vaihtelusta. Pienehkö selitysaste kertoo siitä, että regressiomallissa eivät välttämättä ole mukana kaikki jäkälien lajilukumäärään vaikuttavat tekijät. Alan etäisyys päästölähteestä (0,18^{***}) ja puuston pohjapinta-ala (-0,16^{***}) ennustivat parhaiten lajilukumäärän vaihtelua. Kun etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen kasvoi, kasvoi myös alakohtainen jäkälien lajilukumäärä. Jäkälien lajilukumäärä puolestaan pieneni kun puuston pohja-pinta-ala kasvoi. Myös puuston läpimitta (-0,11^{**}), ikä (-0,11^{**}) ja ilman rikkidioksidipitoisuus (-0,09^{*}) vaikuttivat ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärään sitä alentavasti.

Yleisen vaurioasteen vaihtelusta taustamuuttujat selittivät regressiomallissa 17,4 %. Luonnolliset taustamuuttujat selittivät yleisen vaurioasteen vaihtelusta 9,0 % ja ilmanlaatuun liittyvät muuttujat 8,1 %. Etäisyys lähimmästä lupavelvollisesta päästölähteestä ennusti parhaiten (-0,25^{***}) yleisen vaurioasteen vaihtelua: yleinen vaurioaste pieneni etäisyyden kasvaessa päästölähteeseen. Myös puuston pohjapinta-ala (0,14^{***}), läpimitta (0,16^{***}) ja pituus (0,16^{***}) sekä typen oksidien ja hiukkasten pitoisuudet (0,11^{***}) selittivät merkittävän osan yleisen vaurioasteen vaihtelusta: yleinen vaurioaste kasvoi näiden muuttujien arvojen kasvaessa.

Kuten sormipaisukarpeen vaurioaste ilmensi metsätyyppin rehevyyden ja tästä johtuvan varjoisuuden vaikutusta, myös lajistotunnukset olivat huonompia rehevämällä metsätyyppillä. Myös loppujen peittävyys oli suurempi karummilla metsätyyppillä kuin rehevämällä metsätyyppillä. Rehevämällä metsätyyppillä latvuskerros on sulkeutuneempi ja metsä on varjoisampi kuin karummilla tyyppillä, lisäksi runsas alikasvospuusto huonontaa runkojäkälien kasvuolosuhteita. Lajistomuuttujat korreloivat puiden pituuden kanssa siten, että mitä pidempiä puut olivat, sitä vähemmän lajeja niillä havaittiin. Korrelaatio voi liittyä osaltaan metsätyyppihin ja toisaalta kallioaloihin: vaikkakaan sormipaisukarve ei viihdy kallioaloilla paahteisuuden ja puiden kilpikaarnoitumisen vuoksi erityisen hyvin, ovat nämä paikat varsin hyviä kasvupaikkoja useille herkille jäkälälajeille.

5.3

Levän esiintyminen

Levä on ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori, eli se runsastuu kuormitetuilla alueilla. Levän esiintymisen ja runsauden on katsottu kuvaavan erityisesti typpikuormitusta, josta sen arvellaan hyötyvän. Levän esiintymisen ja IAP-indeksin, lajilukumäärän sekä loppujen peittävyden välillä havaittiin negatiiviset korrelaatiot, eli mitä enemmän levää puilla oli havaittu, sitä huonompia olivat lajistotunnukset. Positiivisia korrelaatioita havaittiin sormipaisukarpeen peittävyden sekä sormipaisukarpeen vaurioasteen ja yleisen vaurioasteen välillä, eli mitä enemmän levää havaittiin, sitä peittävämpi oli sormipaisukarve, mutta samalla myös molemmat vaurioasteet kasvoivat.

Regressioanalyysin perusteella tarkastellut taustamuuttujat selittivät levän yleisyydestä 20,7 %, josta 14,8 % selittyi luonnollisten taustamuuttujien vaihtelulla ja 5,9 % ilmanlaatua kuvaavilla muuttujilla. Parhaiten levän yleisyyttä ennusti regressioanalyysin perusteella puuston pohjapinta-ala (0,28^{***}), jonka kasvaessa levä runsastuu. Pohjapinta-alan vaikutus on siis levän osalta päinvastainen kuin ilman epäpuhtauksille herkillä lajeilla. Ilmanlaatua kuvaavista muuttujista ainoastaan etäisyydellä lähimmästä päästölähteestä (-0,25^{***}) oli vaikutusta levän yleisyyteen; levä

oli sitä yleisempää, mitä lähempänä päästölähdettä oltiin. Myös puiden läpimitalla ($0,20^{***}$), pituudella ($-0,14^{***}$) ja iällä ($-0,05^{***}$) oli vaikutusta levän yleisyyteen.

Regressioanalyysin perusteella puiden iän vaikutus levän yleisyyteen on negatiivinen, eli mitä vanhempia puita, sitä vähemmän levää. Kuitenkin tarkasteltaessa varianssianalyysillä levän jakautumista luokkiin puiden kehitysluokan suhteen, havaittiin, että levä oli kypsissä metsiköissä yleisempää kuin varttuneissa. Varianssianalyysillä havaitun eron taustalla voi olla puiden erilainen jakautuminen tausta- ja taajama-aloille metsän kehitysasteen mukaan; iän mukaan vastaavaa jakautumista ei ollut havaittavissa. Myös metsikön soveltuvuus vaikutti levän esiintymiseen, sillä levä oli soveltuvuudeltaan kohtalaisiksi arvioituissa metsiköissä yleisempää kuin hyvissä. Myös metsätyypillä oli vaikutusta levän esiintymiseen; se oli yleisempää rehevämmillä metsätyypeillä kuin karuilla metsätyypeillä. Metsätyypin vaikutus levän esiintymiseen oli siis päinvastainen kuin lajistotunnuksilla. Levä ei ilmeisesti kärsi varjostuksesta samalla tavoin kuin ilman epäpuhtauksille herkät jäkälälajit.



6 Vertailu

6.1

Vuosien välinen vertailu

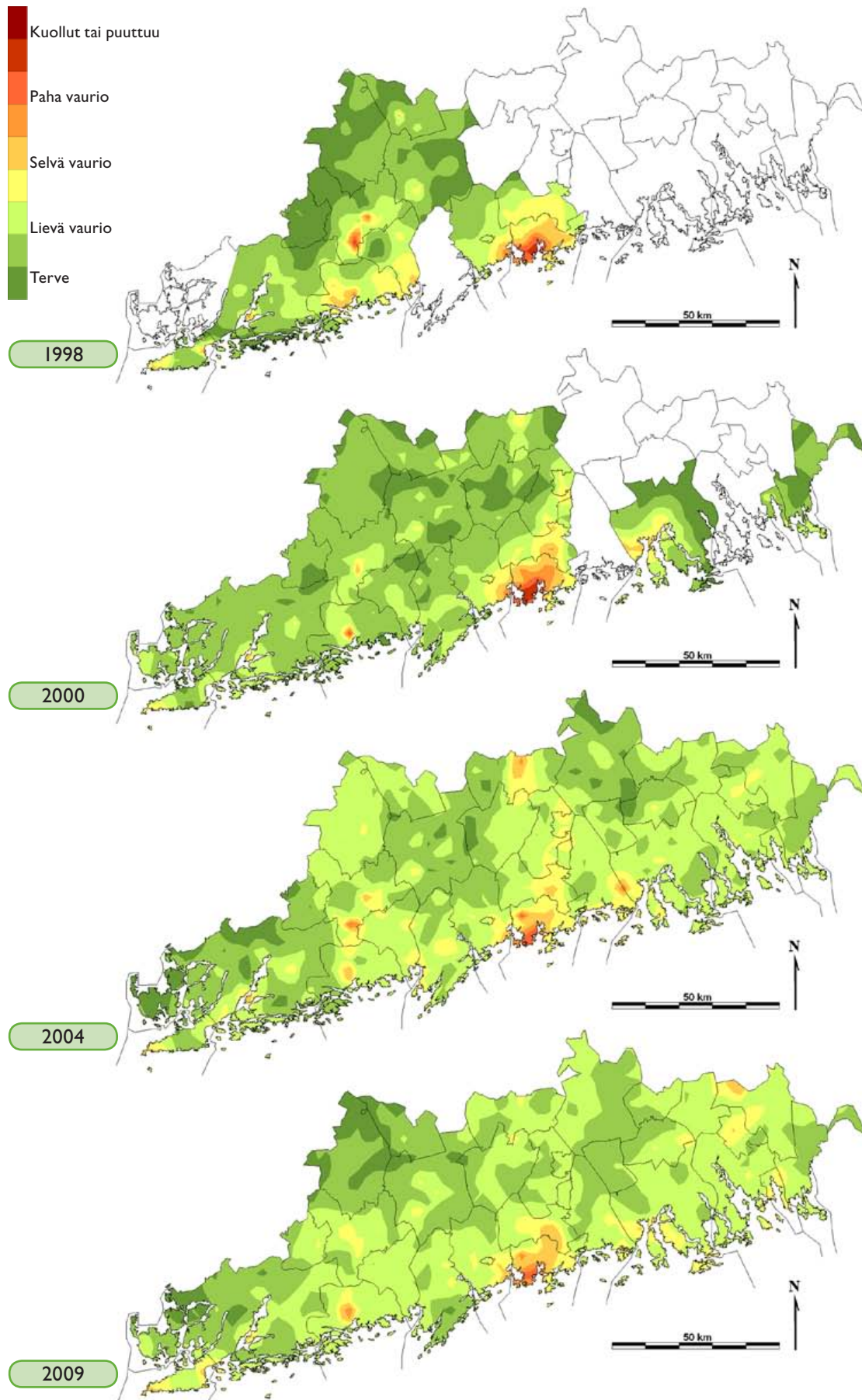
Tässä luvussa vertaillaan vuonna 2009 saatuja tuloksia aikaisempien vuosien bioindikaattoritutkimusten tuloksiin. Vertailuun on otettu mukaan vuodet 1998, 2000 ja 2004 tulosten vertailtavuuden perusteella. Vertailuvuosina käytetyt menetelmät ja havaintoalat ovat samoja. Vertailujen kattavuus vaihtelee; vuonna 1998 tutkimus toteutettiin pääkaupunkiseudulla ja osassa Länsi-Uudenmaan kuntia, vuonna 2000 Länsi-Uudellamaalla ja osassa Itä-Uudenmaan kuntia, ja vuonna 2004 sekä Länsi-että Itä-Uudenmaan alueella, kuten vuonna 2009. Vertailun havainnollistamiseksi alla esitetään vyöhykekartat sormipaisukarpeen vaurioasteesta, lajilukumääristä ja IAP-indeksistä vuosilta 1998, 2000, 2004 ja 2009. Vyöhykekarttoja laadittaessa vaihtuneita aloja ei ole jätetty pois, vaan tarkoituksena on saada yleiskuva jäkäläien indikoimasta ilmanlaadun vaihtelusta alueella eri vuosina. Myöhemmin aloja ja puita sekä niiden keskiarvoja eri vuosina vertailtaessa on vertailusta jätetty vaihtuneet alat ja puut pois. Liitteessä 33 on esitetty vuosien välisestä vertailusta taulukot, joista käy ilmi vuosien välisten erojen tilastolliset merkitsevyydet.

Sormipaisukarpeen pahimmat vauriot sijoittuivat jokaisena tutkimusvuotena Helsinkiin. Selviä tai pahoja vaurioita havaittiin jokaisena tutkimusvuotena Lohjan keskustan alueella, Inkoossa, Tammisaaren keskustassa ja Hangon kärjessä. Erityisesti Lohjan vauriot olivat vuonna 2009 lieventyneet. Vauriovyöhykkeiden koko ja vaurioasteet vaihtelivat muillakin alueilla vuosien välillä. Itä-Uudellamaalla sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä tai pahoja Porvoon Kilpilahdessa. Vuonna 2000 selvien vaurioiden vyöhyke ulottui Porvoon keskustan alueelle, myöhemminä tutkimusvuosina sormipaisukarve oli Porvoon keskustan alueella lievästi vaurioitunutta. Vuosina 2000 ja 2004 Hyvinkäällä havaittiin selviä tai pahoja vaurioita. Vuonna 2009 Itä-Uudellamaalla havaittiin selvien vaurioiden vyöhykkeitä, joita ei aiempina tutkimusvuosina alueella ollut. (Kuva 48.)

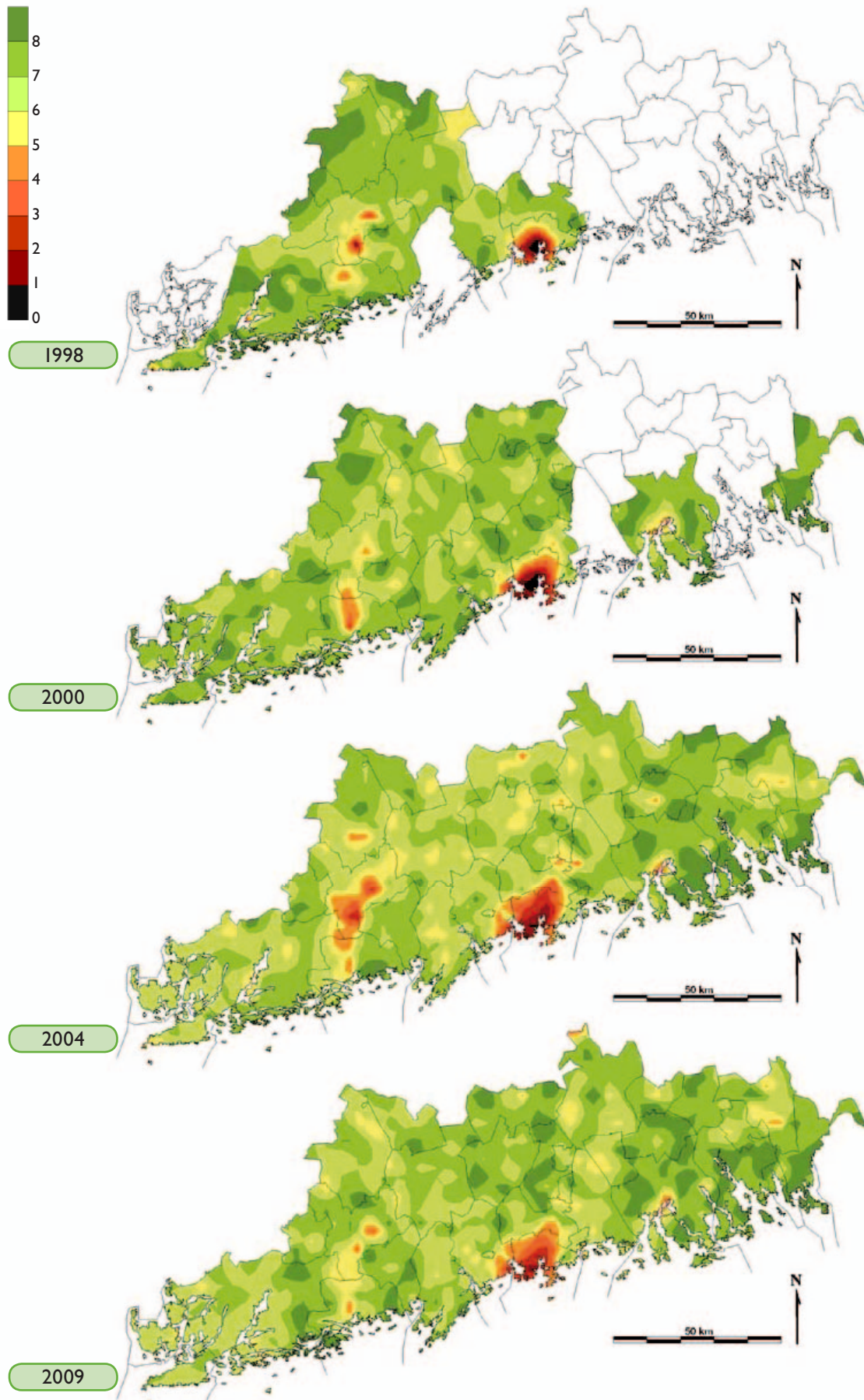
Sormipaisukarpeen kunnan osalta terveimpiä alueita olivat Länsi-Uudellamaalla Raaseporin länsiosat ja Karjalohjalta Lohjan kautta Nummi-Pusulaaan ulottuva vyöhyke sekä Vihdin alue. Kaikkein terveimmän vyöhykkeen laajuudessa on eri vuosien välillä jonkun verran vaihtelua; vyöhyke oli Länsi-Uudellamaalla laajin vuonna 1998. Itä-Uudellamaalla terveimpien alueiden sijainti on vaihdellut; vuonna 2000 sormipaisukarve oli varsin tervettä Porvoon itäosissa ja Ruotsinpyhtäällä, vuonna 2000 Mäntsälä-Askola-alueella, ja vuonna 2009 Sipoo-Pornainen-Mäntsälä-akselilla.

Lajistoltaan köyhtynein vyöhyke sijaitsi jokaisena tutkimusvuotena Helsingissä, ja ulottui sieltä Vantaan ja Espoon puolelle. Lohjaan sijoittui jokaisena tutkimusvuotena köyhtynyt vyöhyke. Myös Inkoossa oli köyhtynyt vyöhyke vuotta 1998 lukuun ottamatta, joka osana tutkimusvuosista yhdistyi Lohjan vauriovyöhykkeeseen. Porvoon keskustan alueella oli jokaisena tutkimusvuotena lajistoltaan köyhtynyt vyöhyke. Pienempiä lajistoltaan köyhtyneitä tai lievemmin köyhtyneitä vyöhykkeitä havaittiin eri paikoissa eri puolilla tutkimusalueita eri vuosina. Luonnontilaisinta jäkälälajisto oli Itä-Uudellamaalla ja Länsi-Uudenmaan rannikolla. (Kuva 49.)

IAP-indeksin vaihtelu vuosien välillä oli samankaltaista selvemmin köyhtyneiden alueiden sijainnin suhteen. Vuonna 2004 indeksin arvot olivat etenkin Länsi-Uudellamaalla huomattavan alhaisia. Vuoteen 2009 tultaessa lajisto oli monipuolistunut. Itä-Uudenmaan jäkälälajisto oli sekä vuonna 2004 että vuonna 2009 monipuolisempaa kuin Länsi-Uudellamaalla. (Kuva 50.)

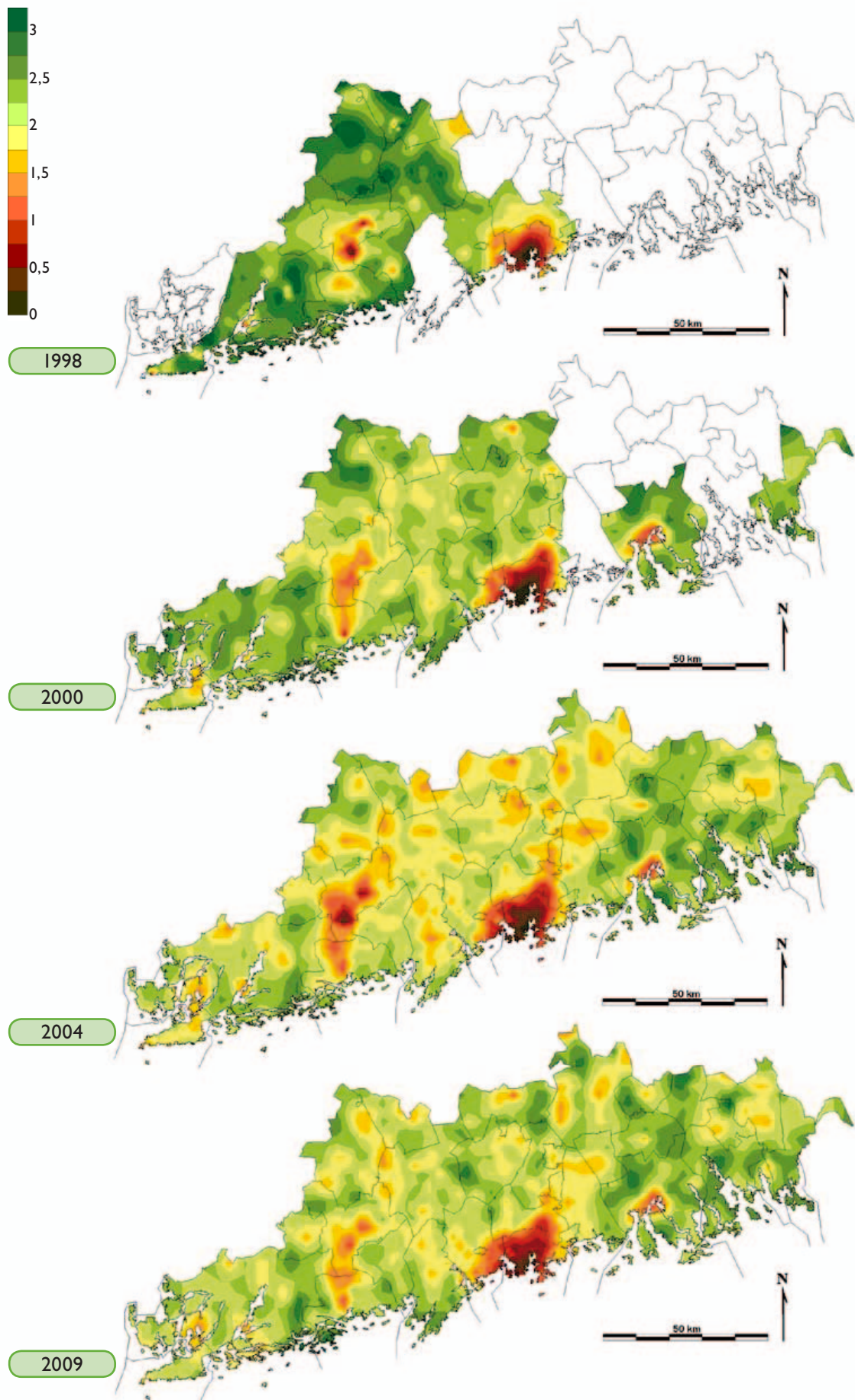


Kuva 48. Sormipaisukarpeen vaurioasteet tutkimusalueella vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.
 Figur 48. Blåslavens skadeklasser på forskningsområdet åren 1998, 2000, 2004 och 2009.



Kuva 49. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärät havaintoaloilla vyöhykkeittäin vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

Figur 49. Zoner av antalet lavar som tar skada av luftföroreningar åren 1998, 2000, 2004 och 2009



Kuva 50. IAP-indeksin vyöhykkeet vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

Figur 50. Zoner som beskriver IAP-indexet åren 1998, 2000, 2004 och 2009.

Vertailu vuosien 2004 ja 2009 välillä

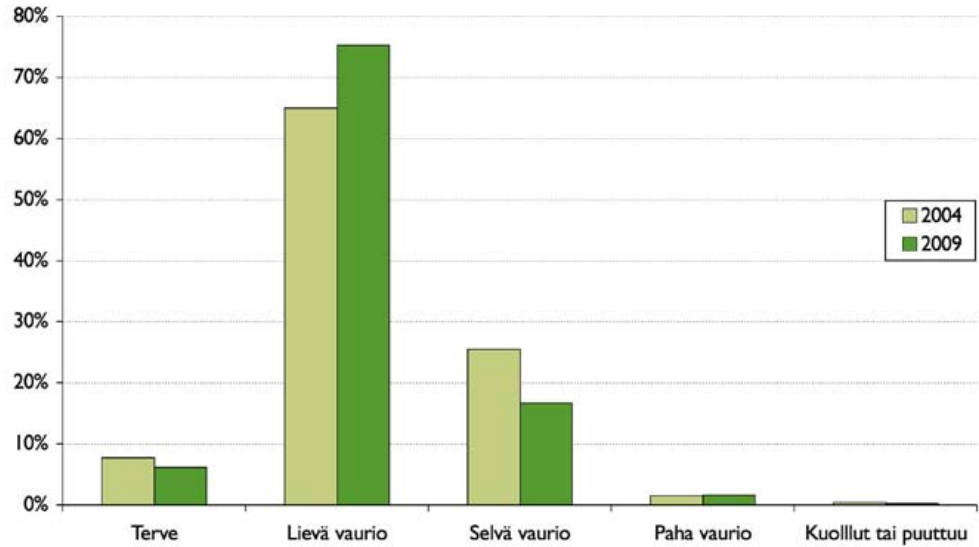
Mäntyjen runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja eri tutkimusvuosina ja vuosien väliset tilastolliset vertailut on esitetty taulukossa 12. Keskimääräinen IAP-indeksin arvo oli vuonna 2009 hieman suurempi kuin vuonna 2004. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien ala- ja runkokohtaiset lajilukumäärät olivat suurempia vuonna 2009 kuin vuonna 2004 eron ollessa molemmilla muuttujilla tilastollisesti erittäin merkitsevä. Keskimääräisessä sormipaisukarpeen vaurioasteessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusvuosien välillä, mutta vauriot pienentyivät hieman vuodesta 2004 vuoteen 2009. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys pieneni tilastollisesti merkitsevästi vuodesta 2004 vuoteen 2009, mutta luppojen keskimääräisissä peittävyyksissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusvuosien välillä. Levä oli yhtä yleistä havaintoaloilla molempina tutkimusvuosina.

Taulukko 12. Männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset parittaiset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**), ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***). N = 688.

Tabell 12. Kännetecken som beskriver tallens stamlavar på de provtytor, som var desamma åren 2004 och 2009. Jämförelsen mellan åren är genomförd med märketest. Nästan betydande ($p < 0,05$) testresultat har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**), och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***). N = 688.

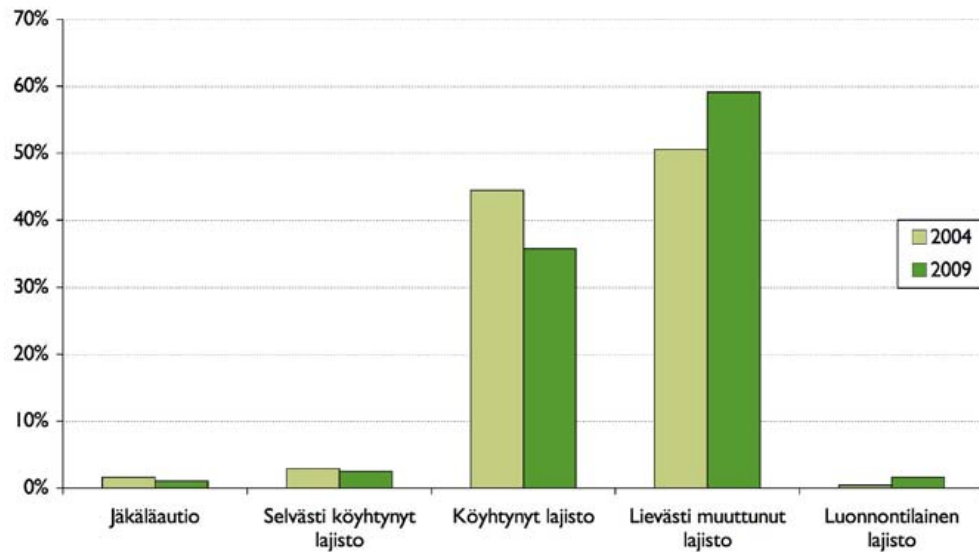
n = 688		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	testisuure Z	p-arvo
Ilmanpuhtausindeksi	2004	2,0	0,51	0,04	3,4	-8,37	0,000***
	2009	2,1	0,51	0,16	3,2		
Lajilukumäärä (alakohtainen)	2004	6,7	1,43	1	10	-5,72	0,000***
	2009	7,0	1,40	1	10		
Lajilukumäärä (runkokohtainen)	2004	4,54	1,43	0	9	-16,0	0,000***
	2009	4,78	1,43	0	9		
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,2	0,54	1,1	4,8	-0,82	0,412
	2009	2,1	0,50	1,1	4,9		
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2004	4,4	3,74	0	27,1	-7,18	0,000***
	2009	4,0	3,74	0	26,5		
Luppojen peittävyys (%)	2004	0,2	0,87	0	10	-0,18	0,853
	2009	0,3	1,11	0	10		
Levän yleisyys	2004	3,9	3,70	0	10	-1,80	0,072
	2009	4,0	3,60	0	10		

Kuvissa 51 ja 52 on esitetty havaintoalojen jakaantuminen luokkiin sormipaisukarpeen vaurioasteen ja IAP-indeksin mukaan vuosina 2004 ja 2009. Sormipaisukarpeen vaurioasteen terve ja selvästi vaurioitunut luokka ovat pienentyneet vuoteen 2004 verrattuna, ja lievien vaurioiden luokka kasvanut. IAP-indeksin köyhtyneimpien lajitojen luokat ovat pienentyneet vuodesta 2004 vuoteen 2009, ja lievästi muuttuneen ja luonnontilaisen lajiston luokat kasvaneet.



Kuva 51. Samana pysyneet havaintoalat luokiteltuna sormipaisukarpeen vaurioasteen mukaan vuosina 2004 ja 2009. N = 688.

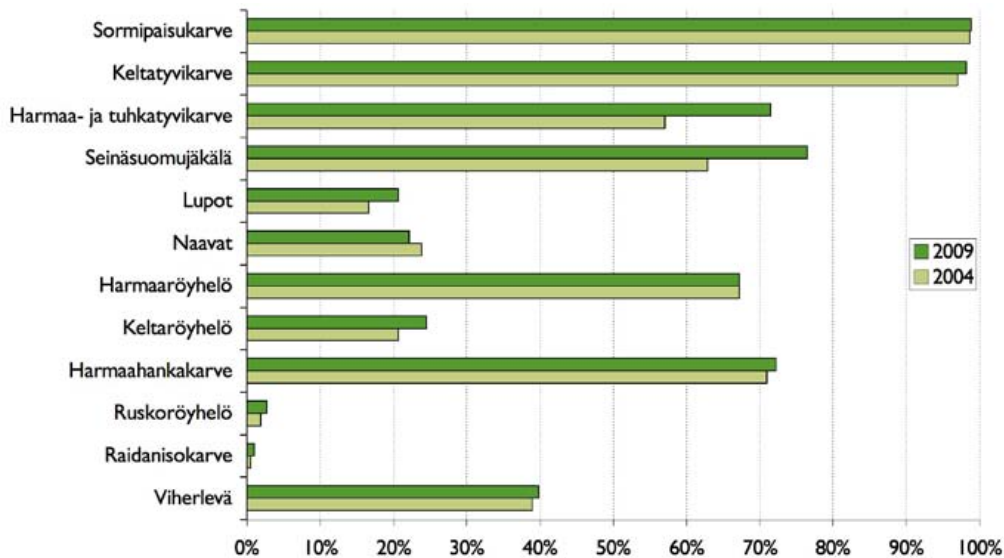
Figur 51. Provytor, som var desamma åren 2004 och 2009, klassificerade enligt blåslavens skadeklasser. N = 688.



Kuva 52. Samana pysyneet havaintoala luokiteltuna IAP-indeksin arvon mukaan vuosina 2004 ja 2009. N = 688.

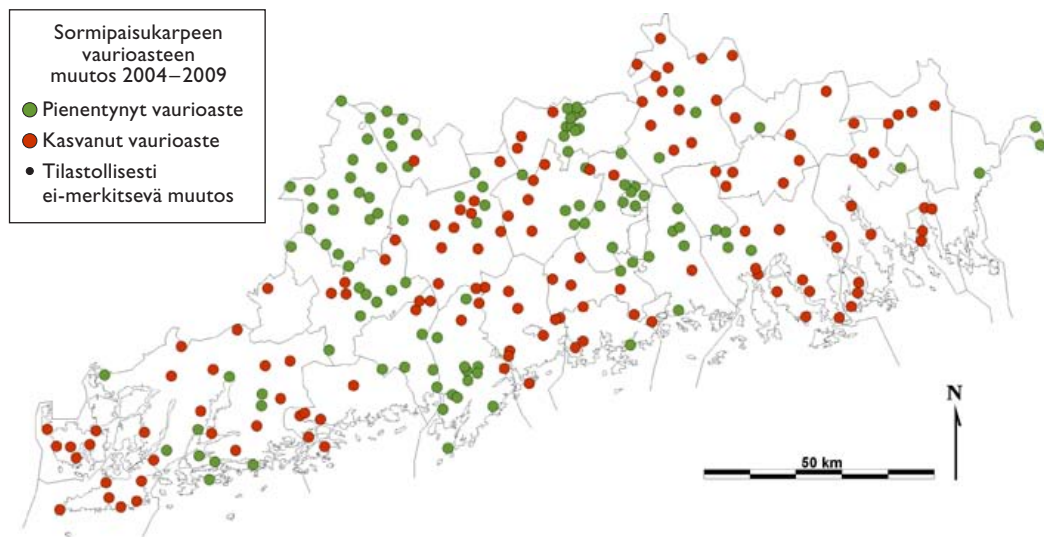
Figur 52. Provytor, som var desamma åren 2004 och 2009, klassificerade enligt IAP-indexets värden. N = 688

Jäkälälajien esiintymisfrekvenssit samana pysyneillä rungoilla vuosina 2004–2009 on esitetty kuvassa 53. Kaikkien muiden lajien paitsi naavojen ja harmaaröyhelön runsaus oli kasvanut vuodesta 2004 vuoteen 2009. Erityisen selvästi oli kasvanut harmaa- ja tuhkatyvikarpeen ja seinäsuomujäkälän runsaus. Naavoja havaittiin vuonna 2009 hieman vähemmän kuin vuonna 2004, ja harmaaröyhelöä esiintyi tutkimusvuosina yhtä paljon. Tarkasteltaessa eri lajien runkokohtaista runsautta kaikkien muiden lajien paitsi harmaahankakarpeen ja levän runsauksien muutos vuodesta 2004 vuoteen 2009 oli merkitsevä tai erittäin merkitsevä (ks. liite 33).



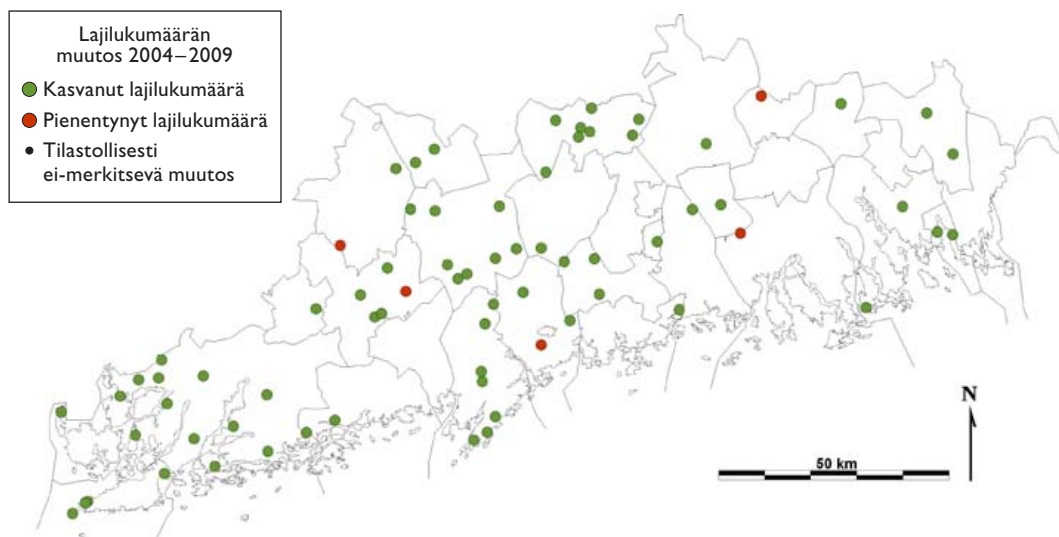
Kuva 53. Jäkälälajien esiintymisfrekvenssit vuosina 2004 ja 2009. N = 6393.
 Figur 53. Lavarternas förekomstfrekvenser åren 2004 och 2009. N = 6393.

Kuvissa 54 ja 55 on esitetty runkokohtaisten vertailujen tuloksena niiden alojen sijoittuminen, joilla sormipaisukarpeen vaurioasteessa ja lajilukumäärässä on tapahtunut muutoksia. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli kasvanut 133 havaintoalalla ja pienentynyt 113 havaintoalalla. Lajilukumäärä puolestaan oli kasvanut 68 havaintoalalla ja pienentynyt viidellä havaintoalalla.



Kuva 54. Sormipaisukarpeen vaurioasteen muutos vuosina 2004–2009. Karttaan on merkitty alat, joilla vaurioasteessa ei ole tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta sekä alat, joilla vaurioaste on joko kasvanut tai pienentynyt tilastollisesti merkitsevästi.

Figur 54. Förändringar av blåslavens skadeklass mellan åren 2004–2009. De provtytor, på vilka statistiskt betydande förändringar inte har skett och provtytor på vilka skadeklassen antingen har växt eller minskat, har markerats på kartan.



Kuva 55. Havaintoalojen lajilukumäärän muutos vuosina 2004–2009. Karttaan on merkitty alat, joiden lajilukumäärässä ei ole tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta sekä alat, joilla lajilukumäärä on joko kasvanut tai pienentynyt tilastollisesti merkittävästi.

Figur 55. Förändringar av antalet lavararter på provytor mellan åren 2004–2009. De provytor, på vilka statistiskt betydande förändringar inte har skett och provytor, på vilka skadeklassen antingen har växt eller minskat, har markerats på kartan.

6.1.2

Vertailu vuosien 2000, 2004 ja 2009 välillä

Vuosien 2000, 2004 ja 2009 välinen vertailu koskee Länsi-Uudenmaan aluetta sekä Itä-Uudeltamaalta Porvoon, Loviisan ja Ruotsinpyhtään alueita.

Mäntyjen runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja eri tutkimusvuosina ja vuosien väliset tilastolliset vertailut on esitetty taulukossa 13. Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat pienimmillään vuonna 2004. Vuonna 2009 ne olivat lähempänä vuoden 2000 parempaa tasoa. Samoin keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat vuoden 2000 alhaisimmasta tasosta vuoteen 2004. Vauriot lieventyivät vuosien 2004 ja 2009 välillä, mutta ero vuosien välillä ei ollut tilastollisesti merkittävä. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys pieneni tasaisesti koko tutkimusjakson 2000–2009 ajan 6,5 %:sta 3,8 %:n. Myös luppojen keskimääräinen peittävyys tutkimusrungoilla pieneni tasaisesti seuranta-ajanjakson aikana 0,6 %:sta lähes nollan prosentin peittävyyteen. Levä puolestaan yleistyi tutkimusalueella seurantajakson 2000–2009 aikana: vuonna 2000 levää havaittiin keskimäärin 2,2 puulla havaintoalaa kohti, kun vuonna 2009 sitä havaittiin jo keskimäärin neljällä puulla havaintoalaa kohti. Merkittävyytaset ja testisuureet sekä jäkäletunnusten kehitys vuosina 2000–2009 on esitetty liitteessä 33.

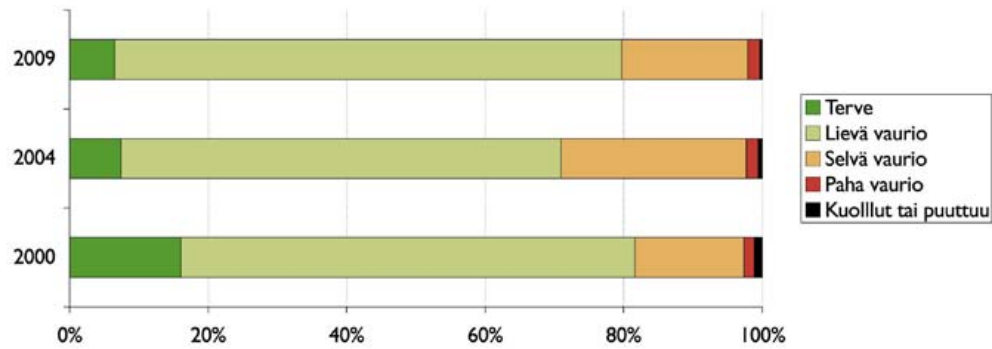
Taulukko 13. Männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset parittaiset vertailut on tehty Bonferronin monivertailumenetelmällä ja sormipaisukarpeen vaurion osalta merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***) . N = 523.

Tabell 13. Kännetecken som beskriver tallens stamlavar på de provytor, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelsen mellan åren är genomförd med Bonferronis mångjämförelsemetod och för blåslavnes skadeklasser med märketest. Nästan betydande ($p < 0,05$) testresultat har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) ja synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***) . N = 523.

n = 523		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,53	0	3,20
	2004	1,9	0,52	0,04	3,09
	2009	2,0	0,52	0,16	3,13
Lajilukumäärä	2000	7,1	1,41	1	10
	2004	6,6	1,45	1	10
	2009	7,0	1,40	1	10
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,63	1,0	5,0
	2004	2,2	0,57	1,1	4,8
	2009	2,1	0,52	1,1	4,9
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2000	6,5	5,52	0	47,5
	2004	4,3	3,65	0	27,1
	2009	3,8	3,45	0	26,5
Luppojen peittävyys (%)	2000	0,6	1,88	0	17
	2004	0,2	0,84	0	10
	2009	0,0	0,06	0	0,5
Levän yleisyys	2000	2,2	3,02	0	10
	2004	3,8	3,64	0	10
	2009	4,0	3,65	0	10

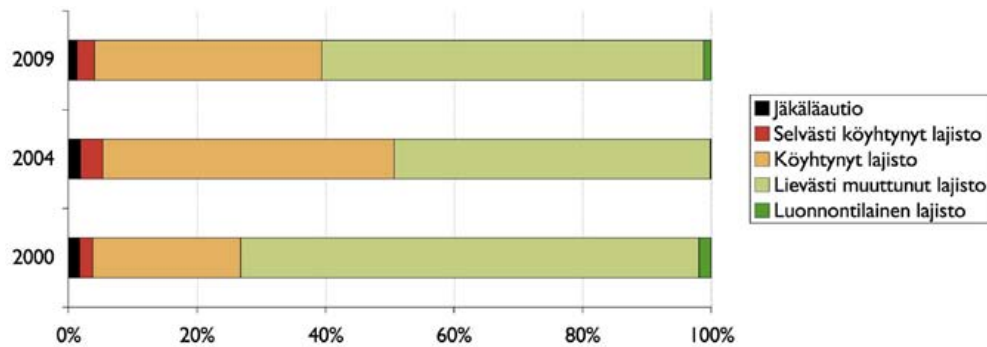
Kuvissa 56 ja 57 on esitetty havaintoalojen jakaantuminen luokkiin sormipaisukarpeen vaurioasteen ja IAP-indeksin mukaan vuosina 2000, 2004 ja 2009. Sormipaisukarpeen vaurioiden osalta suurin luokka jokaisena tutkimusvuotena on ollut lievien vaurioiden luokka, joka vuonna 2009 oli suurimmillaan. Terveen sormipaisukarpeen luokka oli suurimmillaan vuonna 2000. Selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta havaittiin eniten vuonna 2004. Kuolleen tai puuttuvan sormipaisukarpeen luokka oli kuitenkin vuosina 2004 ja 2009 selvästi pienempi kuin vuonna 2000.

IAP-indeksin mukaan luokiteltujen havaintoalojen suurin luokka oli kaikkina tutkimusvuosina lievästi muuttuneen lajiston luokka. Selvästi köyhtyneen lajiston luokka oli vuosina 2004 ja 2009 suurempi kuin vuonna 2000. Jäkäläaution ja selvästi köyhtyneen lajiston luokat olivat suurimmillaan vuonna 2004, jolloin luonnontilaisen lajiston luokka oli hyvin pieni.



Kuva 56. Havaintoalojen jakaantuminen luokkiin sormipaisukarpeen vaurioasteen mukaan vuosina 2000, 2004 ja 2009.

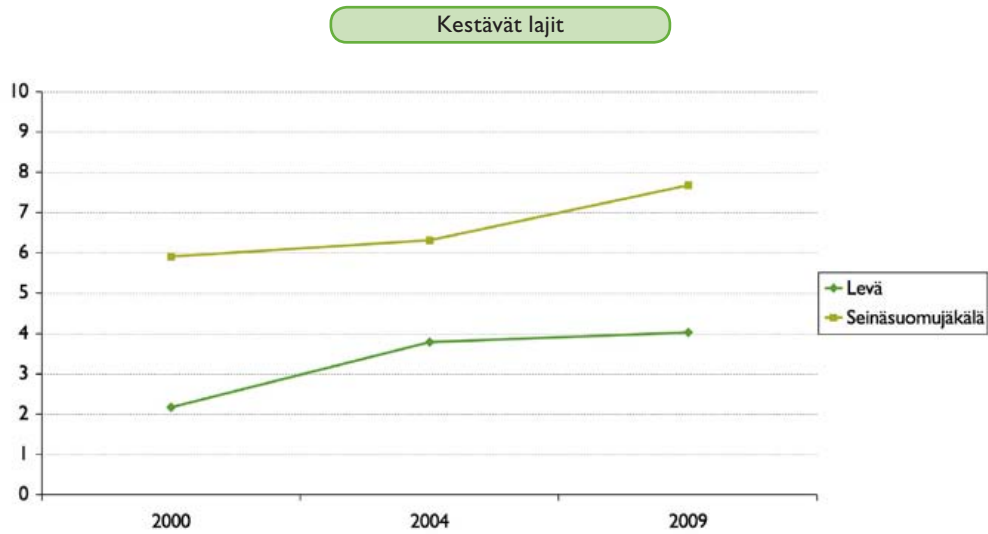
Figur 56. Blåslavens skadefrekvenser åren 2000, 2004 och 2009.



Kuva 57. Havaintoalojen jakaantuminen luokkiin IAP-indeksin mukaan vuosina 2000, 2004 ja 2009.

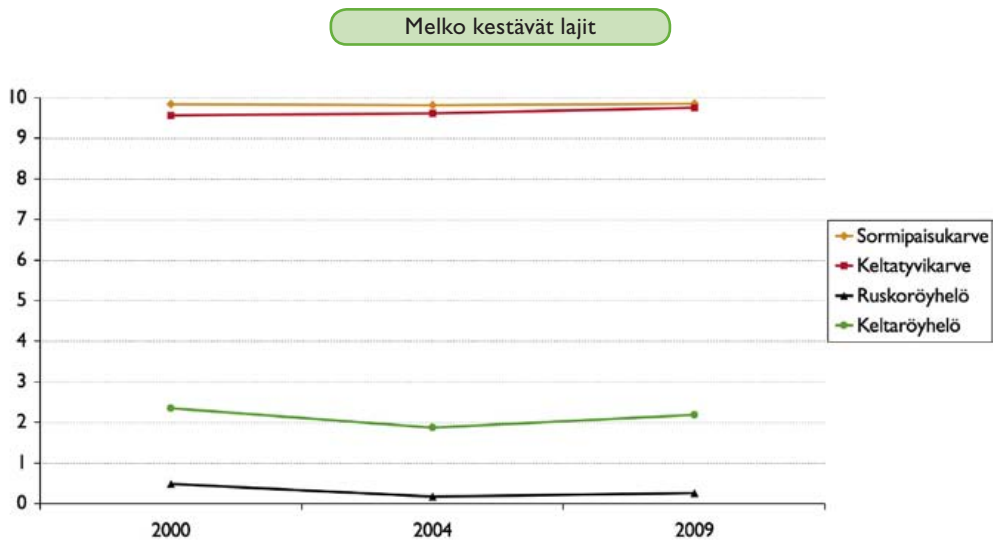
Figur 57. Distribution av IAP-indexet åren 2000, 2004 och 2009.

Kestävien jäkälälajien, levän ja seinäsuomujäkälän, yleisyys havaintoaloilla vaihteli samoin eri tutkimusvuosina (kuva 58). Molemmat lajit yleistyivät havaintoaloilla seurantajakson 2000–2009 aikana. Myös melko kestävien jäkälälajien yleisyys havaintoaloilla vaihteli samalla tavalla tutkimusvuosina 2000, 2004 ja 2009 (kuva 59). Tosin keltaröyhelön yleisyyden muutokset vuodesta 2000 vuoteen 2004 ja vuodesta 2004 vuoteen 2009 olivat suhteessa hieman suurempia kuin muiden melko kestävien jäkälälajien, joiden yleisyydet pysyivät seurantajakson aikana melko samoina. Melko herkistä jäkälälajeista harmaaröyhelön ja hankakarpeen yleisyydet vaihtelivat samoin eri tutkimusvuosina: niiden esiintyminen tutkimusrungoilla väheni vuodesta 2000 vuoteen 2004 mutta ne yleistyivät vuodesta 2004 vuoteen 2009. Harmaa- ja tuhkatyvikarpeen yleisyys väheni harmaaröyhelön ja hankakarpeen tavoin vuodesta 2000 vuoteen 2004, mutta vuosien 2004 ja 2009 välillä se yleistyivät harmaaröyhelöä ja hankakarvetta enemmän. Raidanisokarvetta esiintyi tutkimusrungoilla niin harvoin, että sen esiintymisestä on vaikea vetää johtopäätöksiä (kuva 60). Ilmansaasteille herkkien luppojen ja naavojen esiintyminen tutkimusrungoilla väheni vuodesta 2000 vuoteen 2004 samalla tavalla, mutta vuodesta 2004 vuoteen 2009 lupot yleistyivät naavoja enemmän (kuva 61).



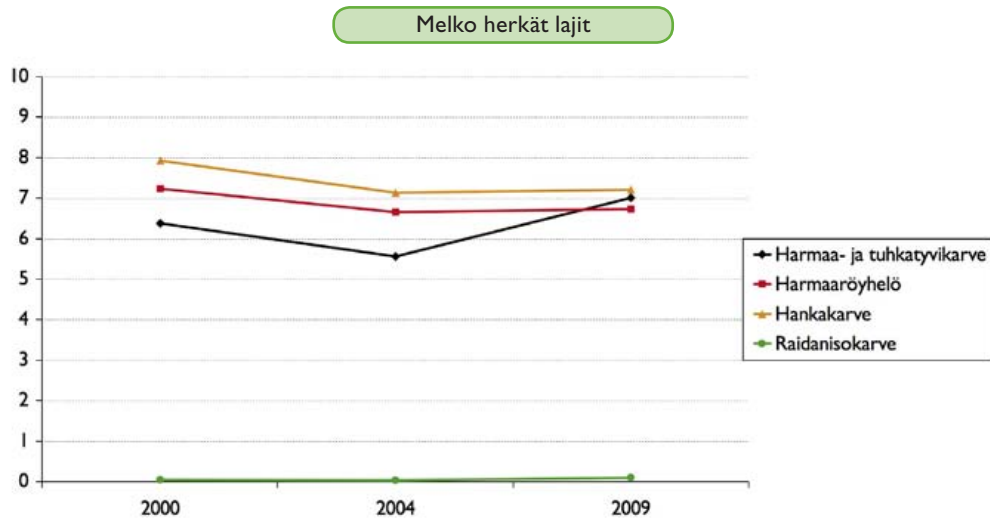
Kuva 58. Kestävien jäkälälajien (kts. taulukko 4) keskimääräinen esiintyminen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 58. Genomsnittlig förekomst av uthålliga lavararter på provtytor, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009.



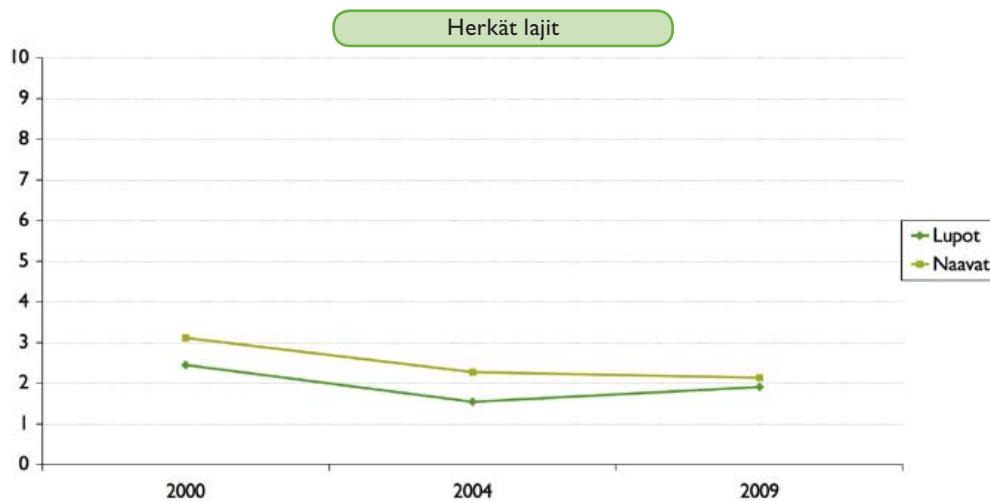
Kuva 59. Melko kestävien jäkälälajien (kts. taulukko 4) keskimääräinen esiintyminen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 59. Genomsnittlig förekomst av relativt uthålliga lavararter på provtytor, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009.



Kuva 60. Melko herkkien jäkälälajien (kts. taulukko 4) keskimääräinen esiintyminen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 60. Genomsnittlig förekomst av relativt känsliga lavararter på provvytor, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009.



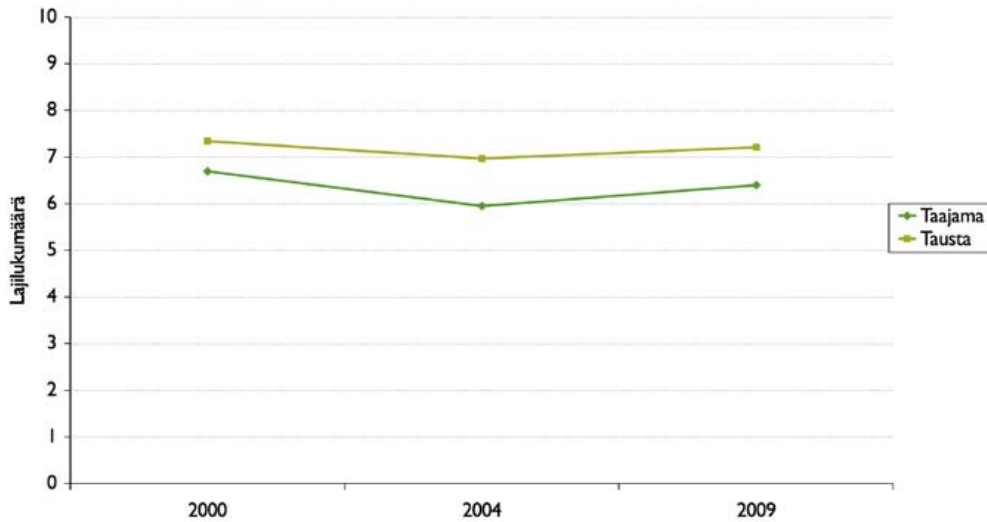
Kuva 61. Herkkien jäkälälajien (kts. taulukko 4) keskimääräinen esiintyminen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 61. Genomsnittlig förekomst av känsliga lavararter på provvytor, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009.



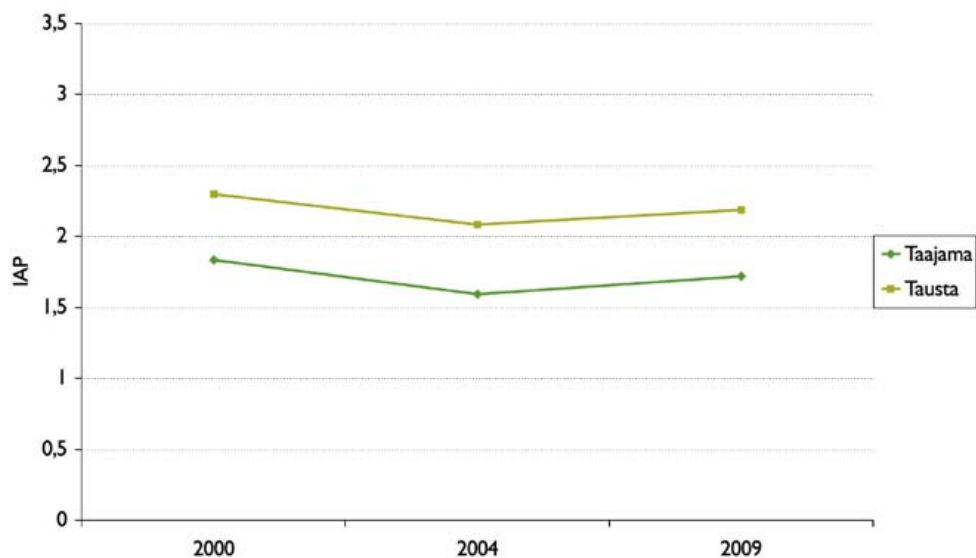
Vertailu vuosien 2000, 2004 ja 2009 välillä tausta- ja taajama-aloilla

Keskimääräiset ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärät ja ilmanpuhtausindeksin arvot vaihtelivat samalla tavalla sekä tausta- että taajama-aloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009: lajimäärä ja IAP-indeksi olivat suurimmallaan vuonna 2000 ja alhaisimmillaan vuonna 2004 sekä tausta- että taajama-aloilla (kuvat 62 ja 63). Jäkälälajisto oli kaikkina tutkimusvuosina köyhtyneempää taajama-aloilla kuin tausta-aloilla. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vauriot olivat puolestaan suunnilleen samalla tasolla koko tutkimusjakson ajan sekä taajama- että tausta-aloilla, ja vauriot olivat lievemmät tausta-aloilla kaikkina tutkimusvuosina (kuva 64). Tausta-aloilla keskimääräisen sormipaisukarpeen vaurioasteen muutos vuosien 2000 ja 2004 välillä oli suurempi ja tilastollisesti merkitsevämpi kuin taajama-aloilla.



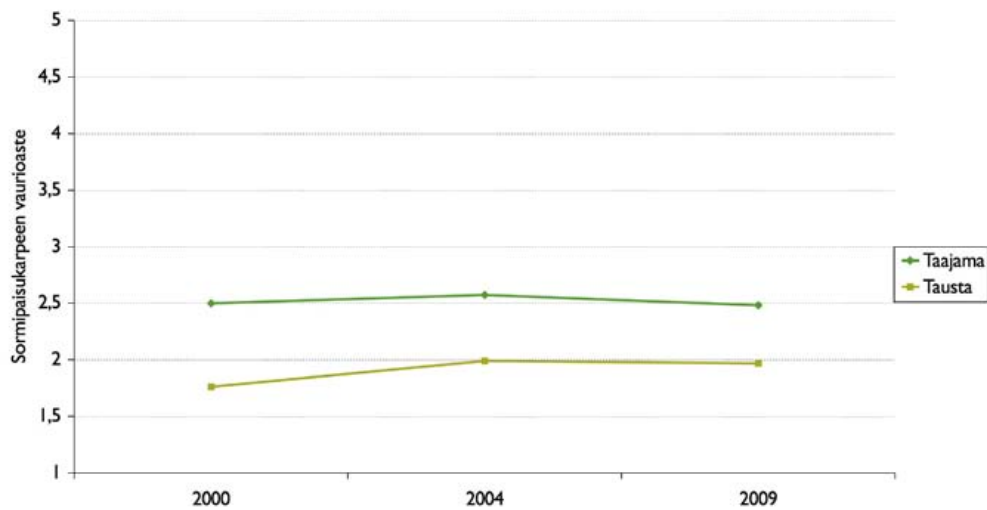
Kuva 62. Lajilukumäärän keskiarvot taajama- ja tausta-aloittain tutkimusvuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 62. Genomsnittliga artmängder i tätorterna och bakgrundsområdena åren 2000, 2004 och 2009.



Kuva 63. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvot taajama- ja tausta-aloittain tutkimusvuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 63. Genomsnittliga IAP-indexer i tätorterna och bakgrundsområdena åren 2000, 2004 och 2009.



Kuva 64. Sormipaisukarpeen vaurioasteen keskiarvot taajama- ja tausta-aloittain tutkimusvuosina 2000, 2004 ja 2009.

Figur 64. Blåslavens genomsnittliga skadeklasser i tätorterna och bakgrundsområdena åren 2000, 2004 och 2009.

6.1.4

Vertailu vuosien 1998, 2000, 2004 ja 2009 välillä

Vuosien 1998, 2000, 2004 ja 2009 välisissä vertailuissa oli mukana 95 läntisellä uudellamaalla ja pääkaupunkiseudulla sijainnutta havaintoalaa. Alat sijaitsivat läntisellä Uudellamaalla Hangon, Inkoon, Karjalohjan, Karkkilan, Lohjan, Nummi-Pusulan, Raaseporin, Siuntion, Tammisaaren ja Vihdin kuntien alueella ja pääkaupunkiseudulla Espoon, Helsingin, Kauniaisen ja Vantaan kuntien alueella. Mäntyjen runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja eri tutkimusvuosina on esitetty taulukossa 14. Vuosien välisten erojen tilastolliset merkitsevyydet sekä testisuuret on esitetty liitteessä 33.

Keskimääräisessä sormipaisukarpeen vaurioasteessa oli vain 0,1-yksikön eroja eri tutkimusvuosina, eivätkä vuosien väliset erot olleet tilastollisesti merkitseviä. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli pienimmillään vuonna 2000: kaikkina muina tutkimusvuosina se oli samalla hieman korkeammalla tasolla (kuva 65).

Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäliden lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi laskivat tasaisesti vuodesta 1998 vuoteen 2004, mutta vuodesta 2004 vuoteen 2009 molempien muuttujien arvot taas kasvoivat hieman (kuvat 66 ja 67). Erot vuoden 1998 ja muiden tutkimusvuosien välillä olivat sekä lajilukumäärän että ilmanpuhtausindeksin osalta tilastollisesti merkitseviä tai erittäin merkitseviä. Myös vuosien 2000–2004 välinen muutos oli molemmilla muuttujilla tilastollisesti merkitsevää, samoin vuosien 2004–2009 välinen muutos.

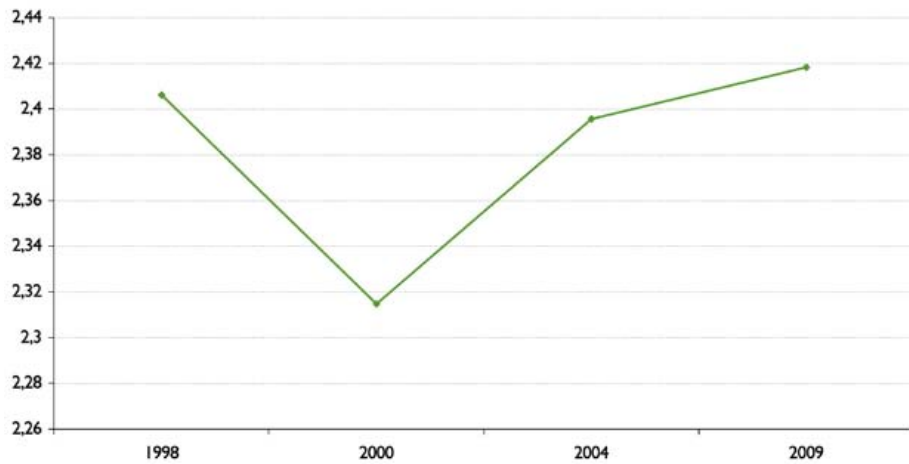
Keskimääräinen sormipaisukarpeen peittävyys laski puolestaan melko tasaisesti vuoden 2000 7,7 %:sta vuoden 2009 3,6 %:n (kuva 68). Vuosien välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä testattiin Bonferronin monivertailumenetelmällä ja sormipaisukarpeen vaurioiden osalta merkkitestillä. Vuosien väliset erot sormipaisukarpeen keskimääräisessä peittävydessä olivat tilastollisesti merkitseviä vuosiparia 2004–2009 lukuunottamatta. Myös luppojen keskimääräinen peittävyys laski melko tasaisesti vuodesta 2000 vuoteen 2004, mutta pysyi vuonna 2009 vuoden 2004 tasolla (kuva 69). Ainoastaan vuosien 2000 ja 2009 ja vuoden 1998 väliset erot luppojen keskimääräisessä peittävydessä olivat tilastollisesti merkitseviä.

Levä oli yhtä yleistä havaintoaloilla vuosina 1998 ja 2000, mutta alkoi yleistymään vuoden 2000 jälkeen tilastollisesti merkitsevästi siten, että vuonna 2004 sitä esiintyi 4,8 havaintopuulla tutkimusalaa kohti ja vuonna 2009 jo 5,8 puulla havaintoalaa kohti (kuva 70).

Taulukko 14. Männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

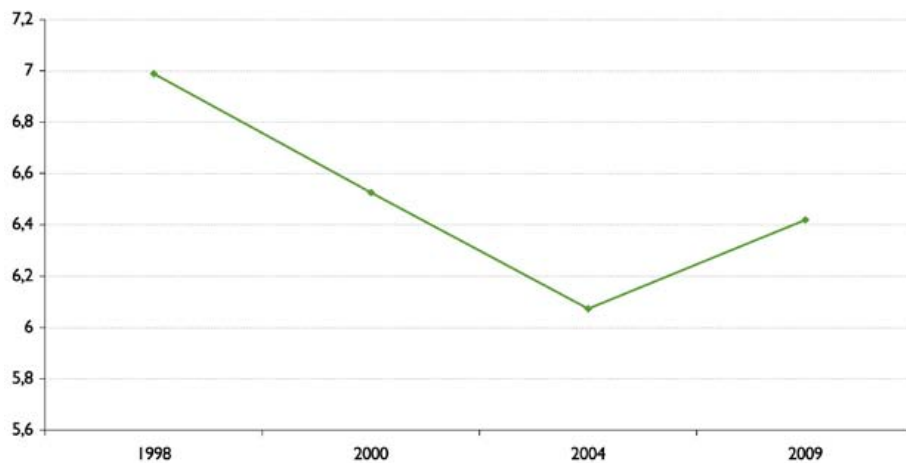
Tabell 14. Kännetecken som beskriver tallens stamlavar på provtytor, som var desamma åren 1998, 2000, 2004 och 2009.

n = 95		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Sormipaisukarpeen vaurio	1998	2,4	0,84	1,1	5
	2000	2,3	0,85	1	5
	2004	2,4	0,68	1,1	4,8
	2009	2,4	0,67	1,05	4,9
Lajilukumäärä	1998	7	2,05	1	11
	2000	6,5	2,06	1	10
	2004	6,1	1,79	1	9
	2009	6,4	1,72	1	9
Ilmanpuhtausindeksi	1998	2,1	0,75	0,04	3,9
	2000	1,9	0,68	0	2,9
	2004	1,7	0,6	0,04	2,9
	2009	1,8	0,6	0,16	3
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	1998	7,7	7,22	0	50
	2000	6,3	5,8	0	36,8
	2004	4	3,59	0	22,5
	2009	3,6	3,23	0	16,1
Luppojen peittävyys (%)	1998	0,07	0,26	0	1,9
	2000	0,02	0,1	0	0,85
	2004	0,01	0,04	0	0,3
	2009	0,01	0,05	0	0,4
Levän yleisyys	1998	3,4	3,1	0	10
	2000	3,3	3,37	0	10
	2004	4,8	3,59	0	10
	2009	5,9	3,63	0	10



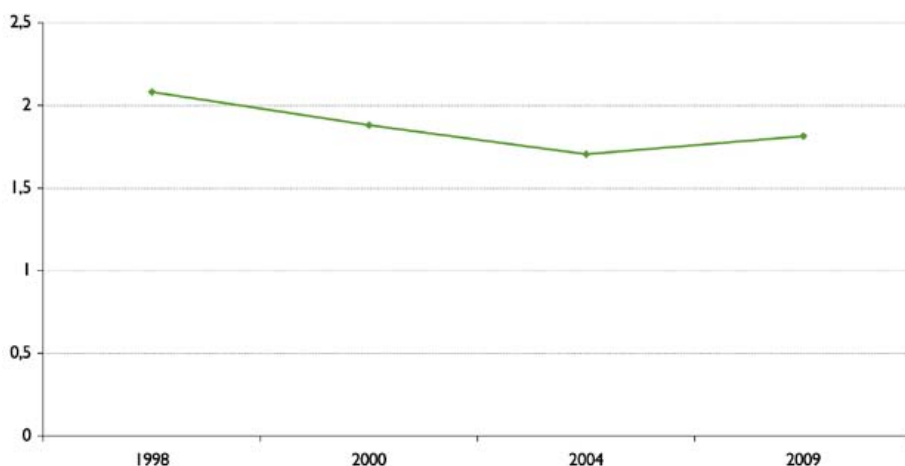
Kuva 65. Sormipaisukarpeen vaurioaste pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 1–5).

Figur 65. Blåslavens skadeklasser på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009 (variationsbredd 1–5).



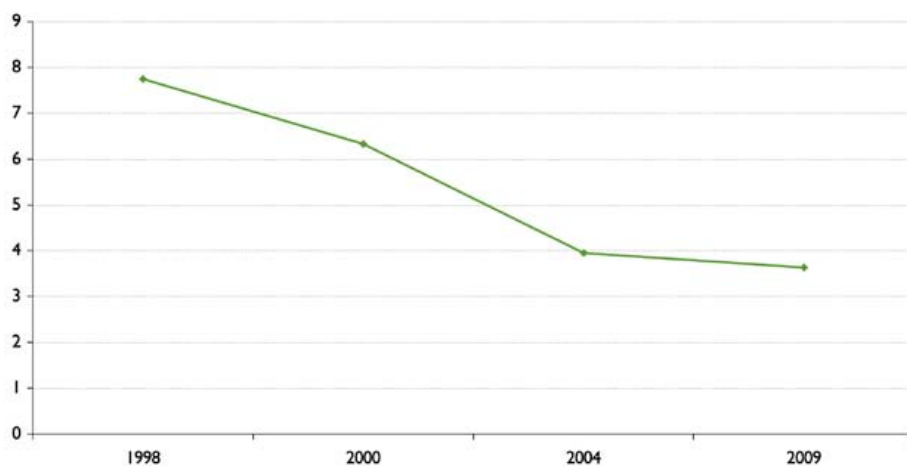
Kuva 66. Ilman epäpuhtausista kärsivien jäkälien lajilukumäärä pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 0–10).

Figur 66. Antal lavararter, som tar skada av luftföroreningar på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009 (variationsbredd 0–10).



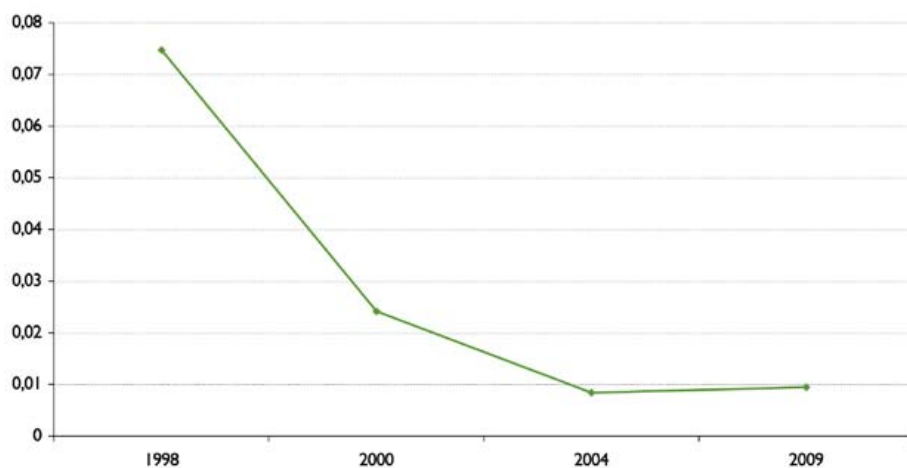
Kuva 67. Ilmanpuhtausindeksi pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 0–3,5).

Figur 67. IAP-indexet på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009 (variationsbredd 0–3,5)



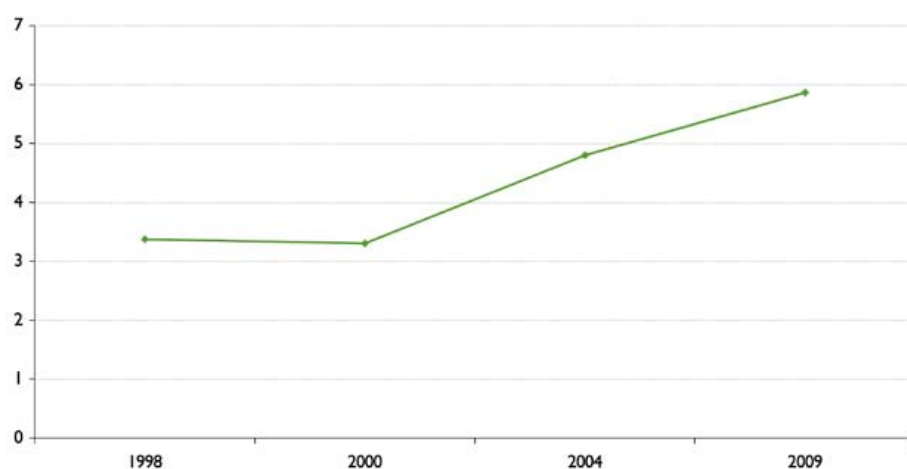
Kuva 68. Sormipaisukarpeen peittävyys (%) pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

Figur 68. Blåslavens täckningsgrad (%) på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009.



Kuva 69. Luppojen peittävyys (%) pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

Figur 69. Tagellavs täckningsgrad (%) på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009.



Kuva 70. Levän esiintyminen pääkaupunkiseudun ja läntisen Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 0–10).

Figur 70. Förekomst av alg på provtytor, som var desamma i huvudstadsregionen och västra Nyland åren 1998, 2000, 2004 och 2009 (variationsbredd 0–10).

Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin sekä alueen kuntien välillä

Tässä luvussa vertaillaan muualla Suomessa tehtyjen tutkimusten tuloksia Uudenmaan bioindikaattoritutkimuksen jäkälätuloksiin sekä tutkimusalueen kuntia keskenään. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli Uudenmaan alueella yhtä suuri kuin Pyhäjärvisseudulla, Vakka-Suomessa ja Länsi-Suomessa ja hieman pienempi kuin Turun seudulla ja Etelä-Karjalassa (taulukko 15). Ainoastaan Keski-Suomessa sormipaisukarpeen vauriot olivat hieman pienemmät kuin Uudellamaalla. Keskimääräinen IAP-indeksi oli Uudellamaalla alhaisempi kuin Pyhäjärvisseudulla, Vakka-Suomessa ja Keski-Suomessa, mutta korkeampi kuin Länsi-Suomessa ja Turussa. Vakka-Suomessa ja Pyhäjärvisseudulla havaittiin myös enemmän ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja runkoa kohti kuin Uudellamaalla, ja Länsi-Suomessa ja Turussa vastaavasti vähemmän ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja kuin Uudellamaalla.

Taulukossa 16 on vertailtu tutkimusalueen kuntia keskenään sormipaisukarpeen vaurioasteen, lajilukumäärän sekä IAP-indeksin osalta. Lajistoltaan monipuolisimmat kunnat sijaitsevat itäisellä Uudellamaalla; kaikkein monipuolisin lajisto on Ruotsinpyhtäällä. Terveintä sormipaisukarvetta sen sijaan kasvaa Länsi-Uudenmaan pohjoisosissa. Helsingissä ovat keskimäärin vaurioituneimmat ja lajistoltaan köyhtyneimmät havaintoalat.

Taulukko 15. Mäntyjen runkojäkäliä kuvaavia muuttujia Uudenmaan alueen bioindikaattoritutkimuksessa 2009 sekä eri puolilla Suomea toteutetuissa tutkimuksissa. Tulokset lähteistä Huuskonen ym. 2009, Laita ym. 2008a, Laita ym. 2008b, Laita ym. 2007, Haahla ym. 2006a, Haahla ym. 2006b. Tabell 15. Kännetecken som beskriver tallarnas stamlavar i bioindikatoruppföljningar i Nyland och undersökningar utförda i andra delar av Finland. Resultaten från källorna Huuskonen ym. 2009, Laita ym. 2008a, Laita ym. 2008b, Laita ym. 2007, Haahla ym. 2006a, Haahla ym. 2006b.

Alue	n	Tutkimusvuosi	Sormipaisukarpeen vaurio	IAP	Lajilukumäärä / puu
Uusimaa	776	2009	2,1	2,0	4,7
Pyhäjärviseu	98	2007	2,1	2,3	5,3
Vakka-Suomi	103	2006	2,1	2,2	5,1
Länsi-Suomi	398	2006	2,1	1,7	4,1
Turku	145	2005	2,2	1,5	3,6
Keski-Suomi	492	2005	2,0	2,4	
Etelä-Karjala	240	2005	2,3	2,0	

Taulukko 16. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, lajilukumäärä ja IAP-indeksi Uudenmaan tutkimuskunnissa sekä koko tutkimusalueella.

Tabell 16. Blåslavens skadeklass, artantal och IAP-index i Nylands forskningskommuner och i hela forskningsområdet.

Kunta	Sormipaisukarpeen vaurioaste	Lajilukumäärä	Ilmanpuhtausindeksi
Askola	2,1	7,7	2,3
Espoo	2,3	6,2	1,7
Hanko	2,7	6,9	2,0
Helsinki	3,0	4,5	1,0
Hyvinkää	2,1	7,1	2,1
Inkoo	2,3	7,0	2,1
Järvenpää	2,1	7,0	1,8
Karjalohja	2,1	7,2	2,1
Karkkila	1,6	7,2	2,1
Kauniainen	2,0	7,0	2,1
Kerava	2,3	7,2	1,9
Kirkkonummi	2,1	7,1	2,2
Lapinjärvi	2,4	6,8	2,0
Liljendal	2,4	7,1	2,2
Lohja	2,2	6,7	1,9
Loviisa	2,6	7,6	2,2
Myrskylä	2,2	7,6	2,4
Mäntsälä	2,0	7,0	2,1
Nummi-Pusula	1,6	6,8	2,1
Nurmijärvi	2,0	7,5	2,2
Pernaja	2,3	8,0	2,4
Pornainen	1,8	6,8	2,0
Porvoo	2,3	7,4	2,2
Pukkila	2,1	7,3	2,3
Raasepori	1,9	6,8	2,1
Ruotsinpyhtää	2,0	8,1	2,5
Sipoo	2,2	6,5	2,0
Siuntio	2,2	7,3	2,2
Tuusula	2,2	7,5	2,1
Vantaa	2,5	6,5	1,7
Vihti	2,0	7,1	2,1
Koko tutkimusalue	2,1	7,0	2,0



7 Johtopäätökset

Ilmanlaatua ja sen kehittymistä on Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan kunnissa seurattu bioindikaattorimenetelmin 1980-luvulta alkaen; 2000-luvun alusta seuranta on toteutettu yhdenntyn seurantaohjelman mukaisesti. Vuonna 2009 seuranta toteutettiin toista kertaa koko Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien laajuisena. Seurannassa käytettiin ilman epäpuhtauksien ilmentäjinä mäntyjen epifyyttijäkälää. Tutkimusalue on yli 1,5 miljoonalla asukkaallaan Suomen väkirikkainta seutua, ja alueen ilman epäpuhtauksien päästöt muodostuvat pääosin energiantuotannosta, teollisuudesta ja liikenteestä. Maaseutualueilla myös maataloustoiminnoilla on paikallisia ilmanlaatuvaikutuksia.

Tutkimusalueen päästömäärät ovat laskeneet selvästi 1980- ja 1990-luvuilta piipunpääteknologioiden kehittymisen ansiosta, mutta 2000-luvulla päästökehitys on ollut aaltomaista, ja päästömääriin ovat vaikuttaneet lähinnä tuotannon intensiteetti sekä kulutus, esim. energiantuotantoon vaikuttavat tekijät ja liikenteen kehitys; liikennemäärät ovat kasvaneet, mutta samalla tarkasteltujen epäpuhtauksien päästöt ovat liikenteen osalta vähentyneet. Myös ilmasta mitattujen epäpuhtauksien pitoisuudet sekä laskeumat ovat laskeneet 2000-luvulle tultaessa selvästi verrattuna 1980- ja 1990-lukuihin. Typen oksidien ja hiukkasten päästöt ovat kasvaneet Uudellamaalla 2000-luvun alkupuoliskon, ja lähteneet vuosien 2003 ja 2004 jälkeen vähentymään. Rikkidioksidipäästöt olivat 2000-luvulla suurimmillaan vuonna 2003, jonka jälkeen vuosittaiset päästömäärät ovat vaihdelleet.

Vuonna 2009 terveintä sormipaisukarvetta kasvoi Nummi-Pusulan ja Karkkilan alueella (keskimääräinen vaurioaste 1,6), vaurioituneinta Helsingissä (keskimääräinen vaurioaste 3). Sekä ilmanpuhtausindeksin että jäkälälajiston suhteen monipuolisin ja luonnontilaisin jäkäläyhteisö tutkimusalueella oli Ruotsinpyhtäällä (IAP-indeksi keskimäärin 2,5 ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja havaintoalaa kohti keskimäärin 8,1), köyhtynein Helsingissä (IAP-indeksi keskimäärin 1,0 ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja keskimäärin 4,5). Itä-Uudellamaalla jäkälälajisto oli yleensä ottaen varsin monipuolista ja useilla aloilla luonnontilaista tai lähes luonnontilaista, kun taas keskisellä ja läntisellä Uudellamaalla jäkälälajisto osoitti enemmän köyhtymisen merkkejä. Läntisellä Uudellamaalla naavat ja lupot olivat harvinaisempia kuin itäisellä Uudellamaalla, mikä vaikuttaa etenkin IAP-indeksin arvoihin. Sen sijaan tutkimusalueen terveintä sormipaisukarvetta kasvoi Länsi-Uudenmaan pohjois- ja länsiosissa, kun taas itäisellä Uudellamaalla havaittiin melko paljon sormipaisukarpeen lieviä tai selviä vaurioita. Itä-Uudellamaalla ei kuitenkaan Porvoon Kilpilahtea lukuun ottamatta ole juurikaan lupavelvollisia päästölähteitä. Tuloksia tilastollisesti tarkasteltaessa havaittiin, että ilman mallinnetuilla rikkidioksidipitoisuuksilla oli vaikutusta sormipaisukarpeen vaurioasteeseen. EEA:n ruutuaineistona mallinnetut rikkidioksidipitoisuudet olivat Itä-Uudellamaalla hieman korkeampia kuin Länsi-Uudenmaan pohjoisosissa, jossa oli tutkimusalueen matalimmat ilman rikkidioksidipitoisuudet. Erot pitoisuuksissa olivat kuitenkin varsin pieniä, joten tuloksia on pidettävä suuntaa-antavina. Jäkäläyhteisöä kuvaavat tunnuksset (IAP-indeksi ja lajilukumäärä sekä yleinen vaurioaste) ja sormipaisukarpeen vaurioita kuvaavat tunnuksset eivät siis vaihdelleet tutkimusalueella täysin samankaltaisesti, mutta muuttujia on pidettävä ensisijaisesti toisiaan täydentävinä ilmanlaadun kuvaajina.

Tulosten tilastollinen tarkastelu osoitti, että ilman epäpuhtaudet vaikuttavat merkittävästi tarkasteltuihin jäkälämuuttujiin. Suurin vaikutus jäkälämuuttujiin oli etäisyydellä lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen. Parhaiten ilman epäpuhtauksia indikoivat IAP-indeksi sekä sormipaisukarpeen vaurioaste. Tilastoanalyysis-

sä huomioitiin etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen, mutta liikenteen vaikutuksia ei tässä yhteydessä tarkasteltu. Kuitenkin liikenteen vaikutukset jäkälälajistoon ovat havaittavissa mm. vertailemalla taajamissa ja tausta-alueilla sijaitsevien havaintoalojen jäkäläyhteisöjä. Jäkäläyhteisöt taajama- ja tausta-alueilla poikkesivat toisistaan kaikkien ilmanlaatua kuvaavien muuttujien suhteen siten, että jäkälät taajama-aloilla olivat vaurioituneempia kuin tausta-aloilla, ja jäkälälajisto oli taajama-aloilla köyhtyneempää kuin tausta-aloilla.

Jäkäläkartoitusten tuloksia vertailtiin vuosien 1998, 2000, 2004 ja 2009 välillä. Vuosina 2004 ja 2009 jäkäläkartoitukset tehtiin koko Uudenmaan alueella, mutta vuonna 2000 kartoituksessa oli mukana läntinen Uusimaa ja Itä-Uudeltamaalta vain yksittäisiä kuntia, ja vuoden 1998 tulokset koskevat ainoastaan läntistä ja keskistä Uuttamaata. Vuosien 2004 ja 2009 välillä jäkälälajisto oli runsaslajisempaa vuonna 2009. Vuonna 2009 havaittiin vähemmän tervettä sormipaisukarvetta kuin vuonna 2004, mutta toisaalta myös selviä vaurioita havaittiin vähemmän vuonna 2009 kuin vuonna 2004. Lajilukumäärä oli kasvanut vuosien välillä 9 %:lla havaintoaloista, sormipaisukarpeen vaurioaste puolestaan oli kasvanut 17 %:lla havaintoaloista ja pienentynyt 15 %:lla. Enemmän tietoa muutosten suunnasta saadaan, kun tarkastellaan muutoksia vuosien 2004 ja 2009 välillä alueellisesti. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli parantunut erityisesti Länsi-Uudenmaan pohjoisosissa ja Keski-Uudellamaalla, kun taas Itä-Uudellamaalla vauriot olivat kasvaneet. Itä-Uudellamaalla lajilukumäärä oli pysynyt samansuuruisena kuin edellisenä seurantavuotena, kun taas erityisesti keskisellä ja läntisellä Uudellamaalla lajilukumäärä oli kasvanut. Vuosien 2004 ja 2009 väliset erot liittyvät siis ensisijaisesti lajilukumäärän kasvamiseen erityisesti tutkimusalueen länsiosassa sekä sormipaisukarpeen vaurioasteen alueellisiin, erisuuntaisiin muutoksiin.

Vertailtaessa vuosia 2000, 2004 ja 2009 voidaan todeta, että ilman epäpuhtauksia kestävien ja niistä hyötyvien lajien esiintymisfrekvenssit ovat kasvaneet. Herkkien ja melko herkkien lajien esiintymisfrekvenssit ovat laskeneet vuodesta 2000 vuoteen 2004, ja runsastuneet taas hieman naavoja lukuun ottamatta vuodesta 2004 vuoteen 2009. Jäkälälajisto oli siis sekä lajikoostumukseltaan että vaurioiltaan parempikuntoista vuonna 2009 kuin vuonna 2004, muttei vielä samalla tasolla kuin vuonna 2000. Vuosina 1998–2009 läntisellä Uudellamaalla jäkälälajien keskimääräinen lajilukumäärä, IAP-indeksi ja loppujen peittävyys ovat laskeneet vuodesta 1998 vuoteen 2004, mutta parantuneet hieman vuodesta 2004 vuoteen 2009. Samalla levä on yleistynyt koko tarkastelujakson ajan.

Selvin jäkälämuutosalue kaikkina tutkimusvuosina on ollut Helsingissä. Helsingin jäkälälajisto on kuitenkin elpynyt ja vauriot lieventyneet verrattuna 1990-luvun lopun tilanteeseen. Muita selvästi muuttuneita alueita ovat olleet Porvoo (Kilpilahti-Porvoon keskusta), Lohjan-Inkoon alue sekä Hanko. Hangossa vauriot ovat selvästi lieventyneet, samoin Lohjan-Inkoon alueella. Pienempiä vaurioituneita alueita on havaittu myös muissa osissa tutkimusaluetta, mutta vaurioiden intensiteetissä ja vyöhykkeiden sijoittumisessa on ollut jonkin verran vaihtelua vuosien välillä.

Kaiken kaikkiaan pahimmat jäkälävauriot Uudellamaan voimakkaimmin kuormitetuilla alueilla ovat lieventyneet. Samalla kuitenkin päästölähteistä suhteellisen kaukana sijaitsevilla tausta-alueilla lievät vauriot ovat yleistyneet, ja alueet, joilla kasvaa luonnontilaista jäkälälajistoa, ovat supistuneet. Erityisesti Länsi-Uudellamaalla jäkälälajisto on köyhtynyt verrattuna 1990-luvun lopun tilanteeseen. Sormipaisukarpeen vaurioasteen muutokset tausta-aloilla ovat olleet etenkin vuosien 2000 ja 2004 välillä jonkin verran voimakkaampia kuin muutokset taajama-aloilla. Jäkälät reagoivat ympäristön muutoksiin varsin hitaasti, ja lyhytaikaisetkin tavanomaista korkeammat epäpuhtauksien pitoisuudet voivat vaikuttaa jäkälälajistoon vielä vuosia jälkeenpäin. Päästömäärät tutkimusalueella ovat vähentyneet tasaisesti

2000-luvun taitteeseen asti, jolloin etenkin rikkidioksidi- ja typen oksidien päästöt kasvoivat muutaman vuoden ajan tuotannon vaihtelusta johtuen saavuttaen 2000-luvun korkeimmat määränsä vuosina 2003 ja hiukkasten osalta vuonna 2004. Vaikuttaa ilmeiseltä, että tämä päästökehitys on vaikuttanut alueen jäkälälajistoon, ja jäkälän hitaasta reagointinopeudesta johtuen tarkastelujakson selvimmät vauriot ja lajiston köyhtyminen havaittiin seurantavuonna 2004. Samasta syystä vuonna 2009 lajisto on elpynyt, muttei vielä ole samalla tasolla kuin vuonna 2000.

Uudenmaan bioindikaattoriseurannan tulokset kuvaavat alueen ilmanlaatua, sen kehittymistä ja vaikutuksia varsin hyvin. Taajama- ja tausta-alueilla havaittiin selviä eroja kaikkien ilmanlaatua kuvaavien jäkälämuuttujien välillä, erityisen selvä ero oli IAP-indeksin osalta. Vuonna 2004 jäkälälajisto oli kaikista vertailuista tutkimusvuosista selvästi muuttuneinta, ja vuonna 2009 oli jo havaittavissa jäkälälajiston elpymistä. Päästöjen vaikutukset ovat muuttuneet verrattaessa kahta viimeistä seuranta-aiempaan seurantoihin: vauriot voimakkaimmin kuormitetuilla alueilla olivat pienentyneet, mutta tausta-alueilla toisaalta havaittiin jäkälälajiston köyhtymistä ja vaurioitumista siellä, missä se aiemmin oli ollut luonnontilaista.

LÄHTEET

- Airola, H. & Soininen, J. 2000. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä: tarkkailuohjelma Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueelle. Uudenmaan ympäristökeskus, monisteita nro 66. Helsinki. ISBN 952-5237-48-6.
- Anttonen, T. 1990. Laskeuman ravinteiden vaikutus sormipaisukarvejäkälän (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) kasvuun. Kuopion yliopisto, ekologisen ympäristöhygienian laitos. Kuopio. Opinnäytetutkielma.
- Fox, J., Ash, M., Boye, T., Calza, S., Chang, A., Grosjean, P., Heiberger, R., Kerns, G.J., Lancelot, R., Lesnoff, M., Ligges, U., Messad, S., Maechler, M., Muenchen, R., Murdoch, D., Neuwirth, E., Putler, D., Ripley, B., Ristic, M. & Wolf, P. 2009. Rcmdr: R Commander. R package version 1.5-3. <http://www.r-project.org>, <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Misc/Rcmdr/>. [viitattu 11/2009]
- Haahla, A., Polojärvi, K., Niskanen, I., Laita, M. & Ellonen, T. 2006a. Keski-Suomen maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2005-2006. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 162. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-39-2546-3.
- Haahla, A., Niskanen, I., Polojärvi, K., & Ellonen, T. 2003b. Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2005-2006. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 161. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-40-1270-4.
- Horálek, J., Denby, B., de Smet, P., de Leeuw, F., Kurfürst, P., Swart, R. & van Noije, T. 2007. Spatial mapping of air quality for European scale assessment. ETC/ACC Technical Paper 2006/6. European Topic Centre on Air and Climate Change 3/2007.
- Huttunen, S. 1988. Porvoon seudun metsät. Bioindikaattoritutkimus vuosina 1985-1986. Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita nro 32. ISSN 0357-7805.
- Huuskonen, I., Lehtonen, E. & Ellonen, E. 2009. Pyhäjärvisuon ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2007-2008. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 175. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- Jussila, I., Joensuu, E. & Laihonen, P. 1999. Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöopas 59. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Helsinki. ISBN 1238-8602.
- Kousa, A. 2009. Lupavelvollisten laitosten päästöt ja sijainti Uudellamaalla vuonna 2008. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV). Kirjallinen tiedonanto 11/2009.
- 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. ja Jukola-Sulonen, E.-L. 1990. Epiphytic lichens on conifers in the 1960s to 1980s in Finland. Teoksessa Kauppi, P., Anttila, P. ja Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin. ISBN 3-540-52213-1. S. 397-420.
- Laita, M., Huuskonen, I., Haahla, A., Polojärvi, K. ja Ellonen, T. 2007. Turun seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 163. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E., ja Ellonen, T. 2008a. Vakka-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 164. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E., ja Ellonen, T. 2008b. Länsi-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- LeBlanc, F. & DeSloover, J. 1970. Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.* 48: 1485-1496. ISSN 0008-4026.
- Lehikoinen, T. 2009a. Pääkaupunkiseudun lupavelvollisten laitosten päästötiedot vuodelta 2008. Uudenmaan ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto 11/2009.
- Lehikoinen, T. 2009b. Löparön rikkimittaukset. Uudenmaan ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto 11/2009.
- LIISA 2009 –laskentajärjestelmä. 2009. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/kunnat2.htm>. [Tiedot tallennettu 10/2009]
- Lodenius, M., Manninen, S., Nieminen, T., Raiskinen, H., Ranta, P. & Willamo, R. (2002). Bioindikaattorit. Ympäristönsuojelun opetusmonisteita N:o 21. Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. ISSN 1456-8284.

- Manninen, S., Lamppu, J., Rautio, P. & Osmo, J. 1990. Porvoon seudun metsien seurantaohjelma. Ympäristöinstituutti, II. Tutkimusraportti 9/1990.
- McCune B. & Grace J. 2002. Analysis of Ecological Communities. With a contribution from Dean L. Urban. MjM Software Design, Oregon, USA. 300 s.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Mäkinen A., Luhtala R. & Ruuhijärvi R. 1992. Ilman epäpuhtauksien vaikutus Tuusulan, Järvenpään ja Keravan metsiin. Bioindikaattoriseuranta vuonna 1991. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitos.
- Niemi, J., Malkki, M., Myllynen, M., Lounasheimo J., Kousa, A., Julkunen, A., Koskentalo, T. 2009. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2008. YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. YTV:n julkaisuja 15/2009. ISBN (pdf) 978-951-798-749-3. ISSN 1796-6965.
- Niskanen, I. & Witick, A. 1992. Porvoon seudun metsien bioindikaattoriseuranta 1991-1992. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Jyväskylä 1992.
- Niskanen, I. 1995. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1994. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:11. ISSN 0357-5454.
- Niskanen, I. & Veijola, H. 1996. Pohjan, Tammisaaren, Inkoon, Siuntion, Vihdin, Kirkkonummen, Karjalohjan, Nummi-Pusulän, Samatkanin, Karjaan ja Hangon bioindikaattoritutkimukset vuonna 1995. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- Niskanen, I., Veijola, H. ja Ellonen, T. 1996. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1996. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996: 17.
- Niskanen, I. & Ellonen, T. 1998. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1998. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:11. ISSN 0357-5454.
- Niskanen, I., Ellonen, T., Nousiainen, O., Hilli, M., Somppi, K. & Veijola, H. 1999. Länsi-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 1998. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 128/1999.
- Niskanen, I., Ellonen, T. ja 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., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. ja Laitakari, V. 2003a. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 156. Jyväskylän yliopisto. ISBN 951-39-1583-2.
- Niskanen, I., Polojärvi, K., Haahla, A. ja Laitakari, V. 2003b. Kotkan kaupungin ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2002. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 155. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-39-1438-0.
- Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. M. & Wagner, H. 2009. vegan: Community Ecology Package. R package version 1.15-4. <http://cran.r-project.org/>, <http://vegan.r-forge.r-project.org/>. [viitattu 11/2009]
- Partanen, P. ja Veijola, H. 1996. Bioindikaattoriseurannan tilastollinen arviointi. YTV, Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996:18. ISSN 0357-5454.
- Pihlström, M., Mäkinen, A., Hämeikoski, K. & Ruuhijärvi, R. 1994. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta 1988-1993. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1994:9. ISSN 0357-5454.
- Pihlström, M. & Myllyvirta, T. 1995. Ilman epäpuhtauksien leviämisen- 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. ja Ellonen, T. 2005a. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005. Alueelliset ympäristöjulkaisut 385. Uudenmaan ympäristökeskus. ISBN 952-11-1984-5.

- Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. ja Ellonen, T. 2005b. Mittaustarkkuus mäntyjen runkojäkälistön ja sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioiden havainnoinnissa. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 89/2005.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Ranta, E., Rita, H. ja Kouki, J. 1989. Biometria. Helsinki, Yliopistopaino, 569 s. ISBN 951-570-032-9.
- Ruuhijärvi, R., Mäkinen, A., Pihlström, M. & Hiironniemi, K. 1988. Suunnitelma ilman epäpuhtauksien seurannaksi pääkaupunkiseudulla bioindikaattorien avulla. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1988: 5.
- Salmi, T. 2009. Utön ja Virolahden tausta-asemien laskeuma- ja pitoisuustietoja. Ilmatieteen laitos. Kirjallinen tiedonanto 11/2009.
- SFS 5670. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkäläkartoitus. (1990). Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- Uudenmaan ympäristökeskus. 2004. Uudenmaan ympäristöluvanvaraisten laitosten päästötiedot vuosilta 2000-2003. Tiedonanto 6.9.2004.
- Uudenmaan ympäristökeskus. 28.4.2009. Ympäristön tila Uudellamaalla. www.ymparisto.fi > Uusimaa > Ympäristön tila. [viitattu 10/2009]
- Weather Underground. 2009. Helsinki-Vantaan lentoaseman tuulitiedot vuodelta 2008. <http://www.wunderground.com>. [viitattu 11/2009]

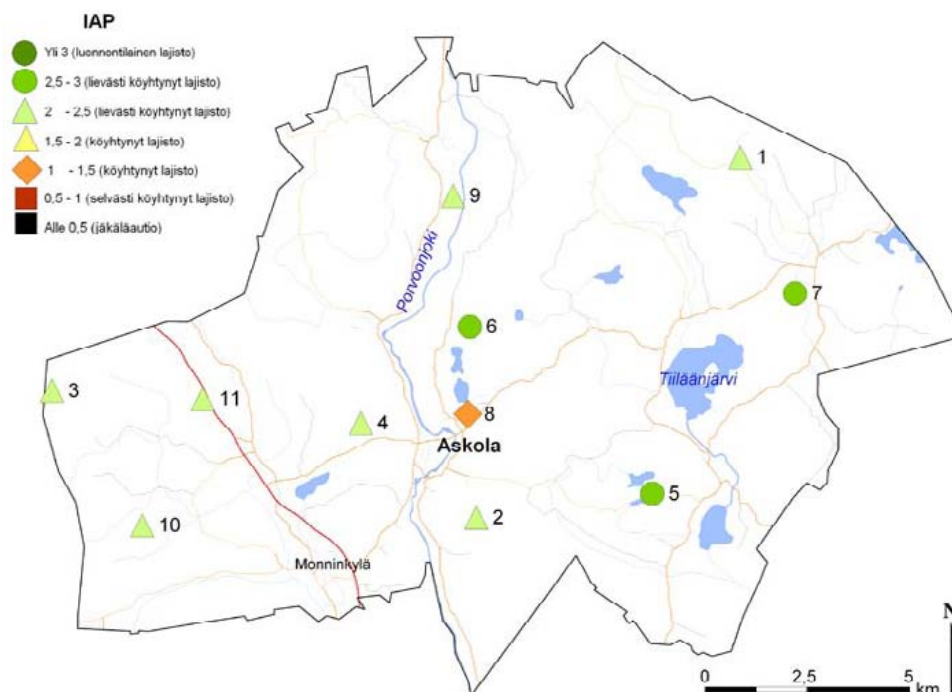
Liitteet

Liite I

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Askolan kunnan alueella

Askolan kunnan alueella sijaitsi 11 havaintoalaa, joista yksi ala sijaitsi kunnan keskustaajamassa ja loput tausta-alueilla. Sormipaisukarve oli Askolan kunnan alueella keskimäärin lievästi vaurioitunutta, kuten koko tutkimusalueellakin. Jäkälälajisto oli Askolan kunnan alueella keskimäärin lievästi köyhtynyttä, mutta jäkälälajeja esiintyi hieman enemmän kuin koko tutkimusalueella. (Taulukko 1.) Askolan taajamassa sijaitsevalla havaintoalalla jäkälälajisto oli köyhtynyttä (6 ilman epäpuhtauksista kärsivää lajia) ja sormipaisukarve selvästi vaurioitunutta. Muilla tutkimusaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai vastasi luonnontilaisten alueiden lajistoa ja sormipaisukarpeen vauriot olivat pääasiassa lieviä. Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi aivan Askolan kunnan länsirajan tuntumassa sijaitsevalla havaintoalalla (3). Sormi-paisukarpeen vauriot olivat selviä kunnan itäisimmällä havaintoalalla (7), kuten vuoden 2004 seurannassakin. Jäkälälajisto oli kuitenkin tällä alalla luonnontilaista. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot, ilmanpuhtausindeksin arvot ja jäkälien lajilukumäärä olivat keskimäärin suurempia vuonna 2009 kuin vuoden 2004 tutkimuksessa, mutta erot vuosien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Eri jäkälämuuttujien muutokset olivat vastakkaisia eli sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat, mutta jäkälälajisto runsastui ja herkät lajit yleistyivät hieman. Jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyttä ja sormipaisukarve lievästi vaurioitunutta molempina tutkimusvuosina. Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää vähäisenä Askolan kunnan alueella eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä. Selvimät muutokset jäkäläkasvillisuudessa rajoittuivat Askolan keskustaajaman alueelle.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Askolan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Askolan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Askola n = 11				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,43	1,5	3,0
Lajilukumäärä	7,7	1,01	6	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,3	0,36	1,5	2,8
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1 1	0
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Askolan kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty parittaisella t-testillä, paitsi sormipaisukarpeen vauriolle merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 39		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,2	0,51	1,4	3,7	0,377
	2004	2,2	0,42	1,5	3,4	
	2000	2,2	0,51	1,4	3,7	0,067
	2009	2,3	0,39	1,6	3,4	
	2004	2,2	0,42	1,5	3,4	0,100
	2009	2,3	0,39	1,6	3,4	
Lajilukumäärä	2000	7,2	1,54	2	10	0,001**
	2004	6,5	1,27	2	9	
	2000	7,2	1,54	2	10	0,009**
	2009	6,3	1,52	2	9	
	2004	6,5	1,27	2	9	0,327
	2009	6,3	1,52	2	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,1	0,54	0,7	2,9	0,000***
	2004	1,8	0,50	0,6	2,5	
	2000	2,1	0,54	0,7	2,9	0,000***
	2009	1,7	0,47	0,7	2,4	
	2004	1,8	0,50	0,6	2,5	0,109
	2009	1,7	0,47	0,7	2,4	

Liite 2

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Espoon kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Esbo stads område

Espeen kaupungin alueella sijaitti 44 havaintoalaa, joista 31 alaa sijaittivat taajama-alueilla ja loput 13 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Espoon kaupungin alueella keskimäärin lieviä, mutta hieman suurempia kuin koko tutkimusalueella. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja esiintyi Espoossa keskimäärin hieman vähemmän ja ilmanpuhtausindeksi oli pienempi kuin koko tutkimusalueella, mutta pääpiirteissään jäkälälajisto voidaan luokitella lievästi köyhtyneeksi ja sormipaisukarpeen vauriot lieviksi sekä Espoossa että koko tutkimusalueella (taulukko 1). Selvimät muutokset jäkälälajistossa painoutuivat Espoon kaupungin kaakkoisosan havaintoaloille, lähelle Helsingin rajaa. Näistä seitsemällä havaintoalalla ja lisäksi Karhusuon (28), Kaukalahden (26) ja Saunalahden (36) havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä. Muilla Espoon havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. Jäkälälajisto oli erittäin selvästi köyhtynyt neljällä kunnan kaakkoisosassa sijaitsevalla havaintoalalla, muilla aloilla lajisto oli pääosin köyhtynyt tai lievästi köyhtynyt. Suurimmat ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajimäärät (9 lajia) havaittiin Oittaa ja Röylän havaintoaloilla. (Kuva 1.)

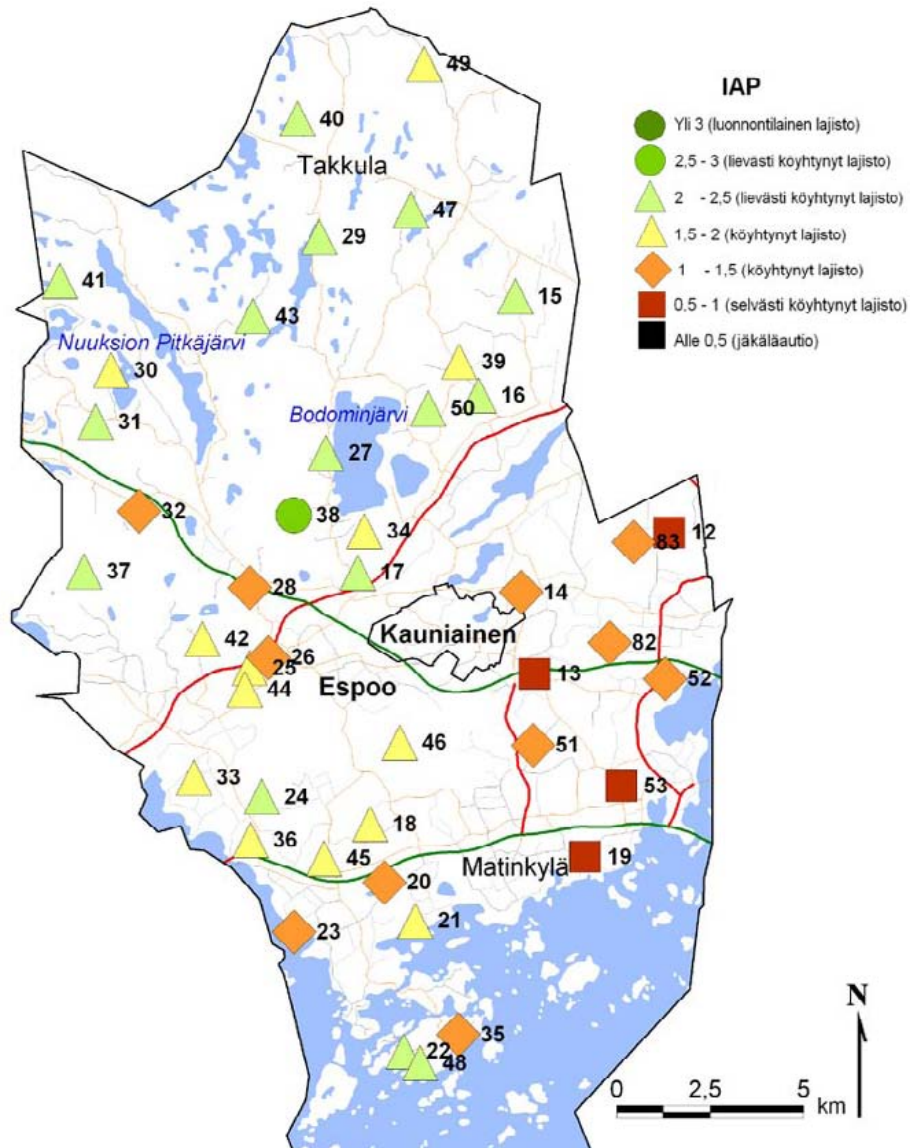
Ilmanpuhtausindeksin arvot ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärät ovat pienentyneet Espoon kaupungin alueella vuodesta 2000 vuoteen 2009 (taulukko 2). Sormipaisukarpeen vauriot ovat pysyneet suhteellisen samalla tasolla koko seurantajakson ajan. Erot jäkälälajistossa vuoden 2004 seurannan ja tämän seurannan välillä olivat pääpiirteissään melko pieniä. Pahoja sormipaisukarpeen vaurioita ei alueella ole havaittu vuoden 2000 jälkeen. Selvimät jäkälälajiston muutokset painoutuivat Espoon kaupungin kaakkois- ja eteläosaan. Etenkin kunnan pohjoisosassa ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan jäkälälajiston perusteella pitää melko vähäisenä. Kunnan kokonaistilanne ei ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä, tosin vuosien väliset jäkälälajiston muutokset indikoivat pientä kuormitustason kasvua.

* * *

Inom Esbo stads gränser låg 44 provytor, varav 31 i tätorter och de övriga 13 i bakgrundsområdena. Skadorna hos blåslaven var i genomsnitt låga i Esbo, men något större än på hela forskningsområdet. Lavarter, som tar skada av luftföroreningar, förekom i lägre grad och IAP-indexet var i genomsnitt mindre än på hela forskningsområdet. Generellt var lavfloran i Esbo och hela forskningsområdet lindrigt utarmad, och blåslavens skador lindriga (tabell 1). De tydligaste förändringarna betonades i Esbo stads sydöstliga provytor, nära gränsen mellan Esbo och Helsingfors. På sju av dessa provytor och ytterligare på provytor i Björnkärr, Köklax och Bastvik, var blåslavens skador tydliga. På andra provytor i Esbo var blåslavens skador lindriga. Lavfloran var mycket tydligt utarmad på fyra provytor i stadens sydöstra del, på de andra provytorerna var lavfloran huvudsakligen utarmad eller lindrigt utarmad. Det största antalet lavar (9 lavararter), som tar skada av luftföroreningar, observerades på provytorerna i Oitans och i Rödskog. (Figur 1.)

IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, har minskat inom Esbo stads område från år 2000 till år 2009 (tabell 2). Blåslavens skador har stannat på relativt samma nivå under observationsperioden. Skillnaden i lavfloran mellan åren 2004 och 2009 är generellt liten. I Esbo observerades inga svåra skador i

blåslaven efter år 2000. De tydligaste förändringarna i lavfloran var koncentrerade till Esbo stads sydöstra och södra del. Speciellt i stadens norra del är belastning av luftföroreningar liten. Situationen har inte väsentligt förändrats i Esbo mellan 2004 och 2009. Förändringarna i lavarerna indicerar visserligen en liten uppstigning av belastningsnivån.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Espoon kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Esbo stads område. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Espoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Esbo stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskiahajonta	Pienin	Suurin
Espoo n = 44				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,42	1,6	3,5
Lajilukumäärä	6,2	1,58	2	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,7	0,50	0,7	2,6
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Espoon kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Esbo, som var de samma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 39		Keskiarvo	Keskiahajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,2	0,51	1,4	3,7	0,377
	2004	2,2	0,42	1,5	3,4	
	2000	2,2	0,51	1,5	3,7	0,067
	2009	2,3	0,39	1,6	3,4	
	2004	2,3	0,42	1,5	3,4	0,100
	2009	2,3	0,39	1,6	3,4	
Lajilukumäärä	2000	7,2	1,54	2	10	0,001**
	2004	6,5	1,27	2	9	
	2000	7,2	1,54	2	10	0,009**
	2009	6,3	1,52	2	9	
	2004	6,5	1,27	2	9	0,327
	2009	6,3	1,52	2	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,1	1,54	0,7	2,9	0,000***
	2004	1,8	0,50	0,6	2,5	
	2000	2,1	0,54	0,7	2,9	0,000***
	2009	1,7	0,47	0,7	2,4	
	2004	1,8	0,50	0,6	2,5	0,109
	2009	1,7	0,47	0,7	2,4	

Liite 3.

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hangon kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Hangö stads område

Hangon kaupungin alueella sijaitsi 16 havaintoalaa, joista puolet sijaitsi taajama-alueella ja puolet tausta-alueilla. Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi vastasivat koko tutkimusalueen keskiarvoja: jäkäälajisto oli lievästi köyhtynyt sekä Hangon kaupungin alueella että koko tutkimusalueella. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot olivat Hangon kaupungin alueella jonkin verran suuremmat (selvä vaurio) kuin koko tutkimusalueella (lievä vaurio). (Taulukko 1.) Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta kahdeksalla Hangon keskustan ja Tulliniemen havaintoalalla ja pahasti vaurioitunutta Tulliniemen (69) ja Lappohjan (66) havaintoaloilla. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Jäkäälajisto oli selvästi köyhtynyt viidellä havaintoalalla mm. Lappohjan ja Tulliniemen läheisyydessä, mutta osalla näistä aloista jäkälien lajilukumäärä oli suuri ja vastasi luonnontilaista lajistoa (8 lajia). Muilla havaintoaloilla jäkäälajisto oli lievästi köyhtynyt tai vastasi luonnontilaista lajistoa. (Kuva 1.) Sormipaisukarpeen vauriot olivat vuonna 2009 kaikista tutkituista vuosista suurimmat ja erot vuoden 2009 ja vuosien 2000 ja 2004 olivat tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Keskimääräinen lajilukumäärä on laskenut jonkin verran ensimmäisistä seuranta-vuosista, mutta oli kuitenkin suurempi vuonna 2009 kuin vuonna 2004; erot vuosien välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Ilmanpuhtausindeksin arvot ovat pysyneet melko samalla tasolla läpi seurantajakson.

Hangon kaupungin alueen merkittävimmät rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet, Tulliniemen lähistöllä sijaitsevat Ulko- ja Länsisatama ja Lappohjassa sijaitseva Koverharin terästehdas selittänevät jäkäälajiston suurimpien muutosten alueellista painottumista Lappohjan, Tulliniemen ja Hangon keskustan läheisyyteen. Jäkäälajiston pitkän aikavälin (1998-2009) muutokset indikoivat ilman epäpuhtauksien kuormitustason hienoista kasvua Hangon kaupungin alueella.

* * *

Inom Hangö stads gränser låg 16 provytor, varav hälften låg i tätorter och hälften i bakgrundsområdena. Det genomsnittliga antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, och IAP-indexet motsvarade hela forskningsområdets medelvärden: lavfloran var lindrigt utarmad på Hangö stads område och på hela forskningsområdet. De genomsnittliga skadorna av blåslaven var något större (tydliga skador) i Hangö än på hela forskningsområdet (lindriga skador). (Tabell 1.) Blåslaven var tydligt skadad på åtta provytor i Hangö centrum och i Tulludden, och svårt skadad på provytor i Tulludden (69) och i Lappvik (66). På andra provytor var blåslaven lindrigt skadad. Lavfloran var tydligt utarmad på fem provytor nära bl.a. Tulludden och Lappvik, men på en del av provytorerna i de här områdena var lavarnas artantal stor och motsvarade den naturliga lavfloran (8 arter). På andra provytor var lavfloran lindrigt utarmad eller motsvarade den naturliga lavfloran. (Figur 1.) Blåslavens skador var största år 2009 och skillnaden till åren 2000 och 2004 var statistiskt betydande. Det genomsnittliga artantalet har sjunkit något från de första forskningsåren, men var större än år 2004. Trots det var skillnaden mellan åren inte statistiskt betydande. Värderna på IAP-indexet har stannat på samma nivå under hela observationsperioden. (Tabell 2.)

De mest betydande utsläppskällorna av svaveldioxid, kväve oxider och partiklar i Hangö är Yttre hamnen och Västra hamnen nära Tulludden och stålverket i Kover-

har. De förklarar troligen koncentrationen av de största förändringarna i lavfloran i närheten av Lappvik, Tulludden och Hangö centrum. Förändringarna på lång sikt (1998-2009) indicerar en liten uppstigning i belastningsnivån av luftföroreningar.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hangon kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet på provtytor i Hangö stads område. Provytorernas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Hangon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Hangö stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Espoo n = 44				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,42	1,6	3,5
Lajilukumäärä	6,2	1,58	2	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,7	0,50	0,7	2,6
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälän lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Hangon kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty Bonferronin moniverailumenetelmällä, paitsi sormipaisukarpeen vauriolle merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Hangö, som var desamma åren 1998, 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med Bonferronis multikomparationsmetod, förutom blåslavens skador, där jämförelser har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 7		Keskisarvo	Keskiahajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1998	2,5	0,43	1,9	3	0,688
	2000	2,4	0,29	2	2,8	
	1998	2,5	0,43	1,9	3	0,688
	2004	2,4	0,54	1,6	3,1	
	1998	2,5	0,43	1,9	3	0,219
	2009	2,9	0,48	2,1	3,6	
	2000	2,4	0,29	2	2,8	1,000
	2004	2,4	0,54	1,6	3,1	
	2000	2,4	0,29	2	2,8	0,031*
	2009	2,9	0,48	2,1	3,6	
	2004	2,4	0,54	1,6	3,1	0,016*
	2009	2,9	0,48	2,1	3,6	
Lajilukumäärä	1998	7,7	1,11	6	9	1,000
	2000	7,7	1,50	6	10	
	1998	7,7	1,11	6	9	0,070
	2004	6,4	1,27	5	9	
	1998	7,7	1,11	6	9	0,100
	2009	6,9	1,07	6	8	
	2000	7,7	1,50	6	10	0,380
	2004	6,4	1,27	5	9	
	2000	7,7	1,50	6	10	0,272
	2009	6,9	1,07	6	8	
	2004	6,4	1,27	5	9	1,000
	2009	6,9	1,07	6	8	
Ilmanpuhtausindeksi	1998	2,1	0,70	0,84	3,0	1,000
	2000	2,1	0,40	1,3	2,5	
	1998	2,1	0,70	0,84	3,0	1,000
	2004	1,9	0,29	1,4	2,1	
	1998	2,1	0,70	0,84	3,0	1,000
	2009	2,1	0,24	1,8	2,5	
	2000	2,1	0,40	1,3	2,5	0,238
	2004	1,9	0,29	1,4	2,1	
	2000	2,1	0,40	1,3	2,5	1,000
	2009	2,1	0,24	1,8	2,5	
	2004	1,9	0,29	1,4	2,1	0,106
	2009	2,1	0,24	1,8	2,5	

Liite 4

Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Helsingin kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Helsingfors stads område

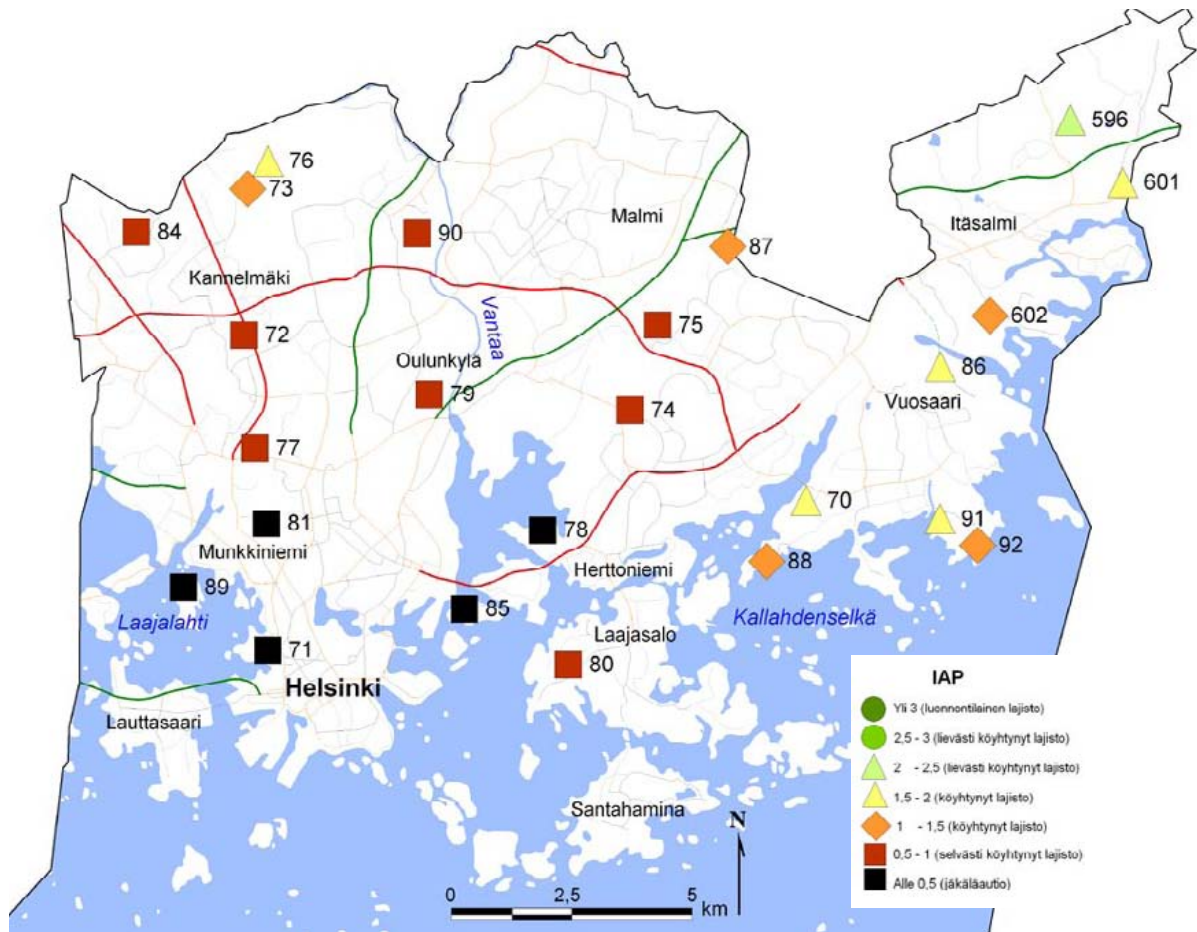
Helsingin kaupungin alueella sijaitsevia 24 näytealaa, joista valtaosa (21) sijaitsevat taajamaksi luokitellulla alueella. Sormipaisukarpeen vauriot olivat keskimäärin melkein yhden vaurioluokan suurempia ja IAP-indeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä selvästi alhaisempia Helsingin kaupungin havaintoaloilla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. (Taulukko 1.) Sormipaisukarve oli pahasti vaurioitunutta viiden Helsingin ydinkeskustassa sijaitsevan havaintoalan lisäksi Kontulan (75) ja Haagan (72) havaintoaloilla. Viidellä havaintoalalla Helsingin keskustassa havaittiin vain 1-2 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, sormipaisukarpeen lisäksi keltatyvikarvetta tai ruskoröyhelöä. Ilman epäpuhtauksista hyötyvät leväpeite ja seinäsuomujäkälä olivat puolestaan näillä aloilla yleisiä. Myös Helsingin ydinkeskustan pohjois- ja itäpuolella sijaitsevilla aloilla jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyt ja sormipaisukarpeen vauriot selviä. Pienimmät muutokset jäkälälajistossa painottuivat Helsingin kaupungin itä- ja pohjoisosiin, tosin näilläkin aloilla lajisto oli köyhtynyt ja sormipaisukarve pääosin lievästi vaurioitunutta. (Kuva 1.)

Vaikka jäkälälajiston muutokset olivat Helsingin kaupungin alueella paikoin suuria, on sormipaisukarpeen keskimääräinen kunto parantunut seurannan 1998–2009 aikana (taulukko 2). Täysin jäkäläautoita havaintoaloja ei alueella enää ole. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärät ovat nousseet keskimäärien seuranta vuosien notkahduksesta melkein vuoden 1998 tasolle. Ilmanpuhtausindeksi on pysynyt samalla tasolla koko seurantajakson ajan. Todettujen jäkälämuutosten perusteella ilmansaasteiden kuormitus Helsingissä oli voimakkainta koko tutkimusalueella. Jäkälälajiston pitkän aikavälin muutokset indikoivat ilman epäpuhtauksien kuormitustason laskua Helsingin kaupungin alueella.

* * *

Inom Helsingfors stads gränser låg 24 provytor, varav huvuddelen i tätorter. Blåslavens skador var i medeltal en skadeplass större och IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, tydligt lägre än på hela forskningsområdet. (Tabell 1.) Blåslaven var svårt skadad på fem provytor i Helsingfors centrum och därtill på provytor i Gårbacka (75) och Haga (72). På fem provytor i Helsingfors centrum observerades bara 1 eller 2 lavararter, som tar skada av luftföroreningar: blåslav och stocklav eller brämlav. Lavararter, som drar nytta av luftföroreningar (flarnlav och alg) var däremot vanliga på dessa provytor. Lavfloran var tydligt utarmad och blåslavens skador tydliga även på provytor i norra eller östra delen av Helsingfors centrum. De minsta förändringarna i lavfloran observerades på provytor i stadens norra och östra deler, även om lavfloran också på dessa ytor var utarmad och blåslaven lindrigt skadad. (Figur 1.)

Trots att förändringarna i lavfloran var ställvis stora i Helsingfors, har blåslavens genomsnittliga tillstånd förbättrats under perioden 1998-2009 (tabell 2). Provytor utan lav finns inte längre på området. Antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, har ökat från nedgången under de mellersta observationsåren nästan till nivån av året 1998. IAP-indexet har stannat på samma nivå under hela observationsperioden. På basis av förändringarna i lavfloran, var belastningen av luftföroreningar i Helsingfors starkast på hela forskningsområdet. Förändringarna i lavfloran på lång sikt beskriver sänkningen av belastningsnivån i Helsingfors.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Helsingin kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Helsingfors. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Helsingin kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Helsingfors stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Helsinki n = 24				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	0,80	2,0	4,6
Lajilukumäärä	4,5	2,11	1	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,0	0,57	0,2	2,2
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Helsingin kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty Bonferronin monivertailumenetelmällä, paitsi sormipaisukarpeen kohdalla merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Helsingfors, som var desamma åren 1998, 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med Bonferronis multikomparationsmetoden, förutom blåslavens skador, där jämförelser har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

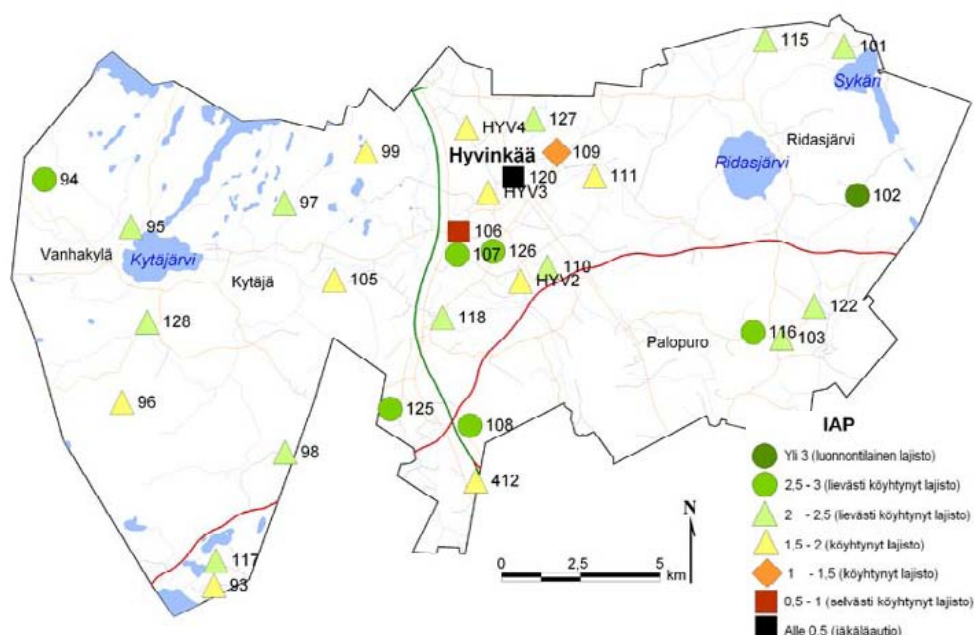
n = 12		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1998	3,6	0,91	2,1	5	0,727
	2000	3,5	1,03	2,1	5	
	1998	3,6	0,91	2,1	5	0,000***
	2004	3,0	0,83	1,6	4,8	
	1998	3,6	0,91	2,1	5	0,000***
	2009	3,1	0,85	1,95	4,6	
	2000	3,5	1,03	2,1	5	0,006**
	2004	3,0	0,83	1,6	4,8	
	2000	3,5	1,03	2,1	5	0,012*
	2009	3,1	0,85	1,95	4,6	
	2004	3,0	0,83	1,6	4,8	0,774
	2009	3,1	0,85	1,95	4,6	
Lajilukumäärä	1998	3,9	2,75	1	8	0,072
	2000	3,2	2,41	1	7	
	1998	3,9	2,75	1	8	0,763
	2004	3,1	1,83	1	6	
	1998	3,9	2,75	1	8	1,000
	2009	3,6	1,68	1	6	
	2000	3,2	2,41	1	7	1,000
	2004	3,1	1,83	1	6	
	2000	3,2	2,41	1	7	1,000
	2009	3,6	1,68	1	6	
	2004	3,1	1,83	1	6	0,316
	2009	3,6	1,68	1	6	
Ilmanpuhtausindeksi	1998	0,8	0,52	0,04	1,5	1,000
	2000	0,7	0,58	0	2	
	1998	0,8	0,52	0,04	1,5	1,000
	2004	0,7	0,49	0,0	1,6	
	1998	0,8	0,52	0,04	1,5	1,000
	2009	0,8	0,43	0,2	1,6	
	2000	0,7	0,58	0	2	1,000
	2004	0,7	0,49	0,0	1,6	
	2000	0,7	0,58	0	2	1,000
	2009	0,8	0,43	0,2	1,6	
	2004	0,7	0,49	0,0	1,6	1,000
	2009	0,8	0,43	0,2	1,6	

Liite 5

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hyvinkään kaupungin alueella

Hyvinkään kaupungin alueella tehtiin jäkälähavainnoja 31 havaintoalalla, joista 14 sijaitti taajama-alueella ja 17 tausta-alueilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläen lajilukumäärä olivat Hyvinkään kaupungin alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Hyvinkään keskusta-alueella sijaitsevilla Hiiltomon (106) ja Sveitsin (120) havaintoaloilla jäkälälajisto oli lajilukumäärän perusteella selvästi köyhtynyt: aloilta havaittiin vain 2-3 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. IAP-indeksin arvon perusteella Sveitsin läheinen havaintoala luokiteltiin jäkäläautioksi. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä neljällä Hyvinkään keskusta-alueella sijaitsevalla havaintoalalla ja aivan Helsinki-Hämeenlinna moottoritien vieressä sijaitsevalla havaintoalalla (412). Myös jäkälälajisto oli näillä aloilla köyhtynyt tai lievästi köyhtynyt. Hyvinkään ydinkeskustan ulkopuolisilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli köyhtynyt tai lievästi köyhtynyt ja sormipaisukarpeen vauriot olivat pääasiassa lieviä. Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi Sääksjärven pohjoispuolisella alalla (93) kunnan eteläosassa. Jäkälälajisto oli luonnontilaista Ridajärven itäpuolisella havaintoalalla (102). (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen kunto, jäkäläen lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat tässä tutkimuksessa vuoden 2000 tasolla (taulukko 2). Vuonna 2004 sormipaisukarpeen vauriot olivat selvästi suurempia ja jäkälälajisto köyhtyneempää kuin vuosina 2000 ja 2009. Pahasti vaurioitunutta sormipaisukarvetta ei vuonna 2009 esiintynyt enää yhdelläkään havaintoalalla. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamat jäkälälajiston muutokset olivat selvimmät Hyvinkään kaupungin keskusta-alueella, jossa kuormitus on jäkälähavainnojen mukaan melko voimakasta. Hyvinkään kaupungin alueen merkittävin rikin, typen ja hiukkasten päästölähde, Hyvinkään lasivillatehdas, sijaitsee keskusta-alueen pohjoisosassa ja voi osaltaan selittää keskusta-alueen selviä jäkälämuutoksia. Jäkälähavainnojen perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitustaso on kuitenkin laskenut Hyvinkään kaupungin alueella vuoteen 2004 verrattuna.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hyvinkään kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Hyvinkään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Hyvinkää n = 31				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,45	1,2	3,3
Lajilukumäärä	7,1	1,61	2	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,59	0,5	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Hyvinkään kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 24		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,62	1,2	3,7	0,035*
	2004	2,4	0,86	1,2	4,4	
	2000	2,0	0,62	1,2	3,7	1,000
	2009	2,1	0,41	1,2	3,2	
	2004	2,4	0,86	1,2	4,4	0,210
	2009	2,1	0,41	1,2	3,2	
Lajilukumäärä	2000	7,2	1,34	2	9	0,000***
	2004	6,5	1,53	1	8	
	2000	7,2	1,34	2	9	1,000
	2009	7,2	1,58	2	9	
	2004	6,5	1,53	1	8	0,022*
	2009	7,2	1,58	2	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,54	0,4	2,8	0,000***
	2004	1,8	0,51	0,3	2,5	
	2000	2,2	0,54	0,4	2,8	0,839
	2009	2,1	0,58	0,5	3,0	
	2004	1,8	0,51	0,3	2,5	0,000***
	2009	2,1	0,58	0,5	3,0	

Liite 6

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Inkoon kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Ingå kommuns område

Jäkälähavaintoja tehtiin Inkoon kunnan alueella 25 havaintoalalla, joista 21 oli tausta-aloja ja 4 alaa sijaitsi taajama-alueella. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Inkoon kunnan alueella hieman suuremmat kuin koko tutkimusalueella keskimäärin, mutta keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella (taulukko 1). Inkoon keskustaajaman lähellä NMC Termonovan teollisuuslaitoksen välittömässä läheisyydessä sijaitseva havaintoala oli edelleen lähes jäkäläautio ja sormipaisukarve oli alalla pahasti vaurioitunutta. Jäkälälajisto oli köyhtynyt (5 jäkälälajia) myös kahdella kunnan pohjoisosassa sijaitsevalla havaintoalalla. Näiden havaintoalojen lähellä, aivan Inkoon kunnan pohjoisrajan tuntumassa Lohjan kunnan puolella, sijaitsee Destian Ristenin asfalttiasema, jonka päästöt selittänevät aloilla havaitut jäkälälajiston muutokset. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli pääasiassa lievästi köyhtynyttä tai luonnontilaista. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Inkoon kunnan alueella lieviä, lukuun ottamatta neljää alaa, joilla vauriot olivat selviä. (Kuva 1.) Sormipaisukarpeen vauriot olivat vuonna 2009 suurimmat koko seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana (taulukko 2), tosin ero vuosien 2004 ja 2009 välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Havaintoalat, joilla sormipaisukarve oli luokiteltu selvästi vaurioituneeksi, olivat kuitenkin vähentyneet kahdella vuoteen 2004 verrattuna. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat palanneet vuoden 2004 alhaisemmista luvuista vuoden 2000 paremmalle tasolle.

Selvimmät jäkälälajiston muutokset rajoittuvat Inkoon kunnan pohjoisosan ja keskustaajaman lähellä sijaitsevien teollisuuslaitosten läheisyyteen. Muualla kunnan alueella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan jäkälälajiston muutosten perusteella pitää melko vähäisenä. Jäkälälajisto oli jonkin verran monipuolistunut, mutta sormipaisukarpeen vauriot kasvaneet hieman edeltävään tutkimusvuoteen 2004 verrattuna.

* * *

Lavar observerades i Ingå på 25 provytor, varav 21 låg i bakgrundsområdena och 4 i tätorterna. Blåslavens skador i Ingå var lite större än på forskningsområdet i medeltal, men det genomsnittliga antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, och IAP-indexet var på samma nivå som på hela forskningsområdet. (Tabell 1.) Provytan, som ligger nära Ingås centrum, i direkt närhet av NMC Termonovas industrianläggning, var fortfarande nästan tom på lav, och blåslaven var svårt skadad. Lavfloran var utarmad (5 lavararter) även på två provytor i kommunens norra del. Nära dessa provytor i Risten, Lojo ligger Destias asfaltstation, vars utsläpp troligen förklarar förändringarna på provytorerna. På de andra provytorerna var lavfloran huvudsakligen lindrigt utarmad eller naturlig. Blåslavens skador var i Ingå lindriga med undantag av fyra provytor, på vilka blåslavens skador var tydliga. (Figur 1.) De största skadorna under observationsperioden 2000-2009 fanns år 2009, även om skillnaden mellan 2004 och 2009 inte var statistiskt betydande. Antalet provytor, på vilka blåslaven var klassificerad som tydligt skadad, hade minskat med två ytor jämfört med år 2004. Antal lavararter, som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet hade återhämtat sig från de låga värdena i 2004 till den bättre nivån i 2000.

De tydligaste förändringarna i lavfloran begränsar sig till Ingå kommuns norra del och till närheten av industrianläggningarna nära kommunens centrum. På basis av förändringarna i lavfloran, kan belastningen av luftföroreningar i andra delar av kommunen anses vara ganska liten. Lavfloran hade blivit något mångsidigare, men blåslavens skador hade ökat jämfört med den tidigare undersökningen i 2004.



Kuva I. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Inkoon kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur I. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Ingå. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtausista kärsivien jäkäljen lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Inkoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell I. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Ingå kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Inkoo n = 25				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,61	1,9	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,54	2	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,56	0,3	2,9
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Inkoon kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Ingå, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) är märkt med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

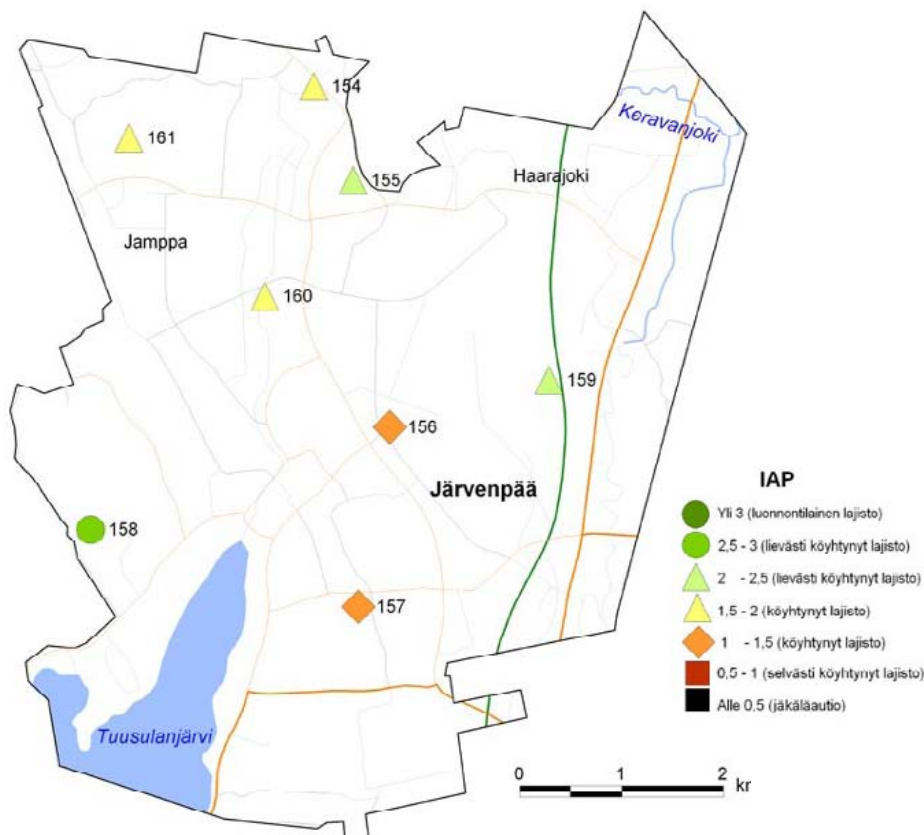
n = 22		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,71	1,0	4,9	0,503
	2004	2,2	0,59	1,5	4,3	
	2000	2,0	0,71	1,0	4,9	0,004**
	2009	2,3	0,63	1,9	4,9	
	2004	2,2	0,59	1,5	4,3	0,503
	2009	2,3	0,63	1,9	4,9	
Lajilukumäärä	2000	7,0	1,50	2	9	0,210
	2004	6,6	1,47	2	9	
	2000	7,0	1,50	2	9	1,000
	2009	7,1	1,51	2	9	
	2004	6,6	1,47	2	9	0,118
	2009	7,1	1,51	2	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,48	0,5	2,7	0,004**
	2004	1,9	0,47	0,4	2,6	
	2000	2,2	0,48	0,5	2,7	0,286
	2009	2,1	0,52	0,3	2,9	
	2004	1,9	0,47	0,4	2,6	0,052
	2009	2,1	0,52	0,3	2,9	

Liite 7

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Järvenpään kaupungin alueella

Järvenpään kaupungin alueella sijaitsi 8 havaintoalaa, jotka kaikki olivat taajama-aloja. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Järvenpään kaupungin alueella sijaitsevilla havaintoaloilla samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin, mutta ilmanpuhtausindeksi oli hieman koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa alhaisempi. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Järvenpään kaupungin alueella keskimäärin lieviä. (Taulukko 1.) Edellisessä tutkimuksessa havaittuja pahoja ja selviä sormipaisukarpeen vaurioita ei Järvenpään kaupungin havaintoaloilla enää havaittu. Jäkälälajisto oli köyhtynyt kahdella Järvenpään keskustaajaman alueella sijaitsevalla havaintoalalla, muilla havaintoaloilla lajisto oli lievästi köyhtynyt. Aloilla 158 ja 159 havaittiin 8-9 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, mikä vastasi luonnontilaista lajistoa. (Kuva 2.)

Sormipaisukarpeen vauriot olivat tässä tutkimuksessa keskimäärin lieviä kun ne aikaisempina tutkimusvuosina ovat olleet selviä. Ilmanpuhtausindeksin arvoissa ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärissä ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia tutkimusjakson aikana, mutta tässä tutkimuksessa niiden arvot olivat kuitenkin hieman korkeammat kuin vuoden 2004 tutkimuksessa. Suurimmat muutokset jäkälälajistossa Järvenpään kaupungin alueella rajoittuivat keskustaajaman läheisyyteen. Jäkälähavaintojen perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitustaso on laskenut Järvenpään kaupungin alueella vuoteen 2004 verrattuna. (Taulukko 2.)



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Järvenpään kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Järvenpään kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Järvenpää n = 8				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,23	1,6	2,4
Lajilukumäärä	7,0	1,07	6	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,8	0,49	1,2	2,7
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Järvenpään kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty Bonferronin monivertailumenetelmällä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulokset on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

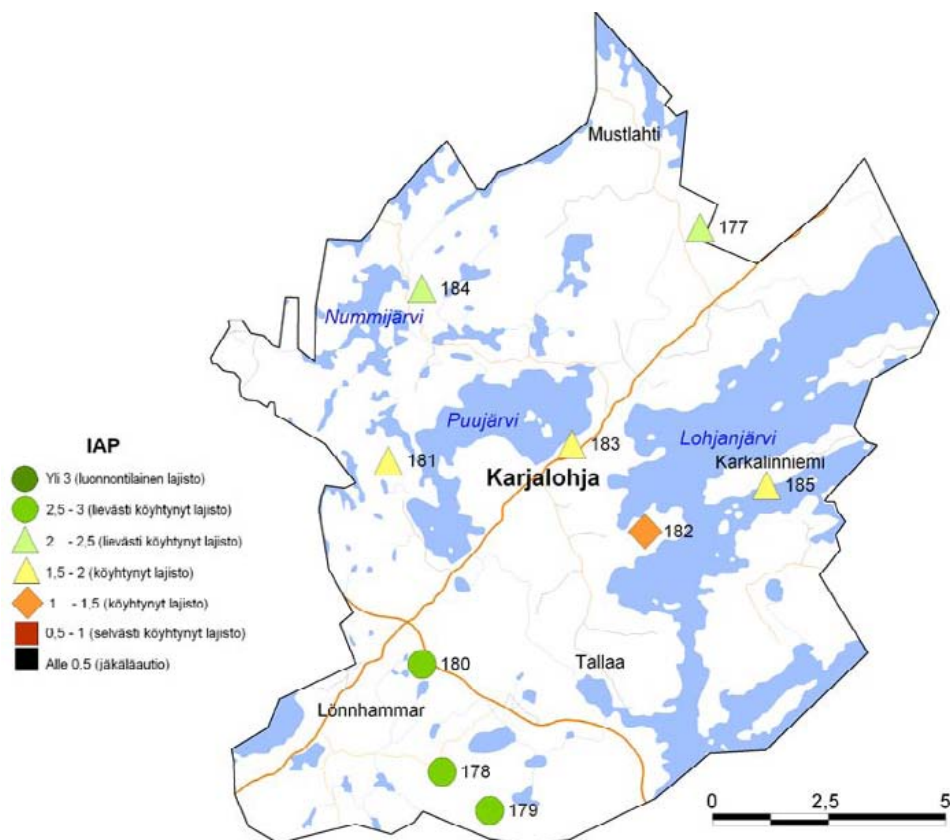
n = 5		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,6	0,66	1,6	3,4	1,000
	2004	2,7	0,48	2,0	3,2	
	2000	2,6	0,66	1,6	3,4	0,375
	2009	2,1	0,29	1,6	2,4	
	2004	2,7	0,48	2,0	3,2	0,031*
	2009	2,1	0,29	1,6	2,4	
Lajilukumäärä	2000	7,4	2,07	4	9	0,624
	2004	6,8	2,28	4	9	
	2000	7,4	2,07	4	9	1,000
	2009	7,0	1,22	6	9	
	2004	6,8	2,28	4	9	1,000
	2009	7,0	1,22	6	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,0	0,55	1,1	2,5	0,413
	2004	1,8	0,44	1,2	2,4	
	2000	2,0	0,55	1,1	2,5	1,000
	2009	1,9	0,50	1,4	2,7	
	2004	1,8	0,44	1,2	2,4	1,000
	2009	1,9	0,50	1,4	2,7	

Liite 8

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karjalohjan kunnan alueella

Männyn runkojäkäliä kartoitettiin Karjalohjan kunnan alueella 9 havaintoalalla, jotka kaikki sijaitsivat tausta-alueilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli Karjalohjan kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat Karjalohjan kunnan havaintoaloilla hieman korkeampia kuin koko Uudenmaan tutkimusalueella keskimäärin. (Taulukko 1.) Selvimmät muutokset jäkälälajistossa painottuivat kunnan keskiosaan. Jäkälälajisto oli köyhtynyt Karjalohjan keskustaaajaman lähellä sijaitsevalla alalla, Puujärven havaintoalalla ja Lohjanjärven niemissä sijaitsevalla havaintoaloilla (182, 185). Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta Karkalinniemen havaintoalalla, kuten edellisenäkin tutkimusvuonna. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunut. (Kuva 1.) Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi ovat Karjalohjan kunnan alueella pysyneet samalla tasolla koko seurantajakson 2000-2009 ajan. Sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli tässä tutkimuksessa jonkin verran korkeampi kuin aikaisempina tutkimusvuosina. (Taulukko 2.)

Kokonaisuudessaan jäkälälajiston muutokset Karjalohjan kaupungin alueella olivat melko lieviä ja lievempiä tai samansuuruisia kuin koko tutkimusalueella. Jäkälälajisto oli jonkin verran monipuolistunut, mutta sormipaisukarpeen vauriot kasvaneet hieman edeltävään tutkimusvuoteen 2004 verrattuna.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Karjalohjan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Karjalohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Karjalohja n = 9				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,32	1,8	2,9
Lajilukumäärä	7,2	1,39	5	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,43	1,3	2,6
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Karjalohjan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

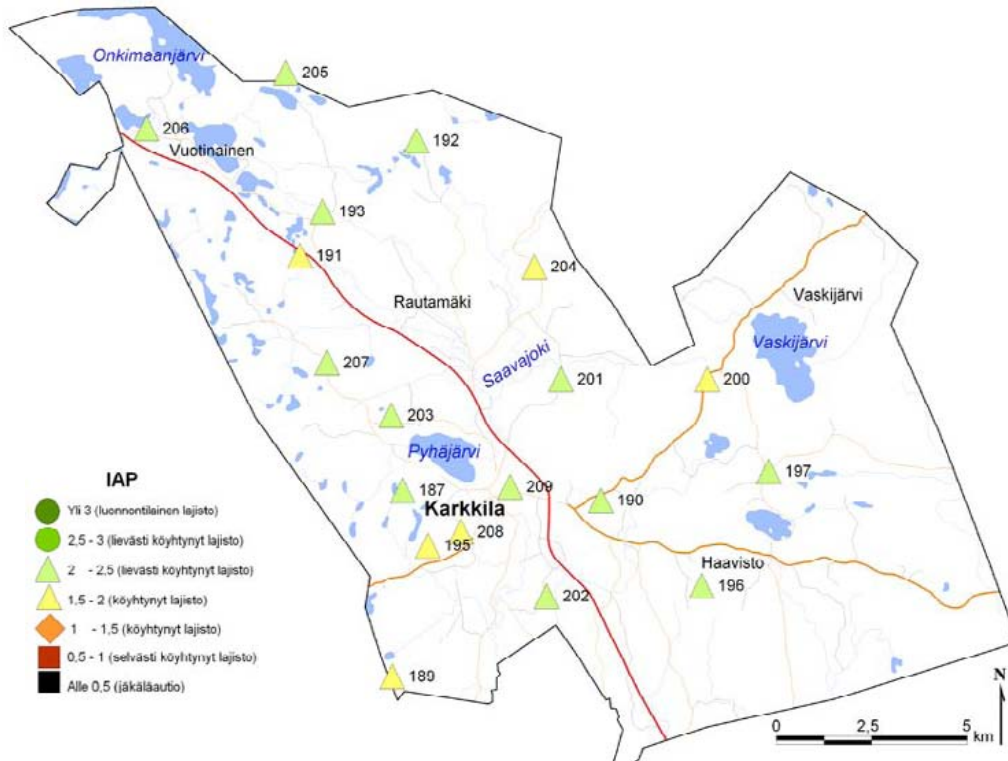
n = 8		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,8	0,24	1,5	2,2	0,289
	2004	1,8	0,39	1,2	2,6	
	2000	1,8	0,24	1,5	2,2	0,016*
	2009	2,1	0,33	1,8	2,9	
	2004	1,8	0,39	1,2	2,6	0,016*
	2009	2,1	0,33	1,8	2,9	
Lajilukumäärä	2000	7,3	0,71	6	8	1,000
	2004	7,4	0,92	6	9	
	2000	7,3	0,71	6	8	1,000
	2009	7,5	1,20	5	9	
	2004	7,4	0,92	6	9	1,000
	2009	7,5	1,20	5	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,39	1,8	2,9	0,400
	2004	2,1	0,38	1,7	2,6	
	2000	2,2	0,39	1,8	2,9	1,000
	2009	2,2	0,32	1,9	2,6	
	2004	2,1	0,38	1,7	2,6	0,498
	2009	2,2	0,32	1,9	2,6	

Liite 9

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Karkkilan kaupungin alueella

Karkkilan kaupungin alueella sijaitsi 19 havaintoalaa, joista 15 oli tausta-aloja ja 4 sijaitsi taajamassa. Sormipaisukarpeen vauriot olivat keskimäärin yli puoli vaurio-luokkaa alhaisempia ja IAP-indeksi ja ilmansaasteista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä jonkin verran korkeampia Karkkilan kaupungin havaintoaloilla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt 6 havaintoalalla, joista neljä sijaitsi Karkkilan keskustaajaman ja 2-tien ja 34-tien välittömässä läheisyydessä. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt. Kaikilta havaintoaloilta löydettiin vähintään 6 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarve oli tervettä viidellä kunnan pohjois- ja eteläosassa sekä Pyhäjärven lähellä sijaitsevalla havaintoalalla. Yhdellä Karkkilan keskustaajaman välittömässä läheisyydessä sijaitsevalla alalla sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunut. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. Karkkilan kaupungin merkittävin rikin, typen ja hiukkasten päästölähde, Componenta Karkkila Oy, sijaitsee Karkkilan keskustaajamassa. (Kuva 1.)

Jäkälälajiston runsautta kuvaavat ilmanpuhtausindeksi ja jäkäläien lajilukumäärä ovat pienentyneet Karkkilan kaupungin havaintoaloilla seurantajakson 2000–2009 aikana, tosin vain osa vuosien välisistä muutoksista on tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli palannut vuoden 2004 suuremmasta arvosta vuoden 2000 alhaisemmalle tasolle. Niiden alojen määrä, joilla kasvoi tervettä sormipaisukarvetta, oli lisääntynyt kolmella edeltävään vuoden 2004 tutkimukseen verrattuna. Kokonaisuudessaan ilman epäpuhtauksista johtuvia jäkäläkasvillisuuden muutoksia Karkkilan alueella voidaan pitää vähäisinä. Jäkälälajisto on tosin jonkin verran köyhtynyt seurantajakson 2000–2009 aikana, mutta sormipaisukarpeen vauriot ovat vastaavasti lieventyneet.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Karkkilan kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Karkkilan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Karkkila n = 19				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1,6	0,38	1,1	2,8
Lajilukumäärä	7,2	0,76	6	8
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,33	1,5	2,5
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Karkkilan kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty Bonferronin monivertailumenetelmällä, paitsi sormipaisukarpeen vauriolla merkkiteistillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) t-testitulokset on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***) .

n = 13		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,6	0,42	1,0	2,7	0,012*
	2004	2,0	0,36	1,2	2,4	
	2000	1,6	0,42	1,0	2,7	0,508
	2009	1,6	0,42	1,1	2,8	
	2004	2,0	0,36	1,2	2,4	0,092
	2009	1,6	0,42	1,1	2,8	
Lajilukumäärä	2000	7,5	0,97	6	9	1,000
	2004	7,4	0,87	6	9	
	2000	7,5	0,97	6	9	0,331
	2009	7,0	0,71	6	8	
	2004	7,4	0,87	6	9	0,288
	2009	7,0	0,71	6	8	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,4	0,39	1,8	3,1	0,071
	2004	2,2	0,40	1,4	2,9	
	2000	2,4	0,39	1,8	3,1	0,003**
	2009	2,0	0,32	1,6	2,4	
	2004	2,2	0,40	1,4	2,9	0,110
	2009	2,0	0,32	1,6	2,4	

Liite 10

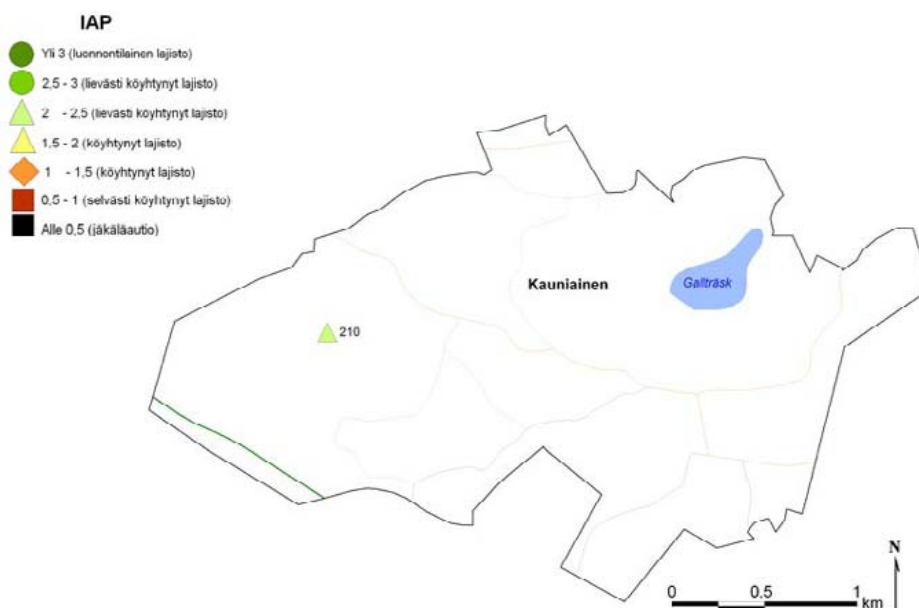
Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kauniaisten kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Grankulla stads område

Kauniaisten kaupungin alueella oli yksi taajamassa sijaitseva havaintoala (kuva 1). Kauniaisten havaintoalan jäkäläkasvillisuuden muutoksista kertovat muuttujat vastasivat koko tutkimusalueen keskimääräisiä tuloksia (taulukko 1). Sormipaisukarve oli edelleen lievästi vaurioitunutta ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja havaittiin seitsemän, kuten kahtena edellisenäkin tutkimusvuonna. Jäkälälajistoa kuvaava ilmanpuhtausindeksi oli samalla tasolla kuin edellisenä tutkimusvuonna 2004, mutta alhaisempi kuin vuosina 1998 ja 2000. Koko seurantajakson aikana jäkälälajisto on siis hieman köyhtynyt ja herkimpiä lajeja puuttui havaintoalalta vuonna 2009 yleisesti (taulukko 2). Kokonaisuudessaan jäkälälajiston muutoksia Kauniaisten kaupungin havaintoalalla voidaan pitää lievinä.

* * *

I Grankulla låg den enda provytan i tätorten (figur 1). Förändringar i lavfloran på provytan var på samma nivå som på det övriga forskningsområdet (tabell 1). Blåslaven var fortfarande lindrigt skadad och, liksom i de tidigare undersökningarna, observerades det sju lavararter, som tar skada av luftföroreningar, IAP-indexet var på samma nivå som i 2004, men lägre än under 1998 och 2000. Lavfloran har blivit något mer utarmat under undersökningsperioden, och de känsligaste lavarterna saknades allmänt på provytan i 2009 (tabell 2). Förändringarna i lavfloran i Grankulla kan i helhet anses vara lindriga.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Kauniaisten kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. Det genomsnittliga värdet av IAP-indexet i Grankulla. Provytans nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Kauniaisten kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Grankulla stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Kauniainen n = 1				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,0			
Lajilukumäärä	7,0			
Ilmanpuhtausindeksi	2,1			
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarpeen, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärän ja ilmanpuhtausindeksin arvot Kauniaisten kaupungin havaintoalalla vuosina 1998, 2000, 2004 ja 2009.

Tabell 2. Värden av blåslavskadorna, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på provytan i Grankulla åren 1998, 2000, 2004 och 2009.

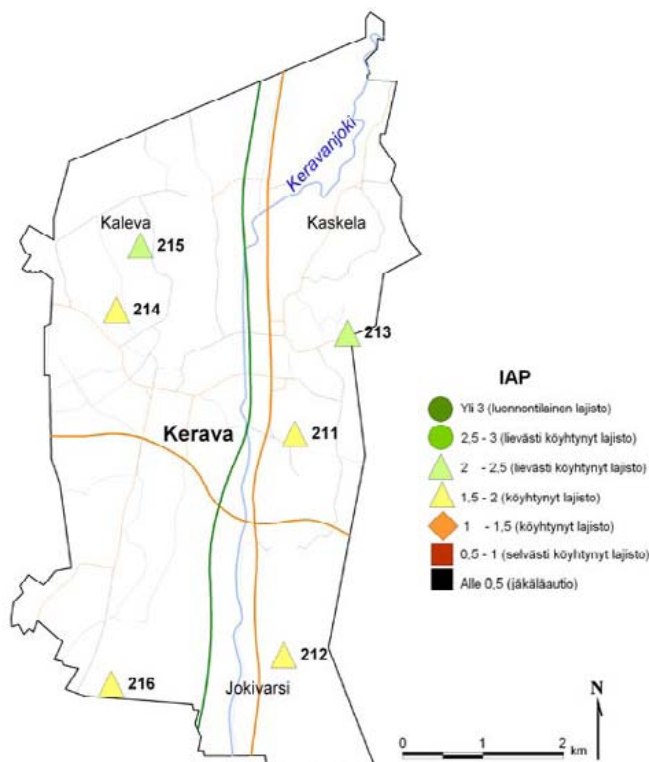
	1998	2000	2004	2009
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	2,2	2,3	2
Lajilukumäärä	8	7	7	7
Ilmanpuhtausindeksi	2,5	2,6	2,1	2,1

Liite I I

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Keravan kaupungin alueella

Keravan kaupungin alueella tehtiin männyn runkojäkälähavainnot kuudella havaintoalalla, jotka sijaitsivat yhtä lukuun ottamatta taajamassa. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste ja keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä olivat Keravan havaintoaloilla hieman koko tutkimusalueen keskimääräisiä arvoja suurempia (taulukko 1). Ilmanpuhtausindeksi oli puolestaan hieman koko tutkimusalueen keskimääräistä pienempi. Jäkälälajisto oli IAP-indeksin mukaan köyhtynyt neljällä havaintoalalla, joilla havaittiin 6-7 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Kahdella alalla, joilla havaittiin yhdeksän ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä kahdella alalla kunnan pohjoisosassa (213, 215), muilla aloilla vauriot olivat lieviä. Aivan Keravan länsirajan läheisyydessä Sipoon puolella sijaitsevat Skanska Asfaltti Oy:n Talman asfalttiasema ja Versowood Oy:n Keravan kyllästämö, joiden päästöt ovat osaltaan voineet vaikuttaa Keravan havaintoalojen jäkälälajiston muutoksiin. (Kuva 1.)

Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana kaikki jäkälälajiston muutosta kuvaavat muuttujat ovat olleet heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne ovat alkaneet palautua vuoden 2000 paremmalle tasolle. Selvät sormipaisukarpeen vauriot olivat vähentyneet ja jäkälälajisto runsastunut vuoteen 2004 verrattuna. Jäkälälajiston muutokset Keravan havaintoaloilla olivat kuitenkin hieman koko tutkimusalueen keskimääräisiä muutoksia suurempia, mihin vaikuttanee tiheä taajama-asutus sekä taajamaliikenteen päästöt, kaupungin poikki kulkevan Lahti-Helsinki moottoritien liikenteen päästöt ja lähellä sijaitsevien teollisuuslaitosten päästöt. Vuosien 2004 ja 2009 väliset jäkälälajiston muutokset indikoivat kuitenkin kuormitustason laskua Keravan kaupungin alueella. (Taulukko 2.)



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Keravan kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Keravan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Kerava n = 6				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,28	1,9	2,6
Lajilukumäärä	7,2	1,47	6	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,9	0,30	1,6	2,4
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Keravan kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 5		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,2	0,30	1,7	2,5	0,063
	2004	2,5	0,31	2,0	2,8	
	2000	2,2	0,30	1,7	2,5	0,063
	2009	2,4	0,20	2,1	2,6	
	2004	2,5	0,31	2,0	2,8	0,375
	2009	2,4	0,20	2,1	2,6	
Lajilukumäärä	2000	8,0	1,22	6	9	0,250
	2004	6,6	2,19	5	9	
	2000	8,0	1,22	6	9	0,500
	2009	7,4	1,52	6	9	
	2004	6,6	2,19	5	9	0,250
	2009	7,4	1,52	6	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,1	0,24	1,8	2,4	0,063
	2004	1,7	0,31	1,2	2,0	
	2000	2,1	0,24	1,8	2,4	0,375
	2009	1,9	0,33	1,6	2,4	
	2004	1,7	0,31	1,2	2,0	0,063
	2009	1,9	0,33	1,6	2,4	

Liite 12

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kirkkonummen kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Kyrkslätt kommuns område

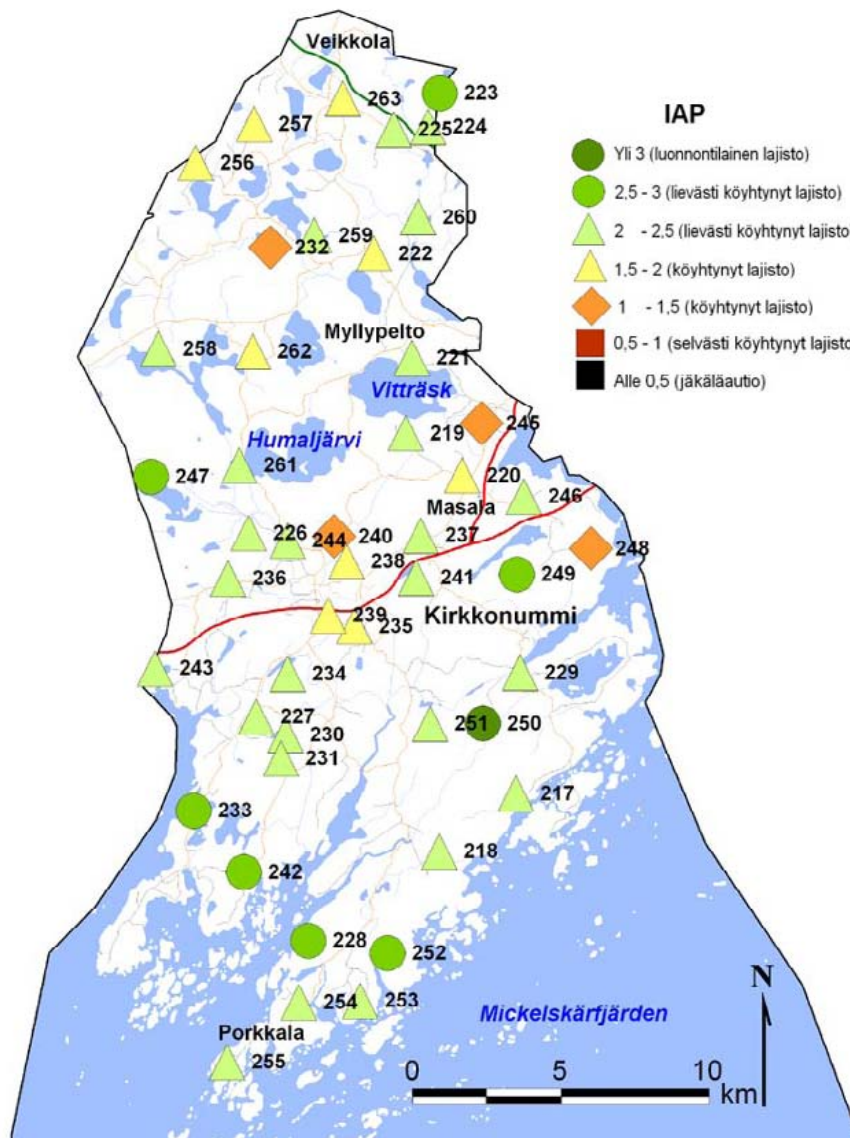
Kirkkonummen kunnan alueella sijaitsi 47 havaintoalaa, joista 17 oli taajama-aloja ja 30 sijaitsi tausta-alueilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste ja jäkälälajiston runsautta kuvaavat ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat samalla tai paremmalla tasolla Kirkkonummen kunnan alueella kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). IAP-indeksin perusteella jäkälälajisto oli köyhtynyt 13 alalla Kirkkonummen keskustan läheisyydessä ja kunnan pohjoisosassa. Muilla aloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai luonnon-tilaista (ala 250). Vähiten ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja (5 lajia) tavattiin Kirkkonummen keskustan havaintoalalla (240), muilla aloilla havaittiin vähintään 6 jäkälälajia. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta kuudella Kirkkonummen keskustan lähistöllä ja kunnan pohjoisosassa sijaitsevalla alalla. Tervettä sormipaisukarvetta havaittiin kahdella Kirkkonummen keskustan eteläpuolisella alalla, muilla aloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Kirkkonummen kunnan länsiosassa sijaitseva usean teollisuuslaitoksen ryhmittymä vaikuttanee Kirkkonummen havaintoalojen jäkälälajiston muutoksiin. (Kuva 1.)

Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana kaikki jäkälälajiston muutosta kuvaavat muuttujat ovat olleet heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne ovat alkaneet palautua vuoden 2000 paremmalle tasolle. Selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta kasvavien havaintoalojen määrä oli laskenut vuodesta 2004 vuoteen 2009 kahdellatoista alalla. Myös jäkälälajisto oli runsastunut vuodesta 2004 vuoteen 2009. Selvimät jäkälälajiston muutokset painottuivat Kirkkonummen alueella taajamaan ja isojen teiden varsille, mutta myös kunnan pohjoisosaan. Vuosien 2004 ja 2009 väliset jäkälälajiston muutokset indikoivat kuormitustason laskua Kirkkonummen kunnan alueella. (Taulukko 2.)

* * *

Inom Kyrkslätt kommuns gränser låg 47 provytor, varav 17 låg i tätorter och 30 i bakgrundsområden. Blåslavens genomsnittliga skadeklass och variabler, som beskriver lavflorans riklighet, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet var på samma eller bättre nivå som på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) På basis av IAP-indexet var lavfloran utarmad på 13 provytor nära Kyrkslätt centrum och i kommunens norra del. På andra provytor var lavfloran lindrigt utarmad eller naturlig (yta 250). Det lägsta antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, observerades på provytan i Kyrkslätt centrum (240), på de andra provytorerna observerades minst 6 lavararter. Blåslaven var tydligt skadad på sex ytor nära Kyrkslätt centrum och i kommunens norra del. Normal blåslav observerades på två ytor i södra delen av centrumet. På de andra provytorerna var blåslaven lindrigt skadad. Industrikomplexet i västra delen av kommunen har troligtvis en inverkan på de observerade förändringarna. (Figur 1.)

Under undersökningsperioden 2000–2009 har alla variabler, som beskriver förändringar i lavfloran, varit som dåligast år 2004. Enligt denna undersökning har de börjat återhämta sig till den bättre nivån som varade år 2000. Antalet provytor med tydligt skadad blåslav har sjunkit med 12 ytor fr.o.m. 2004. Lavfloran har likaså blivit rikligare fr.o.m. 2004 till 2009. De tydligaste förändringarna befanns i tätorterna och längs stora vägar, men också i norra delen av kommunen. Skillnaderna mellan 2004 och 2009 indicerar en sänkning av belastningsnivån i Kyrkslätt kommun. (Tabell 2.)



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Kirkkonummen kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De medeltala värdena av IAP-indexet i Kyrkslätt. Provytornas numren finns vid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Kirkkonummen kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Kyrkslätt kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Kirkkonummi n = 47				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,38	1,2	3,1
Lajilukumäärä	7,1	0,93	5	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,41	1,1	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Kirkkonummen kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-index på de provytor i Kyrkslätt, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 42		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,47	1,1	3,1	0,003**
	2004	2,3	0,50	1,3	3,3	
	2000	2,0	0,47	1,1	3,1	0,123
	2009	2,1	0,40	1,2	3,1	
	2004	2,3	0,50	1,3	3,3	0,596
	2009	2,1	0,40	1,2	3,1	
Lajilukumäärä	2000	7,6	0,94	6	9	0,000***
	2004	6,5	0,99	4	8	
	2000	7,6	0,94	6	9	0,210
	2009	7,1	0,97	5	9	
	2004	6,5	0,99	4	8	0,000***
	2009	7,1	0,97	5	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,3	0,40	1,3	3,2	0,000***
	2004	1,9	0,38	0,6	2,7	
	2000	2,3	0,40	1,3	3,2	0,123
	2009	2,2	0,41	1,1	3,0	
	2004	1,9	0,38	0,6	2,7	0,000***
	2009	2,2	0,41	1,1	3,0	

Liite 13

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lapinjärven kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lapträsk kommuns område

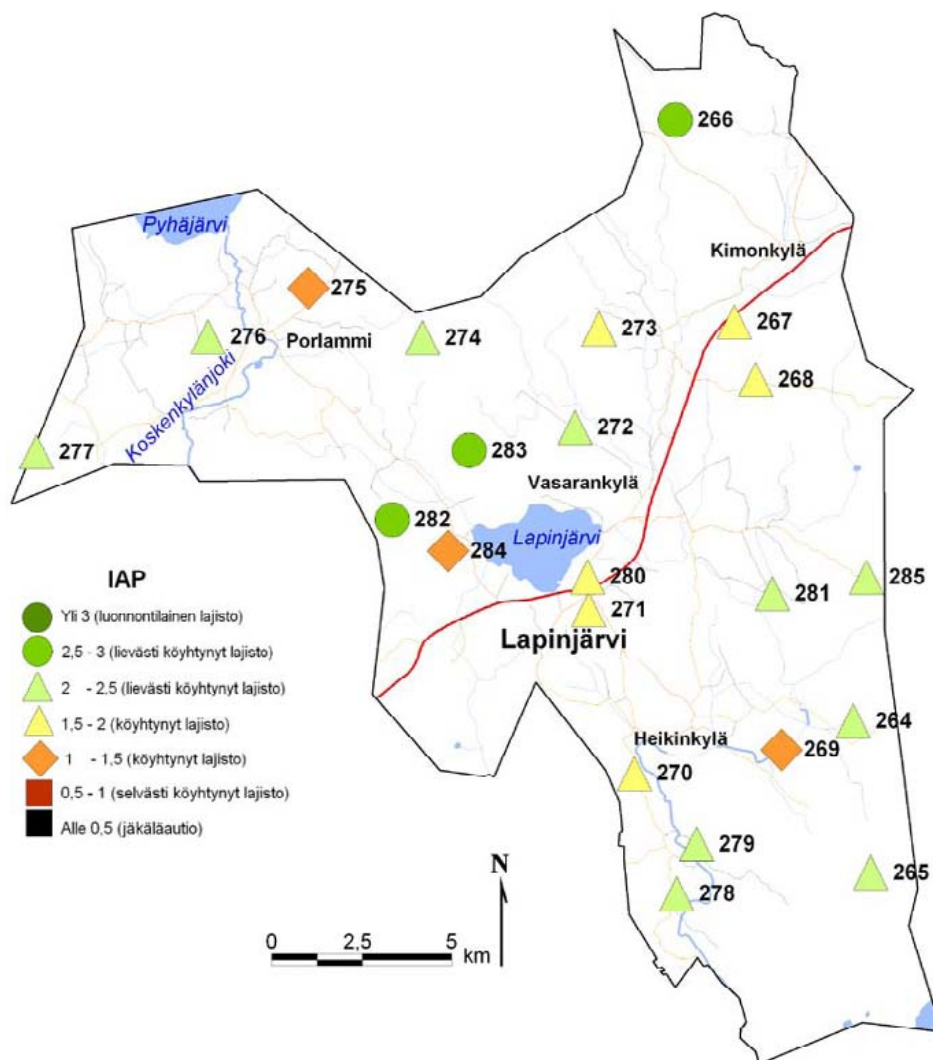
Lapinjärvellä tehtiin jäkälähavainnot 22 havaintoalalla, jotka yhtä lukuun ottamatta sijaitsivat tausta-alueilla. Keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi oli Lapinjärven kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin, mutta jäkälien lajilukumäärä ja sormipaisukarpeen vaurioaste olivat hieman heikommat kuin koko tutkimusalueella (taulukko 1). Jäkälälajisto oli kuitenkin lievästi köyhtynyttä ja sormipaisukarpeen vauriot lieviä sekä Lapinjärven kunnan alueella että koko tutkimusalueella. IAP-indeksin mukaan lajistollisesti köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi melko tasaisesti koko kunnan alueella, mutta myös keskustaajaman aloilla. Jäkälälajistoltaan lievästi köyhtyneet havaintoalat keskittyivät puolestaan kauemmas keskustaajamasta ja kuntaa halkovasta 6-tiestä. Neljällä soveltavuudeltaan kohtalaiseksi luokitellulla havaintoalalla kasvoi ainoastaan neljää ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälää, kaikilla muilla aloilla havaittiin vähintään 6 jäkälälajia. Sormipaisukarve oli pahasti vaurioitunutta Porlammin havaintoalalla ja selvästi vaurioitunutta neljällä havaintoalalla, jotka sijoituivat eri puolille Lapinjärven kuntaa. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta tai tervettä (ala 264). (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot ja ilmanpuhtausindeksin arvot olivat keskimäärin suurempia ja jäkälien lajilukumäärä oli keskimäärin pienempi vuonna 2009 kuin vuoden 2004 tutkimuksessa, mutta erot vuosien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää melko vähäisenä Lapinjärven kunnan alueella eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä. Selvimmät muutokset jäkälälajistossa eivät keskittyneet tietylle kunnan alueelle, vaan hajaantuivat ympäri kuntaa.

* * *

Inom Lapträsk kommuns gränser låg 22 provytor, av vilka en provyta låg i en tätort och resten i bakgrundsområdena. Det genomsnittliga IAP-indexet var i Lapträsk på samma nivå som på det övriga forskningsområdet i medeltal, men antal lavararter som tar skada av luftföroreningar och skadeklassen hos blåslaven var något sämre. (Tabell 1.) I Lapträsk var lavfloran i medeltal lindrigt utarmad och blåslavens skador lindriga. Utarmade provytor på basen av IAP-indexet låg jämnt fördelade över kommunens hela område. Provytor, som var lindrigt utarmade på basis av antalet lavararter, koncentrerade sig längre bort från kommunens centrum och 6-vägen, som delar kommunen. På fyra provytor, vars lämplighet var klassificerad som måttlig, växte bara fyra lavararter, som tar skada av luftföroreningar. På de övriga ytorna växte åtminstone 6 olika arter. Blåslaven var svårt skadad på provytan i Porlom och tydligt skadad på fyra provytor, som befann sig i olika delar av kommunen. På de övriga provytorna var blåslaven lindrigt skadad eller frisk (yta 264). (Figur 1.)

Blåslavens skador och värden på IAP-indexet var i medeltal större och antalet lavararter mindre i 2009 än i 2004, men skillnaderna mellan åren var inte statistiskt betydande (tabell 2). Belastningen av luftföroreningar i Lapträsk kan, på basis av lavfloran, anses vara ganska liten och situationen har inte väsentligt förändrats mellan 2004 och 2009. De tydligaste förändringarna i lavfloran var inte lokaliserade i någon särskild del av kommunen, utan spred sig genom kommunen.



Kuva I. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Lapinjärven kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur I. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Lapträsk. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Lapinjärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell I. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver bläslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Lapträsk kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Lapinjärvi n = 22				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,4	0,52	1,4	3,9
Lajilukumäärä	6,8	1,71	4	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,42	1,3	2,8
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Lapinjärven kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslagens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provytor i Lappträsk, som var desamma åren 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 15		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,2	0,40	1,7	3,1	0,424
	2009	2,3	0,40	1,9	3,5	
Lajilukumäärä	2004	6,8	1,47	4	9	1,000
	2009	6,6	1,76	4	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	1,9	0,40	1,4	2,6	0,607
	2009	2,0	0,43	1,3	2,8	

Liite 14

Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Liljendalin kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Liljendal kommuns område

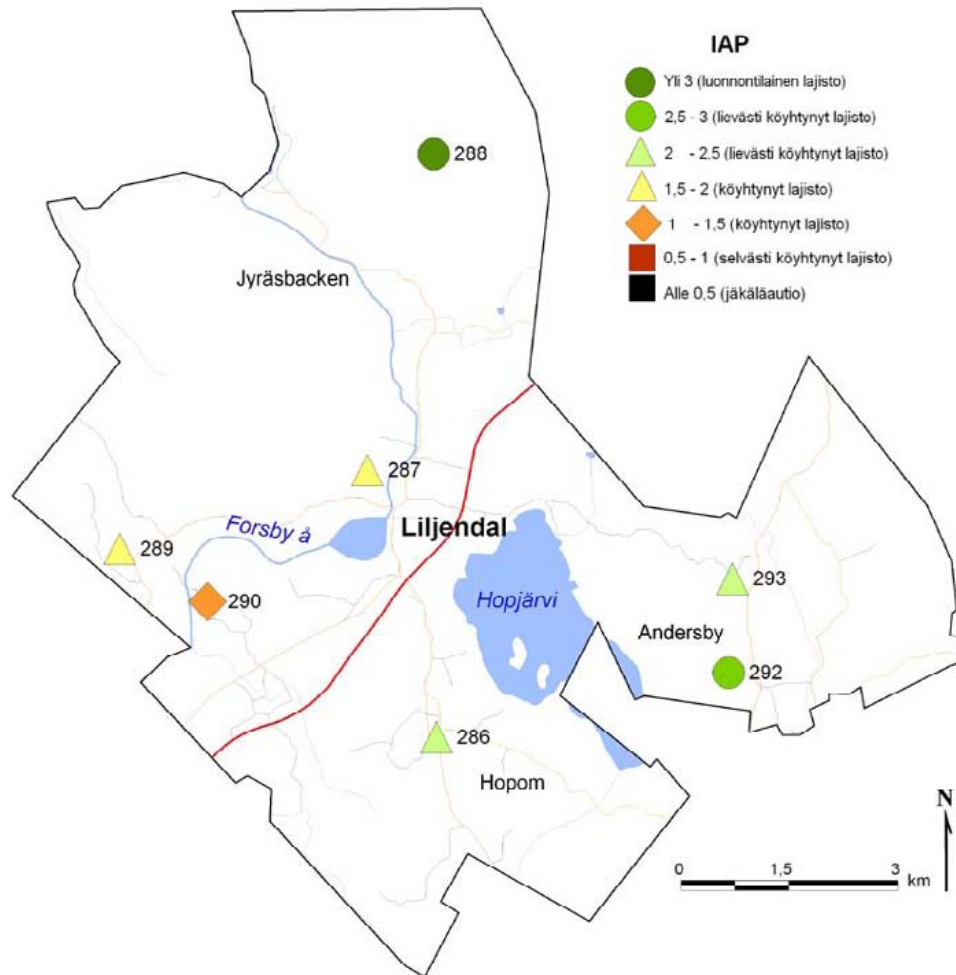
Liljendalin kunnan alueella tehtiin jäkälähavaintoja seitsemällä havaintoalalla jotka kaikki sijaittivat tausta-alueilla. Sormipaisukarve oli Liljendalin alueella vaurioituneempaa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin, mutta jäkälälajiston runsaudesta kertovat ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat hieman korkeammat kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt kolmella kunnan länsiosassa ja keskustaajaman lähellä sijaitsevalla alalla (5-7 jäkälälajia). Kunnan eteläosan havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä ja kunnan pohjoisimmalla alalla luonnontilaista. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä kolmella havaintoalalla (287, 288, 290), joista yksi sijaitti keskustaajaman lähellä ja yksi oli luokiteltu soveltavuudeltaan kohtalaiseksi (290). Muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot, ilmanpuhtausindeksin arvot ja jäkälien lajilukumäärä olivat keskimäärin suurempia vuonna 2009 kuin vuoden 2004 tutkimuksessa, mutta erot vuosien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Eri jäkälämuuttujien muutokset olivat vastakkaisia eli sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat, mutta jäkälälajisto runsastui ja herkät lajit yleistyivät hieman. Alojen, joilla sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta, määrä oli kasvanut vuoteen 2004 verrattuna. Jäkäläkasvillisuuden perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Liljendalin kunnan alueella voidaan pitää melko vähäisenä, eikä eri muuttujien vastakkaisten muutossuuntien vuoksi kuormitustasossa tapahtuneista muutoksista voi todeta luotettavasti kuormituksen vaikutusten lisääntyneen alueella.

* * *

Inom Liljendal kommuns gränser låg 7 provytor, alla i bakgrundsområden. Blåslaven var mer skadad i Liljendal än i medeltal på forskningsområdet, men IAP-indexet och antalet lavarter, som tar skada av luftföroreningar, var något större än på forskningsområdet i medeltal (tabell 1). Lavfloran var utarmad på tre ytor i kommunens västra del och på ytor nära centret (5-7 lavarter). På provytorerna i kommunens södra delar var lavfloran lindrigt utarmad och på kommunens nordligaste provyta var lavfloran naturlig. Blåslavens skador var tydliga på tre provytor (287, 288, 290), av vilka en låg nära centrum, och lämpligheten av en var klassificerad som måttlig (290). På de övriga provytorerna var blåslavens skador lindriga (figur 1).

Blåslavens skador, värden av IAP-indexet och antalet lavarter var större än i 2004, men skillnaderna mellan åren var inte statistiskt betydande (tabell 2). Förändringarna i olika lavvariabler var motstridiga, d.v.s. blåslavens skador växte, men lavfloran blev mångsidigare och de känsliga arterna blev vanligare. Antalet provytor, där blåslaven var tydligt skadad, växte från 2004 till 2009. På basis av lavfloran, kan belastningen av luftföroreningar anses vara liten, och p.g.a. de motsatta förändringarna av olika variabler, kan det inte entydigt konstateras, att effekterna av belastningen har ökat inom området.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Liljendalin kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Liljendal. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäliden lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Liljendalin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Liljendal kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Liljendal n = 7				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,4	0,65	1,5	3,3
Lajilukumäärä	7,1	1,35	5	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,68	1,4	3,5
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Liljendalin kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blås-lavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Liljendal, som var desamma åren 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 6		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,3	0,36	2,0	2,9	0,598
	2009	2,5	0,72	1,5	3,3	
Lajilukumäärä	2004	6,6	0,55	6	7	0,778
	2009	6,8	1,48	5	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	1,9	0,24	1,7	2,3	0,823
	2009	2,0	0,48	1,4	2,6	

Liite 15

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lohjan kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lojo stads område

Lohjan kaupungin alueella tehtiin jäkälähavaintoja 40 havaintoalalla, joista 11 sijaitsi taajamassa ja loput 29 alaa tausta-alueilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä olivat Lohjan kaupungin alueella hieman heikommalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyttä kolmella Lohjan keskustaaajaman tuntumassa sijaitsevalla havaintoalalla ja köyhtynyttä 18 keskustaaajaman ja 25-tien läheisyyteen painottuvalla alalla. Alan nro 313:n jäkälälajiston selvä köyhtyminen johtunee alan huonosta soveltuvuudesta bioindikaattoritutkimukseen. Lievästi köyhtyneet alat painottuivat Lohjan keski- ja pohjoisosiin. Näistä kahdeksalla havaintoalalla kasvoi vain 3-5 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia; muilla aloilla tavattiin vähintään kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Selviä sormipaisukarpeen vaurioita havaittiin 11 alalla, jotka myös sijoituivat pääasiassa Lohjan keskustaaajaman ja 25-tien läheisyyteen. Sormipaisukarve oli tervettä kahdella alalla (316, 574) ja lopuilla aloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. Lohjan kaupungin suurimmat rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet sijaitsevat Lohjan eteläosassa ja Lohjan keskustataajamassa sekä 25-tien läheisyydessä. (Kuva 1.)

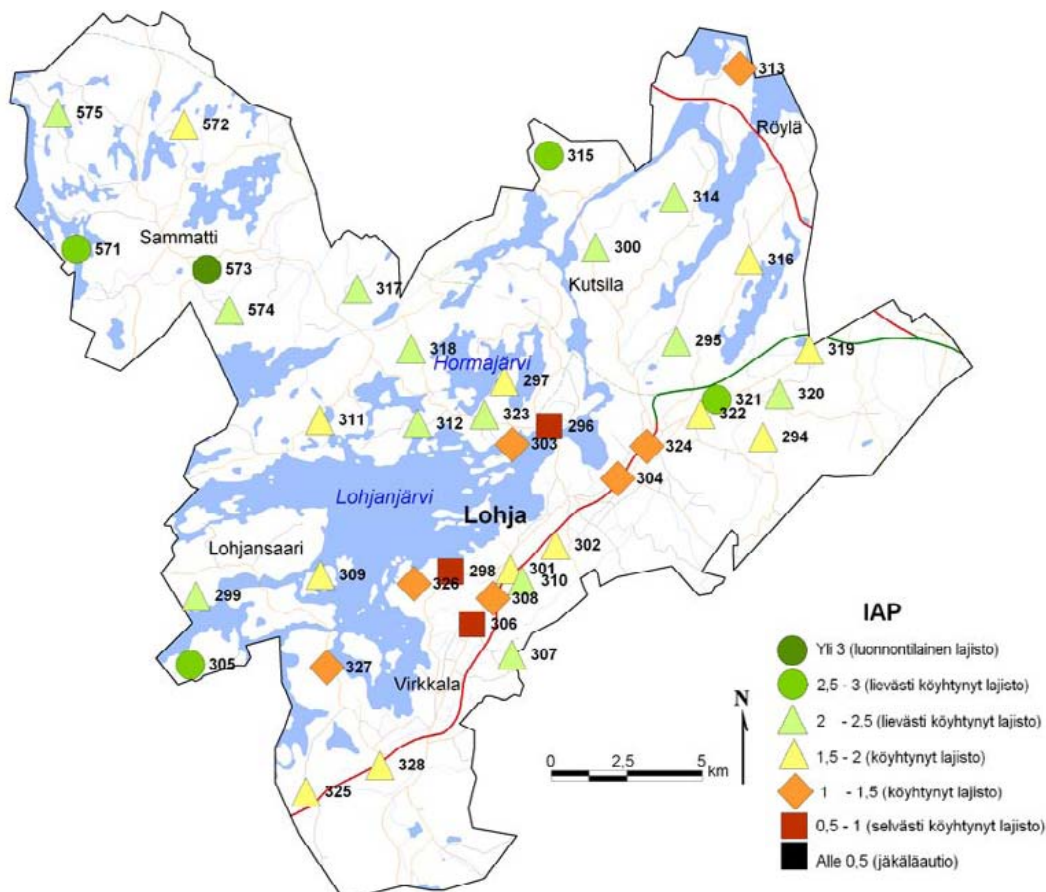
Sormipaisukarpeen vauriot olivat Lohjan kaupungin alueella samalla tasolla kuin vuonna 2004, mutta korkeampia kuin vuonna 2000. Jäkälälajiston runsautta kuvaavat muuttujat olivat alhaisimmillaan vuonna 2004, mutta palasivat tässä tutkimuksessa vuoden 2000 paremmalle tasolla (taulukko 2). Selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta kasvavien alojen määrä oli pysynyt samana kuin vuonna 2004, mutta jäkälälajistoltaan selvästi köyhtyneiden alojen määrä oli kasvanut yhdellä vuoteen 2004 verrattuna. Selvät muutokset jäkäläkasvillisuudessa painottuvat Lohjan keskustaaajaman, teollisuuden ja 25-tien läheisyyteen: muualla muutokset vastasivat koko tutkimusalueen keskitasoa. Muutokset jäkälälajiston runsautta kuvaavissa muuttujissa vuosien 2004 ja 2009 välillä indikoivat ilman epäpuhtauksien kuormitustason laskua Lohjan kaupungin alueella.

* * *

I Lojo stads område observerades lavar på 40 provytor, av vilka 11 låg i tätorten och 29 i bakgrundsområdena. Blåslavens genomsnittliga skadeklass, IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var i Lojo på en något sämre nivå än på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) Lavfloran var tydligt utarmad på tre provytor nära Lojos centrum och utarmad på 18 ytor, som låg nära centret och 25-vägen. Den dåliga lämpligheten för bioindikatorforskningar av provyta 313 förklarar den utarmade lavfloran på provytan. Lindrigt utarmade ytor koncentrerade sig i de centrala och norra delarna av Lojo. På åtta av dessa observerades bara 3-5 lavararter, som tar skada av luftföroreningar; på andra ytor observerades åtminstone 6 av dessa lavararter. Tydliga skador på blåslav observerades på 11 ytor, som låg nära Lojos centrum och 25-vägen. Blåslaven var normal på två ytor (316, 574), och på de övriga ytorna var blåslavens skador lindriga. De största utsläppskällorna befinner sig i stadens södra delar, nära centret och 25-vägen. (Figur 1.)

Blåslavens skador i Lojo var på samma nivå som i 2004, men större än i 2000. Variabler, som beskriver lavflorans riklighet, nådde sin lägsta nivå i 2004, men återkom i denna undersökning till samma nivå som 2000 (tabell 2). Antalet provytor där det väx-

te tydligt skadad blåslav var detsamma som i 2004, men antalet provytor med tydligt utarmad lavflora hade ökat med en. De tydligaste förändringarna i lavfloran fanns i närheten av Lojo centrum, industrianläggningar och 25-vägen. På de övriga områdena motsvarade förändringarna den genomsnittliga nivån på hela forskningsområdet. De förändringar som skett mellan 2004 och 2009 i variabelerna, som beskriver lavfloras mångfald, indicerar en nedgång av belastningsnivån av luftföroreningar i Lojo.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Lohjan kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Lojo. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Lohjan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Lojo stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskiahajonta	Pienin	Suurin
Lohja n = 40				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,2	0,44	1,3	3,1
Lajilukumäärä	6,7	1,65	3	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,9	0,53	0,9	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Lohjan kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslagens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Lojo, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (***) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***).

n = 34		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,47	1,2	3,0	0,003**
	2004	2,2	0,50	1,3	3,5	
	2000	2,0	0,47	1,2	3,0	0,123
	2009	2,2	0,42	1,3	3,0	
	2004	2,2	0,50	1,3	3,5	0,596
	2009	2,2	0,42	1,3	3,0	
Lajilukumäärä	2000	6,6	1,18	4	9	0,000***
	2004	5,7	1,36	3	8	
	2000	6,6	1,18	4	9	0,210
	2009	6,9	1,54	3	9	
	2004	5,7	1,36	3	8	0,000***
	2009	6,9	1,54	3	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	1,8	0,46	0,9	2,7	0,000***
	2004	1,6	0,45	0,8	2,6	
	2000	1,8	0,46	0,9	2,7	0,123
	2009	1,9	0,49	0,9	3,0	
	2004	1,6	0,45	0,8	2,6	0,000***
	2009	1,9	0,49	0,9	3,0	

Liite 16

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Loviisan kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Lovisa stads område

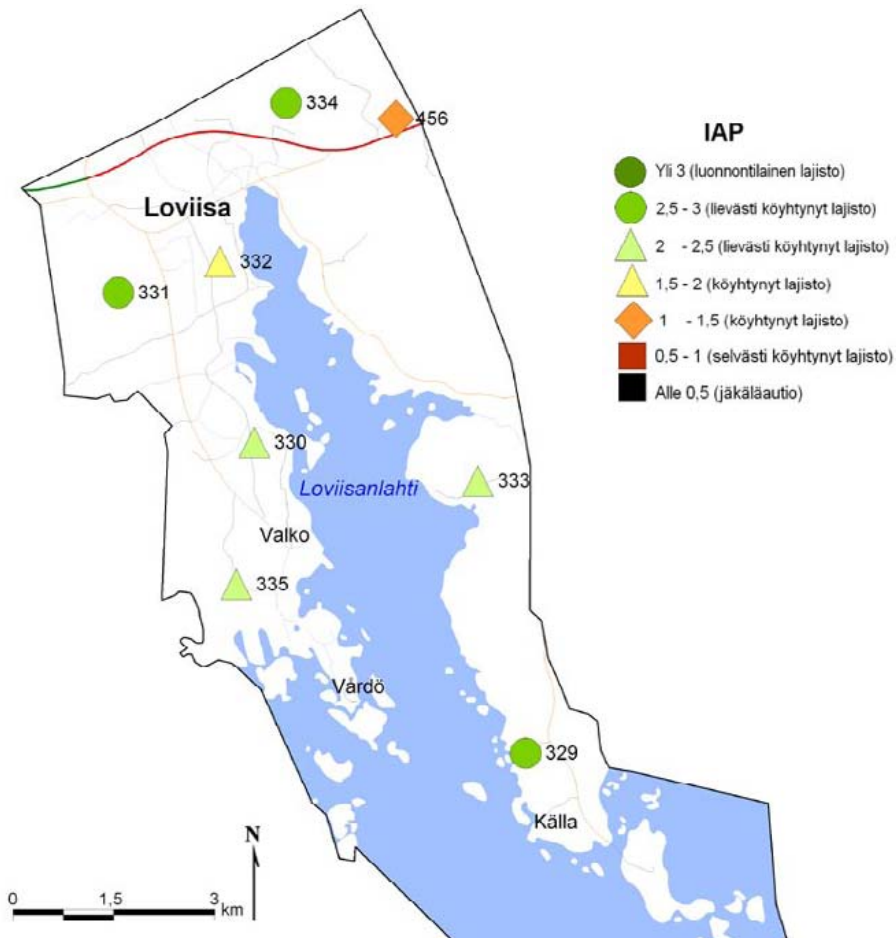
Loviisan kaupungin alueella sijaitsi kahdeksan havaintoalaa, joista puolet oli taajama-aloja ja puolet sijaitsi tausta-alueilla. Sormipaisukarve oli Loviisan kaupungin alueella selvästi vaurioituneempaa mutta jäkälälajisto runsaampaa ja monipuolisempaa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyt kahdella Loviisan keskustassa ja 7-tien varressa sijaitsevalla alalla. Muilla aloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja esiintyi yhtä havaintoalaa (456) lukuun ottamatta runsaasti eli vähintään seitsemää lajia. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta viidellä eri puolilla kuntaa sijaitsevalla havaintoalalla, muilla aloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Alueen merkittävimmät rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet ovat kunnan länsiosassa sijaitseva Loviisan satama ja kunnan koillisosan lähellä Ruotsinpyhtään puolella sijaitseva Nalco Finland Oy. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot ovat kasvaneet tasaisesti seurantajakson 2000–2009 aikana, tosin muutokset vuosien välillä eivät ole olleet tilastollisesti merkitseviä. Selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta kasvavien alojen määrä oli kasvanut edeltävään tutkimusvuoteen 2004 verrattuna. Ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ovat puolestaan pysyneet samalla, koko tutkimusaluetta korkeammalla tasolla seurantajakson ajan. Jäkälälajiston runsautta kuvaavien muuttujien perusteella ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia Loviisan jäkäläkasvillisuudessa voidaan pitää lievinä, mutta sormipaisukarpeen kunnan muutokset ovat Loviisan kaupungin alueella selviä. (Taulukko 2.)

* * *

I Lovisa stads område låg åtta provytor, av vilka hälften i tätorten och hälften i bakgrundsområden. Blåslaven var i Lovisa tydligt mer skadad, men lavfloran var rikligare och mångsidigare än på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) Lavfloran var tydligt utarmad på två provytor i Lovisas centrum och nära 7-vägen. På de övriga ytorna var lavfloran lindrigt utarmad och lavararter, som tar skada av luftföroreningar, förekom rikligt, d.v.s. åtminstone 7 arter, med undantag av en yta (provyta 456). Blåslaven var tydligt utarmad på fem ytor i olika delar av kommunen; på de övriga ytorna var blåslaven lindrigt utarmad. De största utsläppskällorna av svaveldioxid, kväve oxider och partiklar är Lovisa hamn i stadens västra del och Nalco Finland Oy, som ligger nära stadens nordvästra del i Strömfors kommuns, (Figur 1.)

Skadorna på blåslav har vuxit jämnt under observationsperioden 2000-2009, även om förändringarna mellan åren inte är statistiskt betydande. Antalet provytor med tydligt skadade blåslav har ökat jämfört med det föregående forskningsåret 2004. IAP-indexet och antalet lavararter har stannat på samma högre nivå under observationsperioden. Förändringarna förorsakade av luftföroreningarna i lavfloran kan anses vara lindriga men förändringarna i skadorna på blåslav är tydliga i Lovisa. (Tabell 2.)



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Loviisan kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Lojo. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Loviisan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Lojo kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Loviisa n = 8				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,6	0,51	1,7	3,4
Lajilukumäärä	7,6	1,41	5	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,54	1,2	2,9
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Loviisan kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blås-lavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provytor i Lojo, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 7		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,36	1,6	2,7	0,125
	2004	2,2	0,35	1,8	2,7	
	2000	2,0	0,36	1,6	2,7	0,125
	2009	2,5	0,43	1,7	3,1	
	2004	2,2	0,35	1,8	2,7	0,219
	2009	2,5	0,43	1,7	3,1	
Lajilukumäärä	2000	8,0	1,00	6	9	0,625
	2004	8,3	1,38	6	10	
	2000	8,0	1,00	6	9	1,000
	2009	8,0	1,00	7	9	
	2004	8,3	1,38	6	10	1,000
	2009	8,0	1,00	7	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,3	0,33	1,7	2,7	1,000
	2004	2,3	0,31	1,8	2,7	
	2000	2,3	0,33	1,7	2,7	1,000
	2009	2,3	0,41	1,8	2,9	
	2004	2,3	0,31	1,8	2,7	1,000
	2009	2,3	0,41	1,8	2,9	

Liite 17

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Myrskylän kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Mörskom kommuns område

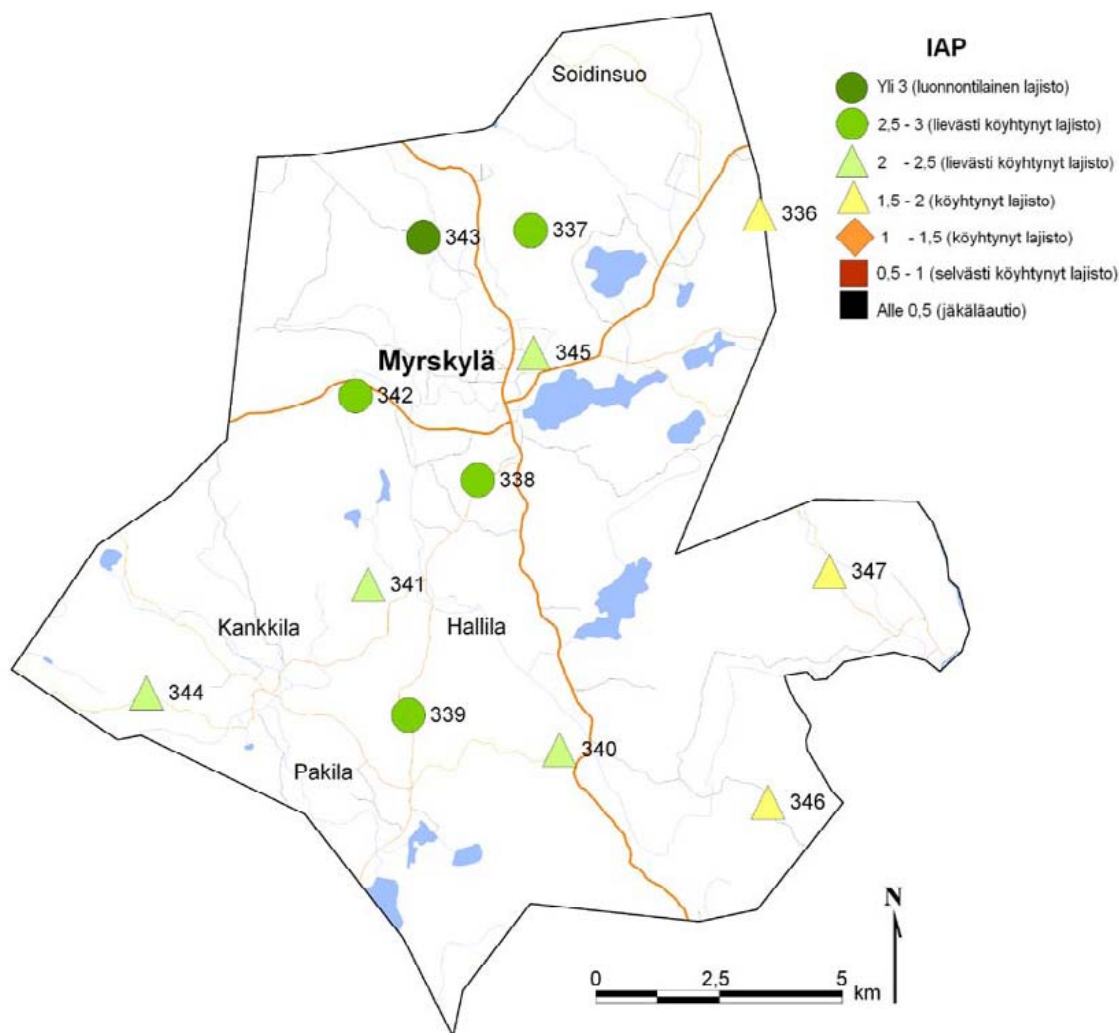
Myrskylän kunnan alueella oli 12 havaintoalaa, joista yksi ala sijaitsi taajamassa ja loput olivat tausta-aloja. Sormipaisukarve oli Myrskylän kunnan alueella keskimäärin lievästi vaurioitunutta, kuten koko tutkimusalueellakin. Jäkälälajisto oli Myrskylän kunnan alueella keskimäärin lievästi köyhtynyttä, mutta runsaampaa kuin koko tutkimusalueella (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyttä kolmella kunnan itäosassa sijaitsevalla havaintoalalla, joista kahdella havaittiin kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai vastasi luonnontilaisten alueiden lajistoa. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta Myrskylän keskustaajamassa sijaitsevalla havaintoalalla ja Hevonojan havaintoalalla (336). Muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Jäkäläkasvillisuutta kuvaavissa muuttujissa ei ole tapahtunut merkittävää muutosta Myrskylän kunnan alueella edeltävään tutkimusvuoteen 2004 verrattuna (taulukko 2). Tervettä sormipaisukarvetta ei kuitenkaan tavattu vuonna 2009 enää yhdeltäkään havaintoalalta ja selvät vauriot olivat hieman lisääntyneet vuoteen 2004 verrattuna. Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää vähäisenä Myrskylän kunnan alueella eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä.

* * *

I Mörskom kommuns område låg 12 provytor, av vilka en i tätorten och resten i bakgrundsområdena. Blåslaven i Mörskom var i medeltal lindrigt skadad, liksom på hela forskningsområdet. Lavfloran var lindrigt utarmad, men rikligare än på hela forskningsområdet. (Tabell 1.) Lavfloran var utarmad på tre provytor i östra delen av kommunen. På två av dessa observerades sex lavararter som tar skada av luftföroreningar. På de övriga provytorerna var lavfloran lindrigt skadad eller motsvarade lavfloran på orörda områden. Blåslaven var tydligt skadad på provytan i Mörskom centrum och i Hevonoja (336). På de övriga provytorerna var blåslavens skador lindriga (Figur 1.)

Det har inte skett betydande förändringar i de variabler, som beskriver lavfloran, jämfört med det föregående forskningsåret 2004 (tabell 2). Det förekom emellertid inte frisk blåslav i 2009 på en enda provyta, och de tydliga skadorna hade ökat från tidigare. Belastningen av luftföroreningar i Mörskom kan, på basis av lavfloran, anses vara liten, och situationen har inte väsentligt förändrats mellan 2004 och 2009.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Myrskylän kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Mörskom. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Myrskylän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Mörskom kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Myrskylä n = 12				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,2	0,25	1,7	2,7
Lajilukumäärä	7,6	1,00	6	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,4	0,43	1,8	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Myrskylän kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provytor i Mörskom, som var desamma åren 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

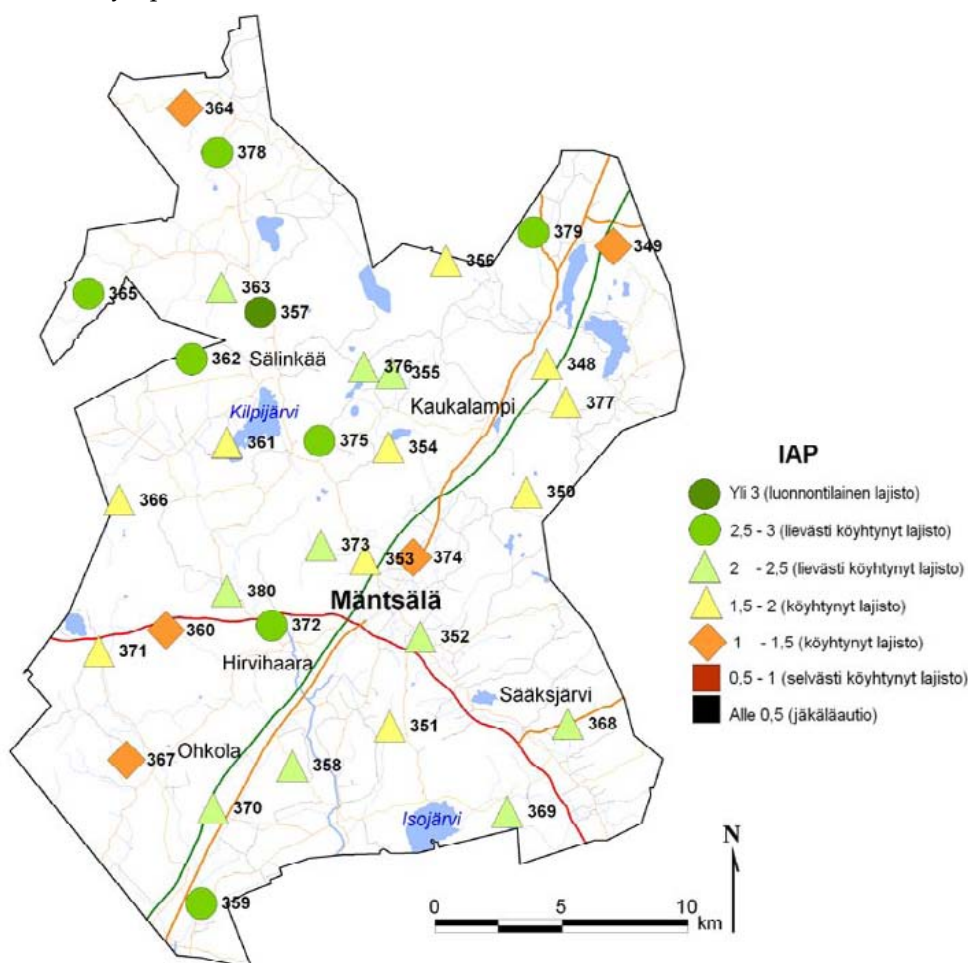
n = 10		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,1	0,43	1,5	2,8	0,754
	2009	2,2	0,23	1,7	2,6	
Lajilukumäärä	2004	7,7	0,95	6	9	1,000
	2009	7,8	0,92	6	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	2,3	0,31	1,7	2,8	0,344
	2009	2,4	0,45	1,8	3,0	

Liite 18

Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Mäntsälän kunnan alueella

Mäntsälän kunnan alueella tehtiin jäkälähavainnoja 33 havaintoalalla, joista 31 sijaitsi tausta-alueilla ja kaksi alaa taajamassa. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Mäntsälän kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkäläkasvillisuus oli lievästi köyhtynyttä 15 eri puolilla Mäntsälää sijaitsevalla alalla, muilla aloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai luonnontilaista. Köyhtyneimmillä aloilla havaittiin vain viisi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, mutta muilla aloilla jäkälälajisto oli melko runsas. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Mäntsälän kunnan alueella pääasiassa lieviä. Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi Säaksjärven havaintoalalla. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot, ilmanpuhtausindeksin arvot ja jäkälien lajilukumäärä olivat keskimäärin suurempia vuonna 2009 kuin vuoden 2004 tutkimuksessa (taulukko 2). Eri jäkälämuuttujen muutokset olivat vastakkaisia eli sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat, mutta jäkälälajisto runsastui ja herkät lajit yleistyivät hieman. Tervettä sormipaisukarvetta omaavien alojen määrä oli vähentynyt edellisestä seurantakerrasta seitsemällä alalla. Jäkälälajiston muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Mäntsälän kunnan alueella voidaan pitää melko lievänä. Selvimät muutokset jäkälälajistossa eivät keskittyneet tietylle kunnan alueelle, vaan hajaantuivat ympäri kuntaa.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Mäntsälän kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Mäntsälän kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Mäntsälä n = 33				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,0	0,21	1,5	2,5
Lajilukumäärä	7,0	1,21	4	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,52	1,2	3,2
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Mäntsälän kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) t-testitulokset on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

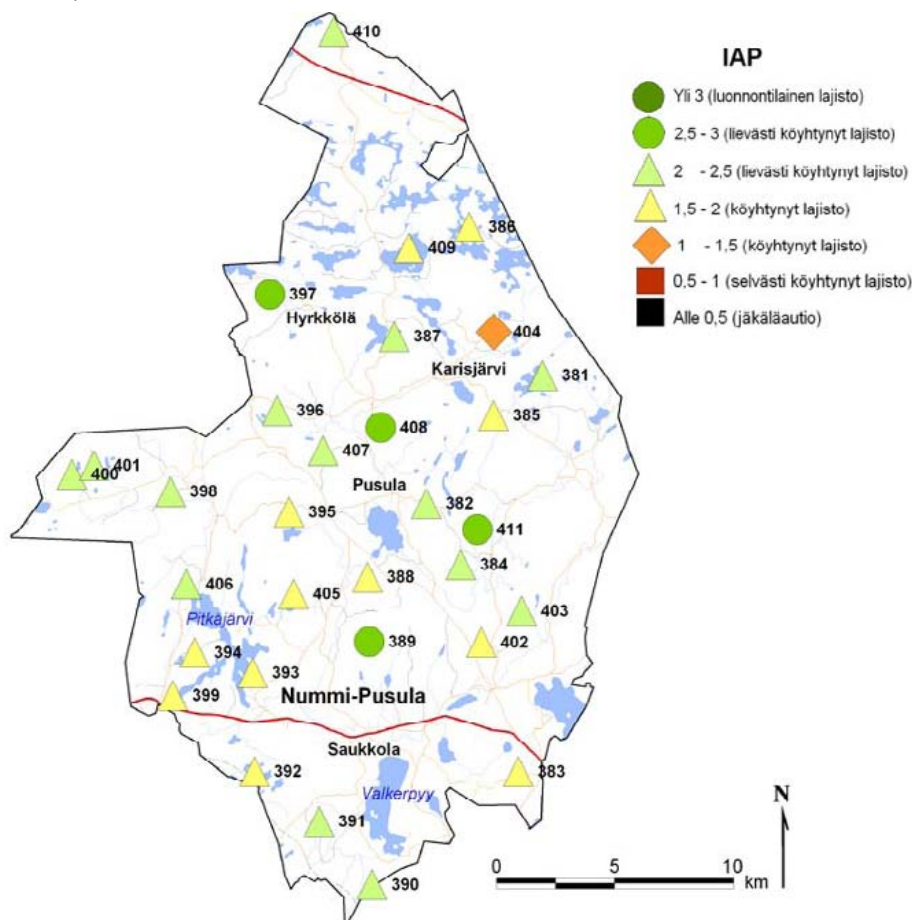
n = 28		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	1,8	0,43	1,2	2,8	0,000
	2009	2,0	0,20	1,5	2,5	
Lajilukumäärä	2004	6,9	0,99	5	9	0,180
	2009	7,2	0,99	5	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	1,9	0,37	1,0	2,5	0,007
	2009	2,1	0,48	1,2	3,2	

Liite 19

Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Nummi-Pusulan kunnan alueella

Nummi-Pusulan kunnan alueella oli 31 tausta-alueella sijaitsevaa havaintoalaa. Sormipaisukarpeen vauriot olivat Nummi-Pusulan kunnan alueella puoli vaurioastetta pienemmät kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Jäkälälajiston runsautta kuvaavat ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat suunnilleen samalla tasolla Nummi-Pusulan kunnan havaintoaloilla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi 13 eri puolilla kuntaa sijaitsevalla havaintoalalla. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta. Jäkälälajisto oli köyhtynyttä 13 eri puolilla kuntaa sijaitsevalla havaintoalalla, joista neljällä havaittiin vain viisi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä ja usealla alalla havaittiin kahdeksan ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. (Kuva 1.)

Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana sormipaisukarpeen vauriot ja ilmanpuhtausindeksi olivat heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne ovat alkaneet palautua vuoden 2000 paremmalle tasolle. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä on puolestaan laskenut tasaisesti koko seurantajakson ajan (taulukko 2). Edeltävään seurantatutkimukseen verrattuna tervettä sormipaisukarvetta kasvavien alojen määrä oli kasvanut huomattavasti, eikä selviä sormipaisukarpeen vaurioita havaittu enää tutkimusalueella. Jäkälälajisto ei kuitenkaan ollut runsastunut ja monipuolistunut edeltävään seurantatutkimukseen verrattuna. Kokonaisuudessaan jäkälälajiston muutokset olivat melko lieviä Nummi-Pusulan kunnan alueella.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Nummi-Pusulan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Nummi-Pusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Nummi-Pusula n = 31				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1,6	0,26	1,1	2,1
Lajilukumäärä	6,8	1,08	5	8
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,40	1,3	2,8
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Nummi-Pusulan kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkiteistillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

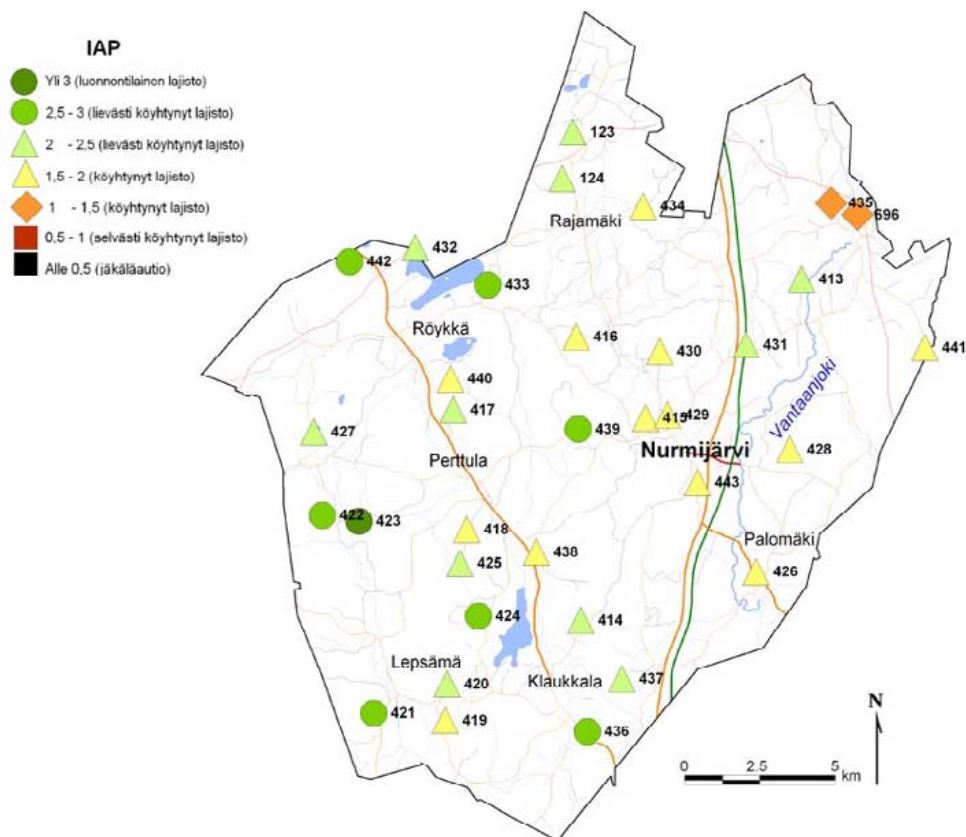
n = 21		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,7	0,25	1,1	2,0	0,000***
	2004	2,3	0,20	2,0	2,7	
	2000	1,7	0,25	1,1	2,0	0,824
	2009	1,6	0,25	1,3	2,1	
	2004	2,3	0,20	2,0	2,7	0,000***
	2009	1,6	0,25	1,3	2,1	
Lajilukumäärä	2000	7,4	1,08	5	9	0,057
	2004	7,0	1,10	4	9	
	2000	7,4	1,08	5	9	0,013*
	2009	6,8	1,03	5	8	
	2004	7,0	1,10	4	9	0,754
	2009	6,8	1,03	5	8	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,3	0,41	1,3	2,9	0,001**
	2004	2,0	0,37	1,4	2,7	
	2000	2,3	0,41	1,3	2,9	0,027*
	2009	2,1	0,37	1,6	2,6	
	2004	2,0	0,37	1,4	2,7	1,000
	2009	2,1	0,37	1,6	2,6	

Liite 20

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Nurmijärven kunnan alueella

Nurmijärven kunnan alueella sijaitti 34 havaintoalaa, joista 11 oli taajama-aloja ja 23 sijaitti tausta-alueilla. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Nurmijärven kunnan alueella paremmalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt 15 pääasiassa Nurmijärven keskustan ja vilkasliikenteisen 3-tien läheisyydessä sijaitsevalla havaintoalalla, mutta myös yksittäisillä kunnan länsiosassa sijaitsevilla havaintoaloilla. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai luonnontilaisen kaltaista (ala 423). Jäkälälajisto oli Nurmijärven kunnan alueella runsasta, sillä ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja tavattiin kaikilla havaintoaloilla vähintään kuusi ja parhaimmillaan kymmenen (423). Sormipaisukarpeen vauriot olivat Nurmijärven kunnan alueella pääasiassa lieviä lukuun ottamatta kahta Nurmijärven keskustaajaman ja 3-tien läheisyydessä sijaitsevaa alaa (429, 431). Kahdella alalla (432, 443) sormipaisukarve luokiteltiin terveeksi. Rikki-, typpi- ja hiukkaspäästöjä tuottava Roalin entsyymitehdas sijaitsee kunnan pohjoisosassa Rajamäellä. (Kuva 1.)

Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana kaikki jäkälälajiston muutosta kuvaavat muuttujat olivat heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne palautuivat vuoden 2000 paremmalle tasolle (taulukko 2). Selvät sormipaisukarpeen vauriot omaavien alojen määrä oli vähentynyt kolmella edeltävään tutkimusvuoteen verrattuna. Myös jäkälälajisto oli runsastunut ja monipuolistunut vuoteen 2004 verrattuna. Selvimät jäkälälajiston muutokset painoutuivat Nurmijärven kunnan alueella lähinnä keskustaajaman ja 3-tein läheisyyteen. Vuosien 2004 ja 2009 väliset jäkälälajiston muutokset indikoivat kuormitustason selvää laskua kunnan alueella.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Nurmijärven kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Nurmijärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Nurmijärvi n = 34				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,0	0,30	1,4	2,7
Lajilukumäärä	7,5	0,99	6	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,44	1,3	3,1
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Nurmijärven kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

n = 28		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,6	0,32	1,2	2,5	0,023*
	2004	2,0	0,38	1,2	2,5	
	2000	1,6	0,32	1,2	2,5	0,005**
	2009	1,9	0,27	1,4	2,4	
	2004	2,0	0,38	1,2	2,5	1,000
	2009	1,9	0,27	1,4	2,4	
Lajilukumäärä	2000	7,1	0,85	5	9	0,021*
	2004	6,5	1,23	4	9	
	2000	7,1	0,85	5	9	0,263
	2009	7,4	1,00	6	10	
	2004	6,5	1,23	4	9	0,000***
	2009	7,4	1,00	6	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,30	1,4	2,8	0,000***
	2004	1,9	0,38	0,8	2,6	
	2000	2,2	0,30	1,4	2,8	0,571
	2009	2,2	0,45	1,3	3,1	
	2004	1,9	0,38	0,8	2,6	0,000***
	2009	2,2	0,45	1,3	3,1	

Liite 21

Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Pernajan kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Pernå kommuns område

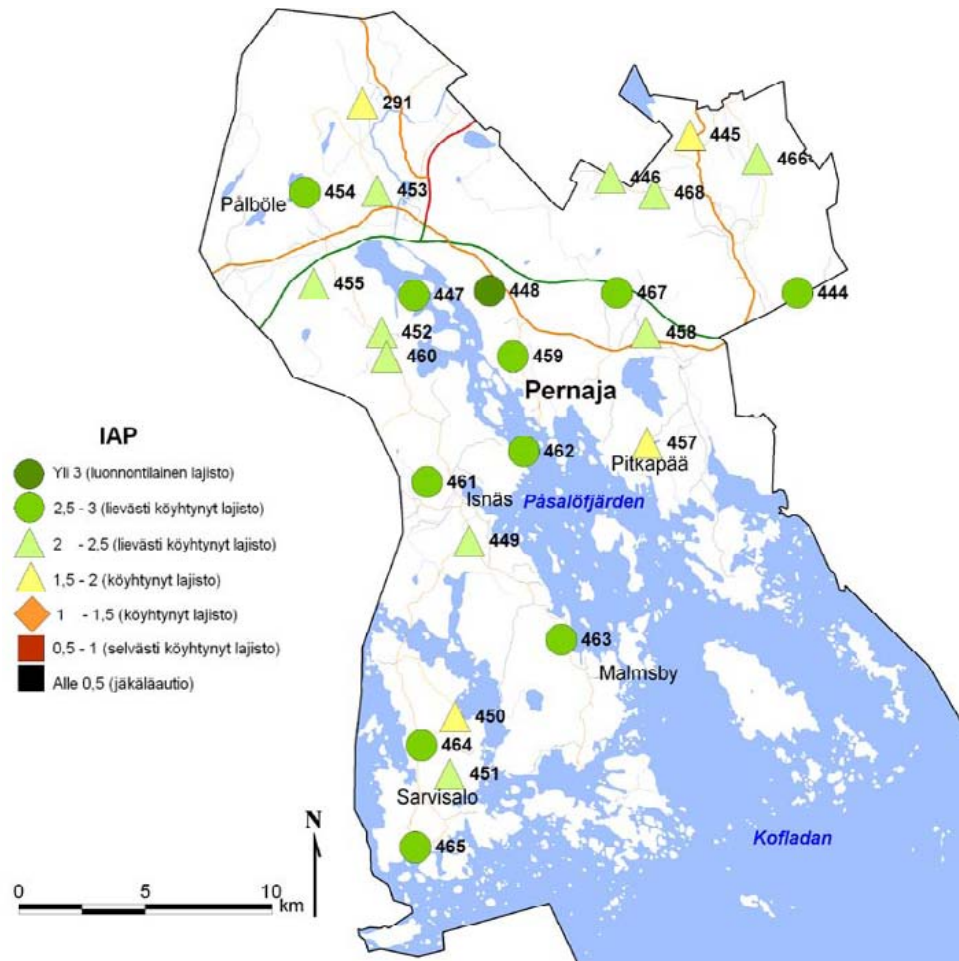
Pernajan kunnan alueella tehtiin jäkälähavainnot 25 alalla, jotka yhtä alaa lukuun ottamatta sijaitsivat tausta-alueilla. Jäkälälajisto oli Pernajan kunnan alueella selvästi runsaampaa ja monipuolisempaa kuin tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli kuitenkin Pernajan kunnan alueella hieman koko tutkimusalueen keskimääräistä vaurioastetta suurempi. Valtaosalla havaintoaloista jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä tai vastasi luonnontilaisten alueiden lajistoa (ala 448). IAP-indeksin mukaan jäkälälajisto oli köyhtynyttä neljällä eri puolilla kuntaa sijaitsevalla havaintoalalla, mutta näilläkin havaintoaloilla kasvoi 6-7 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vauriot olivat pääasiassa lieviä Pernajan kunnan alueella. Kolmella kunnan keski- ja pohjoisosassa sijaitsevalla alalla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi. (Kuva 1.)

Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläen lajilukumäärä ja sormipaisukarpeen vaurioaste olivat samalla, koko tutkimusalueella korkeammalla, tasolla kuin edeltävänä seurantavuonna 2004 (taulukko 2). Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien määrä oli kasvanut vuodesta 2004, mutta ero vuosien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Alojen, joilla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi, määrä oli laskenut kolmella edeltävään seurantakertaan verrattuna. Sormipaisukarpeen vauriot olivat siis lieventyneet kunnan alueella. Jäkäläkasvillisuuden muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta Pernajan kunnan alueella voidaan pitää lievänä, eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut vuosien 2004 ja 2009 välillä.

* * *

I Pernå kommuns område observerades lavfloran på 25 provtytor, som med undantag av en yta låg i bakgrundsområdena. Lavfloran var i Pernå tydligt rikligare och mångsidigare än på forskningsområdet i medeltal (tabell 1). Trots det var blåslavens genomsnittliga skadepåslag lite större än på hela forskningsområdet. På huvuddelen av provtytorna var lavfloran lindrigt utarmad eller motsvarade lavfloran på orörda områden (yta 448). Enligt IAP-indexet var lavfloran utarmad på fyra provtytor i olika delar av kommunen, men på dessa ytor växte 6-7 lavararter, som tar skada av luftföroreningar. Skadorna på blåslaven är huvudsakligen lindriga i Pernå kommun. På tre ytor i kommuns centrala och norra delar klassificerades blåslaven som tydligt utarmad. (Figur 1.)

Det genomsnittliga antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, och blåslavens skadepåslag var högre än på forskningsområdet i medeltal, och på samma nivå som under det tidigare forskningsåret 2004 (tabell 2). Antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, hade ökat från år 2004, men skillnaden mellan åren var inte statistiskt betydande. Antalet provtytor där blåslaven klassificerades som tydligt skadad hade minskat med tre provtytor. Blåslavens skador hade alltså lindrats i Pernå. Belastningen av luftföroreningar kan, på basis av förändringar i lavfloran, anses vara liten, och situationen har inte väsentligt förändrats jämfört med tidigare forskningsår.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Pernajan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Pernå. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pernajan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Pernå kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Pernaja n = 25				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,29	1,8	3,1
Lajilukumäärä	8,0	1,06	6	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,4	0,37	1,7	3,1
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pernajan kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blås-lavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provytor i Pernå, som var de samma åren 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

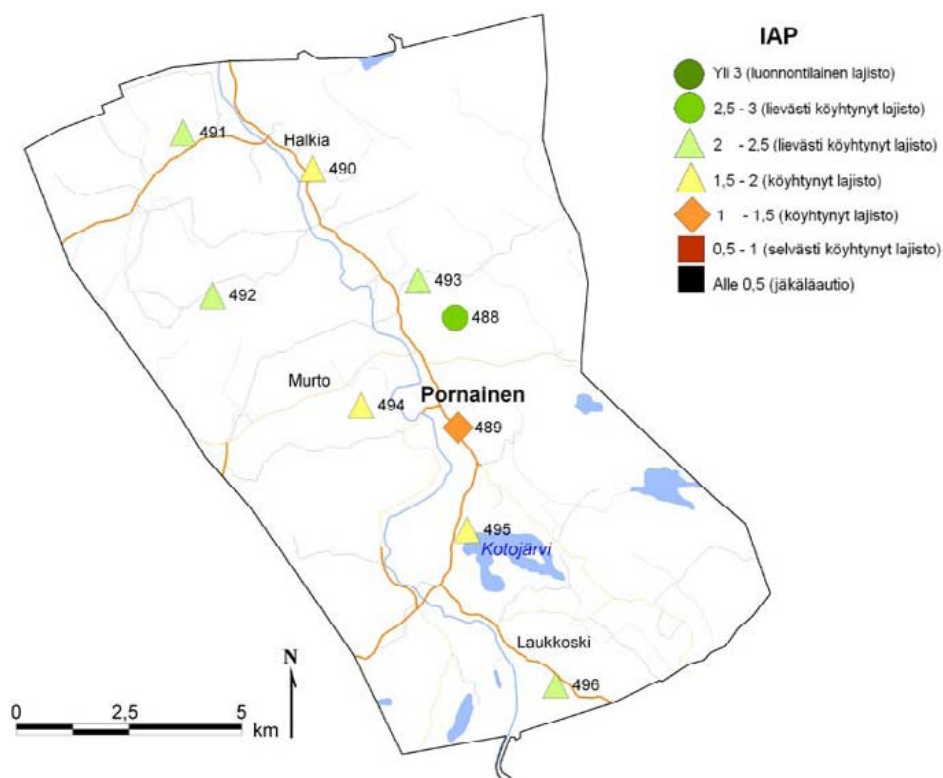
n = 24		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,2	0,29	1,7	2,8	1,000
	2009	2,3	0,36	1,8	3,4	
Lajilukumäärä	2004	7,4	1,10	5	9	0,065
	2009	7,8	1,22	5	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	2,4	0,48	1,4	3,4	0,064
	2009	2,3	0,44	1,2	3,1	

Liite 22

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pornaisten kunnan alueella

Pornaisten kunnan alueella sijaitsi yhdeksän havaintoalaa, joista yksi sijaitsi taajamassa ja loput tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vauriot ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärät olivat Pornaisten kunnan alueella jonkin verran koko tutkimusalueen keskiarvoa pienemmät (taulukko 1). Keskimääräinen ilma-putausindeksi oli Pornaisten kunnan havaintoaloilla samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Jäkälälajisto oli köyhtynyt Pornaisten keskustaajamassa sijaitsevalla alalla, jossa havaittiin vain neljä ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Keskustaajaman alalla myös sormipaisukarve oli alueen vaurioituneinta (vaurioaste 2,4). Sormipaisukarpeen vauriot olivat kuitenkin koko kunnan alueella lieviä. Keskustaajaman alan lisäksi jäkälälajisto oli köyhtynyt kolmella havaintoalalla, joista kaksi sijaitsi kuntaa halkovan 1494-tien varrella ja yksi ala (494) oli luokiteltu soveltavuudeltaan kohtalaiseksi. Muilla aloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja havaittiin aloilla vähintään kuusi ja parhaimmillaan kymmenen (488). (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot olivat lieventyneet edeltävään vuoden 2004 tutkimukseen verrattuna, eikä selviä vaurioita havaittu enää kunnan alueella. Jäkälälajisto oli runsastunut ja monipuolistunut vuoteen 2004 verrattuna, mutta vain ilmanpuhtausindeksin ero vuosien välillä oli tilastollisesti merkitsevä (taulukko 2). Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä oli Pornaisten kunnan alueella kuitenkin edelleen alle koko tutkimusalueen keskitason. Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää vähäisenä Pornaisten kunnan alueella pitää melko lievänä ja tilanne on parantunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä. Selvimmät muutokset jäkäläkasvillisuudessa rajoittuivat Pornaisten keskustaajaman ja kuntaa halkovan 1494- tien läheisyyteen.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Pornaisten kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pornaisten kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Pornaisten n = 9				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1,8	0,28	1,5	2,4
Lajilukumäärä	6,8	1,64	4	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,40	1,3	2,5
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pornaisten kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty parittaisten otosten t-testillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 9		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,1	0,39	1,4	2,7	0,008**
	2009	1,8	0,28	1,5	2,4	
Lajilukumäärä	2004	6,4	0,88	5	8	0,347
	2009	6,8	1,64	4	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	1,8	0,38	1,1	2,4	0,034*
	2009	2,0	0,40	1,3	2,5	

Liite 23

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Porvoon kaupungin alueella

Undersökning av luftkvalitetens med hjälp av bioindikatorer i Borgå stads område

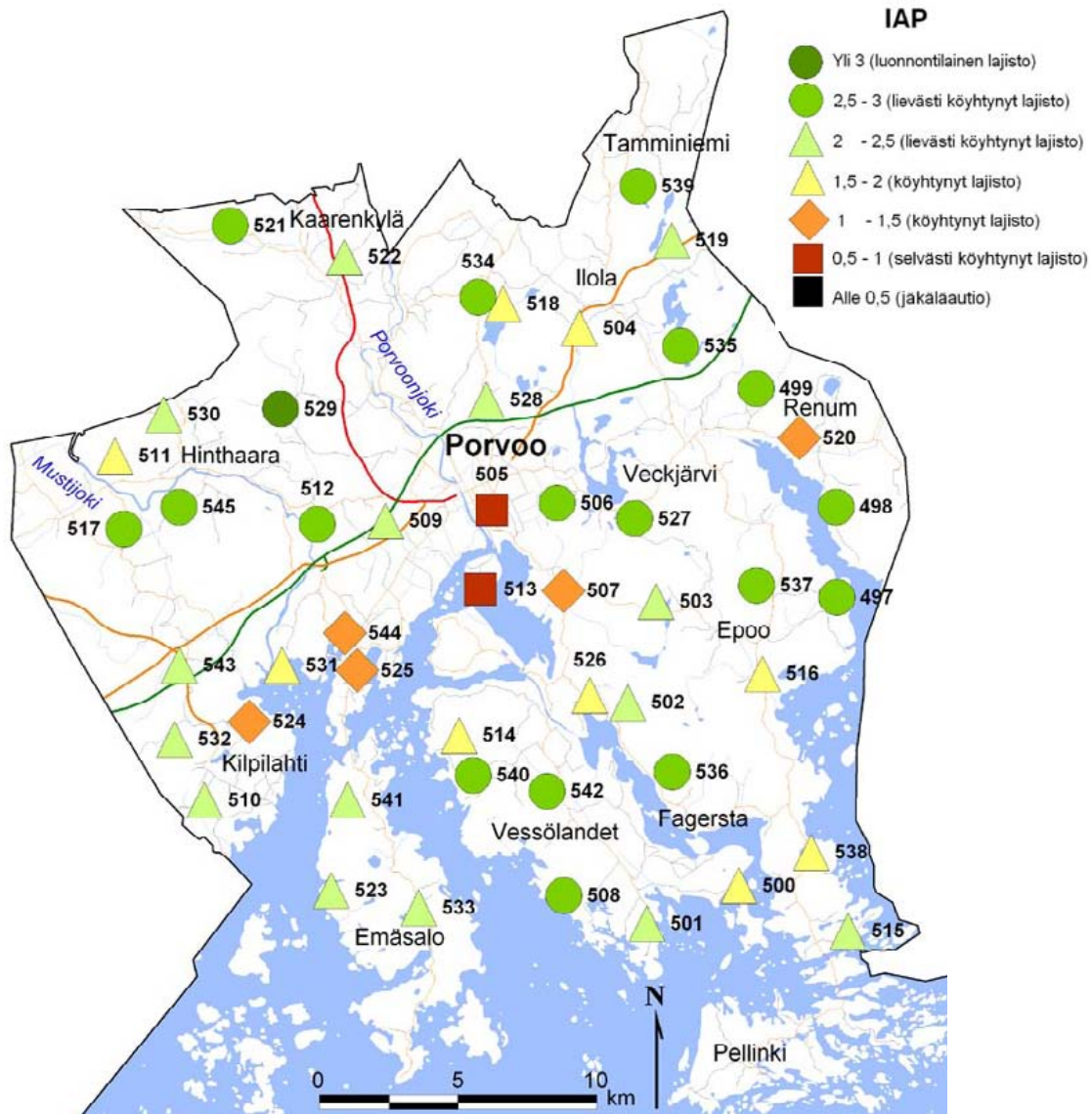
Porvoon kaupungin alueella tehtiin jäkälähavainnot 49 havaintoalalla, joista viisi sijaitsi taajamassa, loput tausta-alueilla. Keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Porvoon kunnan alueella selvästi koko tutkimusalueen keskiarvoja suuremmat. Sormipaisukarve oli puolestaan Porvoon kunnan havaintoaloilla hieman vaurioituneempaa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt ja selvästi köyhtynyt etenkin kunnan eteläosassa Kilpilahdesta Porvoon keskusta-alueella ulottuvalla alueella. Yksittäisiä jäkälälajistoltaan köyhtyneitä aloja tavattiin harvakseltaan myös muualla kunnan alueella, mutta pääasiassa jäkälälajisto oli muualla vain lievästi köyhtynyt tai jopa tervettä. Neljällä Kilpilahdessa, Renumissa ja keskustaajamassa sijaitsevalla alalla havaittiin vain 3-5 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, mutta muilla aloilla havaittiin vähintään kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä 12 Kilpilahden ympäristössä ja sen itä- ja koillispuolelle sijaitsevalla alalla. Sormipaisukarve oli tervettä Epoon itäosassa sijaitsevalla alalla (497). Muilla aloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. Porvoon alueen suurimmat päästölähteet sijaitsevat Kilpilahdessa, jonka ympäristöön selvimmät muutokset jäkälälajistossa painottuivat. (Kuva 1.)

Ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä pysyivät samalla tasolla koko seurantajakson 2000–2009 ajan, mutta sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat samalla ajanjaksolla melkein puoli vaurioastetta (taulukko 2). Muutos edeltävään tutkimusvuoteen 2004 ei kuitenkaan ollut kuin 0,1 vaurioastetta. Selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta kasvavien alojen määrä oli kasvanut yhdellä ja tervettä sormipaisukarvetta kasvavien alojen määrä oli vähentynyt yhdellä edeltävään tutkimusvuoteen 2004 verrattuna. Selvimmät muutokset jäkälälajistossa keskittyivät Porvoon kunnan alueella Kilpilahden tehdasalueen ja Porvoon keskustaajaman läheisyyteen; muualla jäkälälajiston muutokset olivat pääasiassa lieviä ja jäkälälajisto runsasta. Tilanne ei ole ratkaisevasti muuttunut edeltävään seuranta-tutkimukseen vuonna 2004 verrattuna.

* * *

I Borgå stads område gjordes observationer av lavfloran på 49 provytor, av vilka fem låg i tätorten och resten i bakgrundsområdena. Det genomsnittliga IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var i Borgå tydligt större än på forskningsområdet i medeltal. Blåslaven var för sin del litet mer skadad än på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) Lavfloran var utarmad eller tydligt utarmad speciellt i kommunens södra del i en zon, som sträcker sig från Sköldvik till Borgå centrum. Enskilda provytor med utarmad lavflora påträffades då och då även i andra delar av staden, men huvudsakligen var lavfloran lindrigt utarmad eller frisk. På fyra provytor i Sköldvik, Renum och centrum påträffades bara 3-5 lavararter, som tar skada av luftföroreningar, men på de övriga provytorerna observerades åtminstone 6 lavararter. Blåslavens skador var tydliga på 12 provytor i Sköldvik och i dess östra och nordöstra delar. Blåslaven var frisk på provytan som låg i östra delen av Ebbo (497). På de övriga provytorerna var blåslavens skador lindriga. De största utsläppskällorna i Borgå ligger i Sköldvik, i vars omgivning de tydligaste förändringarna i lavfloran framhävdes. (Figur 1.)

IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, höll sig på samma nivå hela observationsperioden 2000-2009, men blåslavens skador växte med nästan en halv skadeklass (tabell 2). Jämfört med det tidigare forskningsåret 2004 var förändringen dock bara 0,1 skadeklass. Antalet provvytor med tydligt skadad blåslav växte med en och antalet provvytor med frisk blåslav minskade med en jämfört med det tidigare forskningsåret. De tydligaste förändringarna koncentrerades i närheten av Sköldviks industriområde och Borgå centrum; i andra delar av staden var förändringarna i lavfloran huvudsakligen lindriga och lavfloran mångfaldig. Situationen hade inte väsentligt förändrats jämfört med år 2004.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Porvoon kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Borgå. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Porvoon kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Borgå stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Porvoo n = 49				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,3	0,38	1,5	3,4
Lajilukumäärä	7,4	1,47	3	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,55	0,8	3,1
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Porvoon kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Borgå, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (***) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

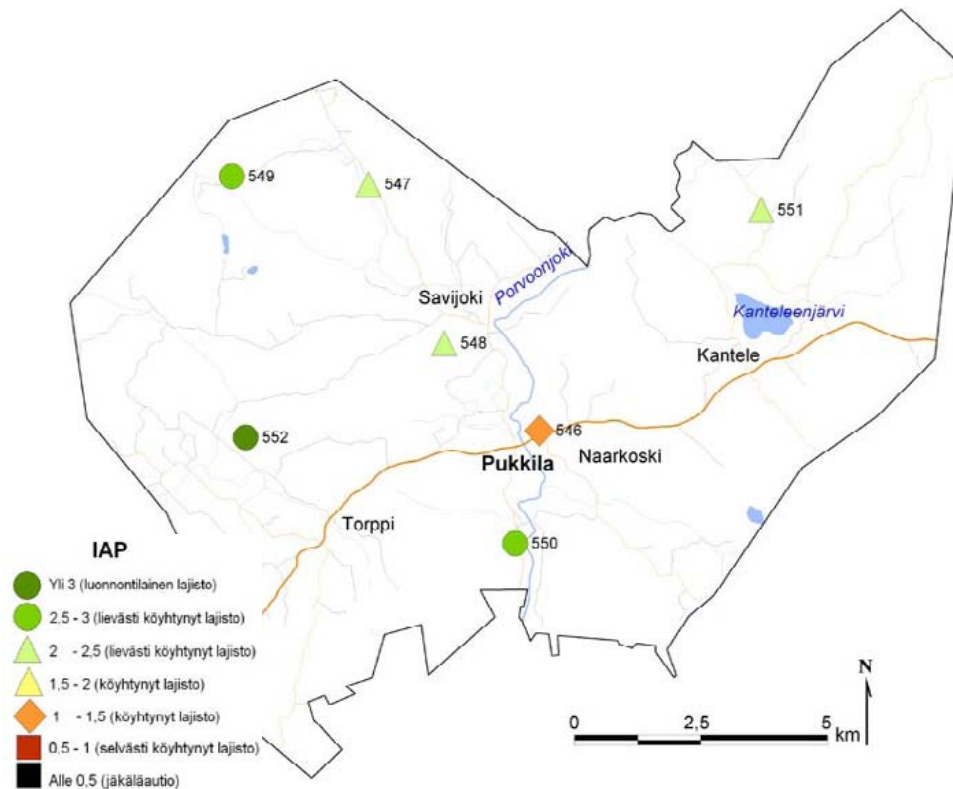
n = 43		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,9	0,61	1,1	3,4	0,003**
	2004	2,2	0,33	1,5	2,8	
	2000	1,9	0,61	1,1	3,4	0,000***
	2009	2,3	0,35	1,5	3,4	
	2004	2,2	0,33	1,5	2,8	0,522
	2009	2,3	0,35	1,5	3,4	
Lajilukumäärä	2000	7,4	1,27	4	9	0,281
	2004	7,6	1,50	3	9	
	2000	7,4	1,27	4	9	0,571
	2009	7,4	1,55	3	9	
	2004	7,6	1,50	3	9	0,556
	2009	7,4	1,55	3	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,3	0,58	0,6	3,1	0,360
	2004	2,3	0,59	0,6	3,1	
	2000	2,3	0,58	0,6	3,1	0,760
	2009	2,2	0,56	0,8	3,1	
	2004	2,3	0,59	0,6	3,1	0,360
	2009	2,2	0,56	0,8	3,1	

Liite 24

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pukkilan kunnan alueella

Pukkilan kunnan alueella tehtiin jäkälähavaintoja seitsemällä alalla, jotka kaikki sijaitsivat tausta-alueilla. Keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Pukkilan kunnan alueella selvästi koko tutkimusalueen keskiarvoja suuremmat. Sormipaisukarve oli puolestaan Pukkilan kunnan havaintoaloilla hieman vaurioituneempaa kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyttä Pukkilan keskustaajamassa sijaitsevalla alalla, jolla havaittiin vain viisi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Myös sormipaisukarpeen vauriot olivat selvät tällä alalla. Muilla Pukkilan kunnan havaintoaloilla jäkälälajistossa oli lieviä muutoksia tai lajisto vastasi luonnontilaisten alueiden lajistoa (ala 552) ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja havaittiin vähintään kuusi. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta myös kunnan koillisosassa sijaitsevalla havaintoalalla (551) ja tervettä kunnan eteläisimmällä havaintoalalla (550). Muilla aloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste oli samansuuruinen ja ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat hieman korkeampia kuin edeltävässä tutkimuksessa vuonna 2004, mutta erot vuosien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 2). Jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyttä ja sormipaisukarve lievästi vaurioitunutta molempina tutkimusvuosina. Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää vähäisenä Pukkilan kunnan alueella eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä. Selvimät muutokset jäkäläkasvillisuudessa rajoittuivat Pukkilan keskustaajaman alueelle.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Pukkilan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pukkilan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Pukkila n = 7				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,45	1,4	2,7
Lajilukumäärä	7,3	1,60	5	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,3	0,56	1,4	3,1
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Pukkilan kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty parittaisella t-testillä paitsi sormipaisukarpeen vauriolla merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 7		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,1	0,31	1,8	2,6	1,000
	2009	2,1	0,45	1,4	2,7	
Lajilukumäärä	2004	7,1	1,07	6	9	0,604
	2009	7,3	1,60	5	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	2,1	0,37	1,6	2,7	0,145
	2009	2,3	0,56	1,4	3,1	

Liite 25

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Raaseporin kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Raseborg stads område

Raaseporin kaupungin alueella tehtiin jäkälähavaintoja 101 havaintoalalla, joista 89 sijaitsi tausta-alueilla ja 12 taajamassa. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste oli Raaseporin kaupungin alueella hieman koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa alhaisempi. Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä oli hieman alhaisempi ja ilmanpuhtausindeksi hieman korkeampi kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Suurimmat muutokset jäkälälajistossa painottuivat taajamien läheisyyteen ja kaupungin länsiosaan. Jäkälälajistoltaan köyhtyneitä ja selvästi köyhtyneitä havaintoaloja sijaitsi etenkin Tammisaaren, Pohjan, Karjaan ja Mustion taajama-alueilla, Tammisaaren eteläpuolen rannikolla sekä Nitlaxin ja Jordansbyn havaintoaloilla (649, 634, 648). Muilla aloilla jäkälälajisto oli pääasiassa lievästi köyhtynyttä. Alueen merkittävin päästölähde, Leiras Oy:n Tammisaaren tehdas, sijaitsee Tammisaaren keskusta-alueella. Vähiten ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja havaittiin Mustiossa sijaitsevalla alalla (5 lajia) ja eniten jäkälälajeja havaittiin Karjaan taajaman eteläpuolisella alalla (175). Yli kahdeksan ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia tavattiin 26 havaintoalalla, jotka painottuivat alueen itä- ja länsiosiin. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä seitsemällä havaintoalalla, jotka sijaitsivat pääasiassa Tammisaaren keskusta-alueella ja valtatie 25 läheisyydessä, ja pahoja yhdellä Tammisaaren keskustassa sijaitsevalla havaintoalalla. Muilla Raaseporin kaupungin havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat pääasiassa lieviä tai sormipaisukarve oli tervettä. (Kuva 1.)

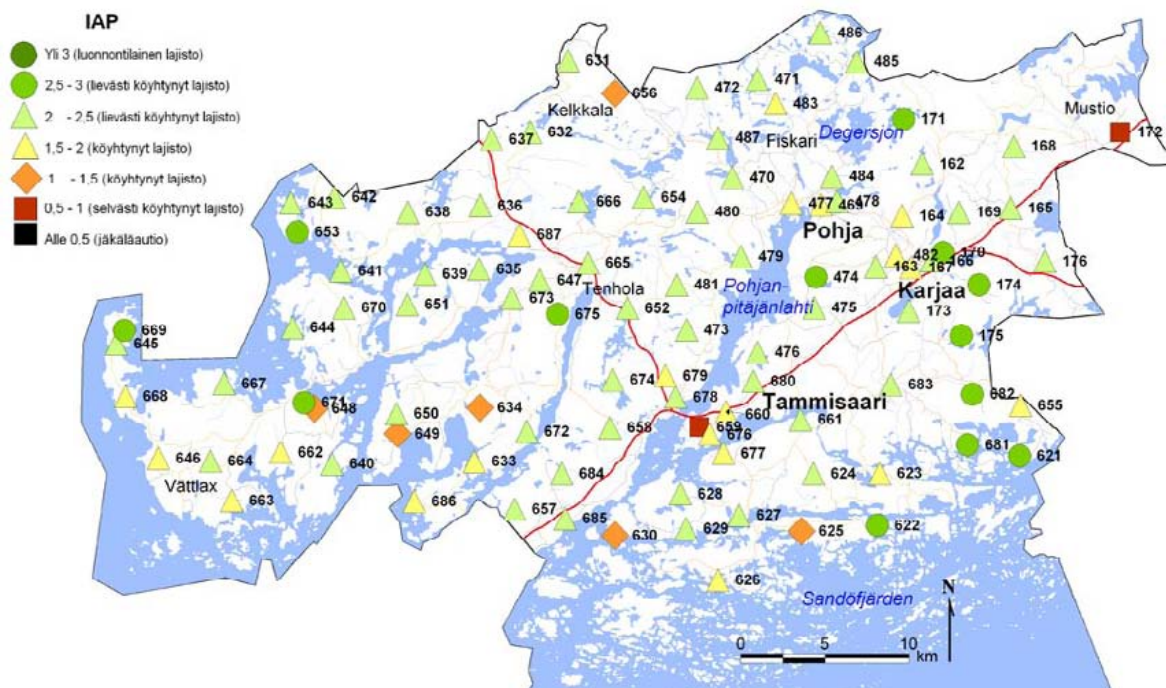
Sormipaisukarpeen vauriot ovat pysyneet samalla tasolla Raaseporin kaupungin alueella koko seurantajakson 2000–2009 ajan (taulukko 2). Edelliseen seurantavuoteen 2004 verrattuna tervettä sormipaisukarvetta kasvavien havaintoalojen määrä oli laskenut, mutta selvät vauriot olivat vähentyneet. Ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat suurimmillaan vuonna 2000, mutta laskivat vuoteen 2004 tilastollisesti merkitsevästi. Tässä tutkimuksessa IAP-indeksi ja lajilukumäärä olivat vuoden 2004 tasolla. Selvimät muutokset jäkälälajistossa painottuivat Raaseporin kaupungin alueella taajamien ja valtatie 25:n läheisyyteen; tausta-alueilla jäkälälajiston muutokset vastasivat pääasiassa koko tutkimusalueen tasoa. Jäkälälajiston muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitus ei ole Raaseporin kaupungin alueella merkittävästi muuttunut vuoteen 2004 verrattuna.

* * *

I Raseborg stads område observerades lavfloran på 101 provytor, av vilka 89 låg i bakgrundsområden och 12 i tätorter. Blåslavens genomsnittliga skadeklass i Raseborg var något mindre än på forskningsområdet i medeltal. Det genomsnittliga antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var mindre och IAP-indexet lite större än på hela forskningsområdet. (Tabell 1.) De största förändringarna i lavfloran fanns i närheten av tätorterna och stadens västra del. Provytor, som var utarmade eller tydligt utarmade på basis av lavfloran, låg i synnerhet i tätorter i Ekenäs, Pojo, Karis och Svartå, i Ekenäs södra kustområden samt i Nitlax och Jordansby (649, 634, 648). På de övriga provytorna var lavfloran huvudsakligen lindrigt skadad. Den största utsläppskällan i området, produktionsanläggningen av Leiras Oy i Ekenäs, ligger i centret av Ekenäs. Det minsta antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, observerades på provytan i Svartå (5 arter) och största antalet på provytan söderut från Karis tätort

(175). På 26 provytor observerades mer än 8 lavararter, och de provytorna befann sig i stadens östra och västra delar. Blåslavens skador var tydliga på sju provytor, som ligger huvudsakligen i centret av Ekenäs och i närheten av 25-vägen. Svåra skador av blåslaven observerades på en yta i Ekenäs centrum. På de övriga ytorna i Raseborg var blåslavens skador lindriga eller blåslaven var frisk. (Figur 1.)

Skadorna på blåslav har stannat på samma nivå i Raseborg under hela observationsperioden 2000-2009 (tabell 2). Jämfört med det föregående forskningsåret 2004 hade antalet provytor där det växer frisk blåslav minskat, men de tydliga skadorna hade även minskat. IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var som störst i 2000, men minskade statistiskt betydligt till 2004. I denna undersökning var IAP-indexet och antalet lavararter på samma nivå som i 2004. De tydligaste förändringarna förekom i närheten av tätorten och vägen 25; i bakgrundsområdena motsvarade förändringarna i lavfloran den genomsnittliga nivån på hela forskningsområdet. Belastningen av luftföroreningar har, på basis av förändringarna i lavfloran, inte betydligt förändrats jämfört med år 2004.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Raaseporin kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Raseborg. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Raaseporin kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Raseborg stads område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Raasepori n = 101				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	1,9	0,45	1,1	4,0
Lajilukumäärä	6,8	1,02	4	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,41	0,8	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Raaseporin kaupungin samoina pysyillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Raseborg, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 88		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,9	0,42	1,3	4,4	0,368
	2004	1,9	0,57	1,1	4,3	
	2000	1,9	0,42	1,3	4,4	0,585
	2009	1,9	0,46	1,1	4,0	
	2004	1,9	0,57	1,1	4,3	0,746
	2009	1,9	0,46	1,1	4,0	
Lajilukumäärä	2000	7,3	0,96	5	10	0,000***
	2004	6,8	0,86	5	9	
	2000	7,3	0,96	5	10	0,000***
	2009	6,9	1,03	5	10	
	2004	6,8	0,86	5	9	0,450
	2009	6,9	1,03	5	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,4	0,42	0,8	3,1	0,000***
	2004	2,1	0,42	0,7	2,9	
	2000	2,4	0,42	0,8	3,1	0,000***
	2009	2,1	0,41	0,8	3,0	
	2004	2,1	0,42	0,7	2,9	0,883
	2009	2,1	0,41	0,8	3,0	

Liite 26

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Ruotsinpyhtään kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Strömfors kommuns område

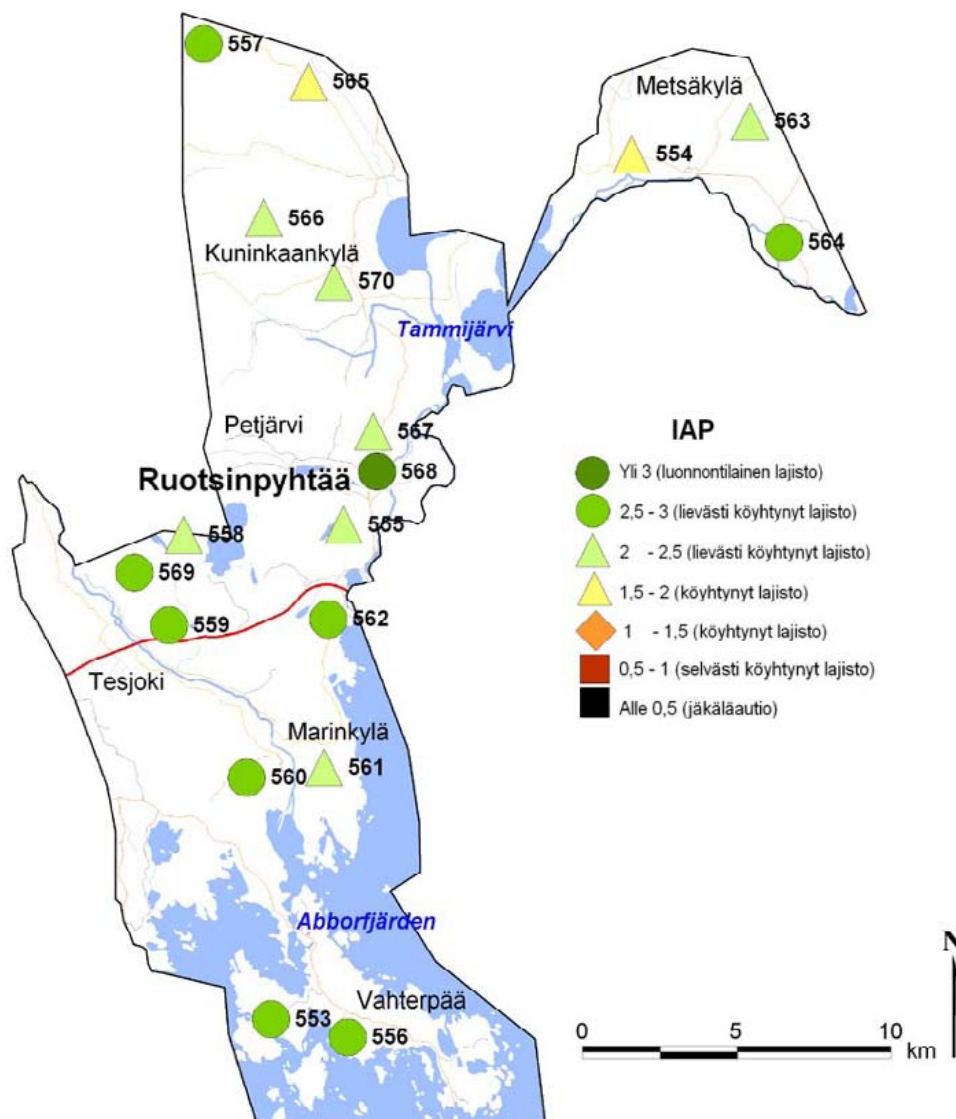
Jäkälähavaintoja tehtiin Ruotsinpyhtään kunnan alueella 18 havaintoalalla, jotka yhtä taajama-alaa lukuun ottamatta sijaitsivat tausta-alueilla. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot olivat Ruotsinpyhtään alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin, mutta jäkälälajiston runsaudesta kertovat ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä olivat selvästi koko tutkimusalueen keskiarvoja suuremmat (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt kahdella kunnan pohjoisosassa sijaitsevalla alalla, mutta muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli vain lievästi köyhtynyttä tai luonnontilaista (ala 568). Jäkälälajisto oli Ruotsinpyhtään kunnan alueella runsasta, sillä kaikilla havaintoaloilla kasvoi vähintään seitsemän ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vauriot olivat pääasiassa lieviä, paitsi yhdellä kunnan pohjoisosassa sijaitsevalla havaintoalalla sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta (556). (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot olivat alhaisimmillaan vuonna 2000, mutta tässä tutkimuksessa ne olivat samalla selvästi korkeammalla tasolla kuin edeltävässä tutkimuksessa vuonna 2004. Jäkälälajiston runsaudessa ei puolestaan ole tapahtunut merkittäviä muutoksia seurantajakson 2000–2009 aikana (taulukko 2). Ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärä olivat selvästi koko tutkimusalueen keskiarvoja korkeammalla tasolla koko seurantajakson ajan. Jäkälälajiston perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää vähäisenä Ruotsinpyhtään kunnan alueella, eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut edeltävään tutkimuskertaan 2004 verrattuna. Selvimät muutokset jäkäläkasvillisuudessa rajoituivat Ruotsinpyhtään kunnan pohjoisosiin, muualla muutokset olivat lieviä.

* * *

Lavar observerades i Strömfors på 18 provytor, som låg i bakgrundsområdena med undantag av en yta. Blåslavens skador var på samma nivå som på forskningsområdet i medeltal, men IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var tydligt större än på hela forskningsområdet (tabell 1). Lavfloran var utarmad på två ytor som ligger i kommunens norra del, men på de övriga ytorna var lavfloran lindrigt utarmad eller naturlig (yta 568). Lavfloran i Strömfors var mångsidig, för på alla ytor observerades åtminstone 7 lavararter, som tar skada av luftföroreningar. Blåslavens skador var huvudsakligen lindriga, utom på en yta i kommunens norra del där blåslaven var tydligt skadad. (Figur 1.)

Blåslavens skador var lägsta i 2000, men i denna undersökning var de på samma tydligt högre nivå som i 2004. Det har inte skett betydande förändringar i lavfloras riklighet under observationsperioden 2000–2009 (tabell 2). IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var på en tydligt högre nivå än på forskningsområdet i medeltal under hela observationsperioden. På basis av lavfloran är belastningen av luftföroreningar liten, och situationen har inte förändrats betydligt jämfört med den tidigare undersökningen i 2004. De tydligaste förändringarna var begränsade till kommunens norra delar, på övriga håll var förändringarna lindriga.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Ruotsinpyhtään kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Strömfors. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Ruotsinpyhtään kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Strömfors kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Ruotsinpyhtää n = 18				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,0	0,30	1,5	2,5
Lajilukumäärä	8,1	1,02	7	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,5	0,35	2,0	3,2
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Ruotsinpyhtään kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkiteistillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Strömfors, som var de samma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 12		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,6	0,35	1,2	2,4	0,001***
	2004	2,1	0,22	1,9	2,5	
	2000	1,6	0,35	1,2	2,4	0,039*
	2009	2,0	0,34	1,5	2,5	
	2004	2,1	0,22	1,9	2,5	0,227
	2009	2,0	0,34	1,5	2,5	
Lajilukumäärä	2000	7,8	0,83	7	9	1,000
	2004	7,8	1,14	5	9	
	2000	7,8	0,83	7	9	1,000
	2009	7,9	1,00	7	10	
	2004	7,8	1,14	5	9	1,000
	2009	7,9	1,00	7	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,4	0,40	1,9	3,1	0,774
	2004	2,4	0,34	2,0	3,0	
	2000	2,4	0,40	1,9	3,1	1,000
	2009	2,4	0,33	2,0	2,9	
	2004	2,4	0,34	2,0	3,0	1,000
	2009	2,4	0,33	2,0	2,9	

Liite 27

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sipoon kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Sibbo kommuns område

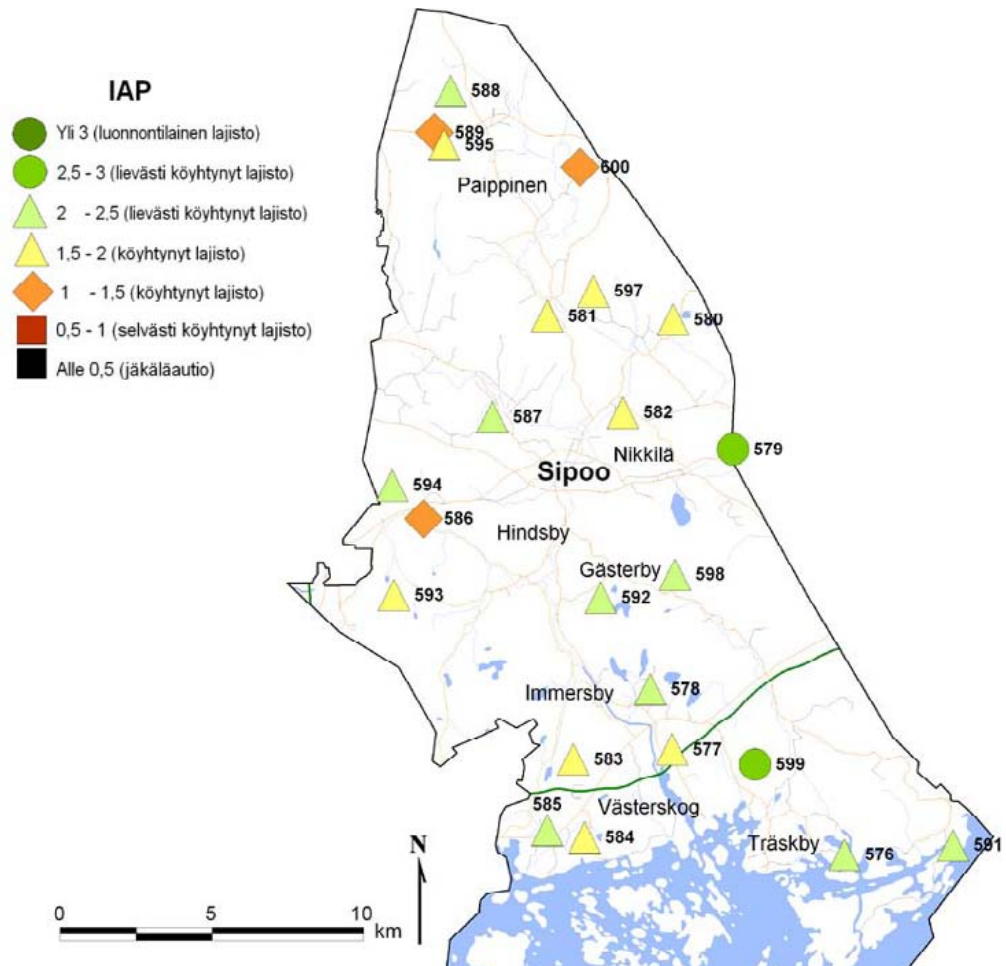
Sipoon kunnan alueella sijaitsi 23 havaintoalaa, joista kuusi oli taajama-aloja ja 17 sijaitsi tausta-alueilla. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot ja ilmanpuhtausindeksi olivat Sipoon kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä oli puolestaan koko tutkimusalueen keskiarvoa selvästi alhaisempi (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyttä 12 eri puolilla kuntaa sijaitsevalla havaintoalalla. Lopuilla 11 alalla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä. Yhdellä Sipoon pohjoisosassa sijaitsevalla havaintoalalla tavattiin vain kolme ja kolmella alalla vain viisi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Kaikilla muilla aloilla kasvoi vähintään kuusi jäkälälajia. Kahdella kunnan keski- ja eteläosassa sijaitsevalla havaintoalalla (576, 598) sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunut, mutta kaikilla muilla aloilla sormipaisukarve luokiteltiin lievästi vaurioituneeksi. Sipoon kunnan suurimmat rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet ovat kunnan itäosassa sijaitsevat Talman asfalttiasema ja Versowood Oy:n Keravan kyllästämö sekä kunnan eteläosassa sijaitseva Sipoon kaivos- ja kalkkitehdas. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vaurioasteessa ja jäkälälajiston runsaudessa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia edeltävään tutkimuskertaan 2004 verrattuna. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä oli hieman alhaisempi kuin vuonna 2004, mutta ero vuosien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 2). Vuonna 2004 jäkälälajisto oli selvästi köyhtynyt kahdella tutkimusalalla (589, 590), mutta tässä tutkimuksessa ei selvästi köyhtynyttä jäkälälajistoa enää havaittu. Kaiken kaikkiaan jäkälälajiston muutoksia Sipoon kunnan alueella voidaan pitää melko lievinä, eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut vuosien 2004 ja 2009 välillä.

* * *

I Sibbo kommuns område låg 23 provytor, av vilka 6 låg i tätorter och 17 i bakgrundsområdena. Blåslavens genomsnittliga skador och IAP-indexet var i Sibbo på samma nivå som på forskningsområdet i medeltal. Det genomsnittliga antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var mindre än på hela forskningsområdet. (Tabell 1.) Lavfloran var utarmad på 12 provytor, som låg i olika delar av kommunen. På resten av provytorerna var lavfloran lindrigt utarmad. På en provyta i Sibbo norra del träffades bara tre och på fem ytor bara fem lavararter, som tar skada av luftföroreningar. På alla andra ytor växte åtminstone 6 lavararter. På två ytor i kommunens mellersta och södra del (576, 598) var blåslaven tydligt skadad, men på alla andra ytor klassificerades blåslaven som lindrigt skadad. De största utsläppskällorna av svaveldioxid, kväve oxider och partiklar är asfaltstationen i Tallmo och Versowood Oy impregneringsanläggning i Kervo samt Sibbo gruva och kalkfabrik i kommunens södra del. (Figur 1.)

Inga betydande förändringar i blåslavens skadeklass eller i lavfloras riklighet hade skett jämfört med det tidigare forskningsåret. Antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var mindre än i 2004, men skillnaden mellan åren var inte statistiskt betydande (tabell 2). I 2004 var lavfloran tydligt utarmad på två provytor (589, 590), men i den här studien hade lavfloran blivit rikligare. Sammantaget är förändringarna i lavfloran i Sibbo lindriga, och situationen har inte förändrats väsentligt mellan åren 2004 och 2009.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Sipoon kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Sibbo. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäliden lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Sipoon kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Sibbo kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Sipoo n = 23				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,2	0,30	1,8	2,8
Lajilukumäärä	6,5	1,31	3	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,36	1,2	2,7
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Sipoon kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty parittaisten otoston t-testillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blås-lavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Sibbo, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

n = 22		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,3	0,28	1,8	2,9	0,167
	2009	2,2	0,30	1,8	2,8	
Lajilukumäärä	2004	6,8	1,44	3,0	9,0	0,299
	2009	6,5	1,34	3	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2004	2,0	0,44	1,2	2,7	0,416
	2009	2,0	0,36	1,2	2,7	

Liite 28

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Siuntion kunnan alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Sjundeå kommuns område

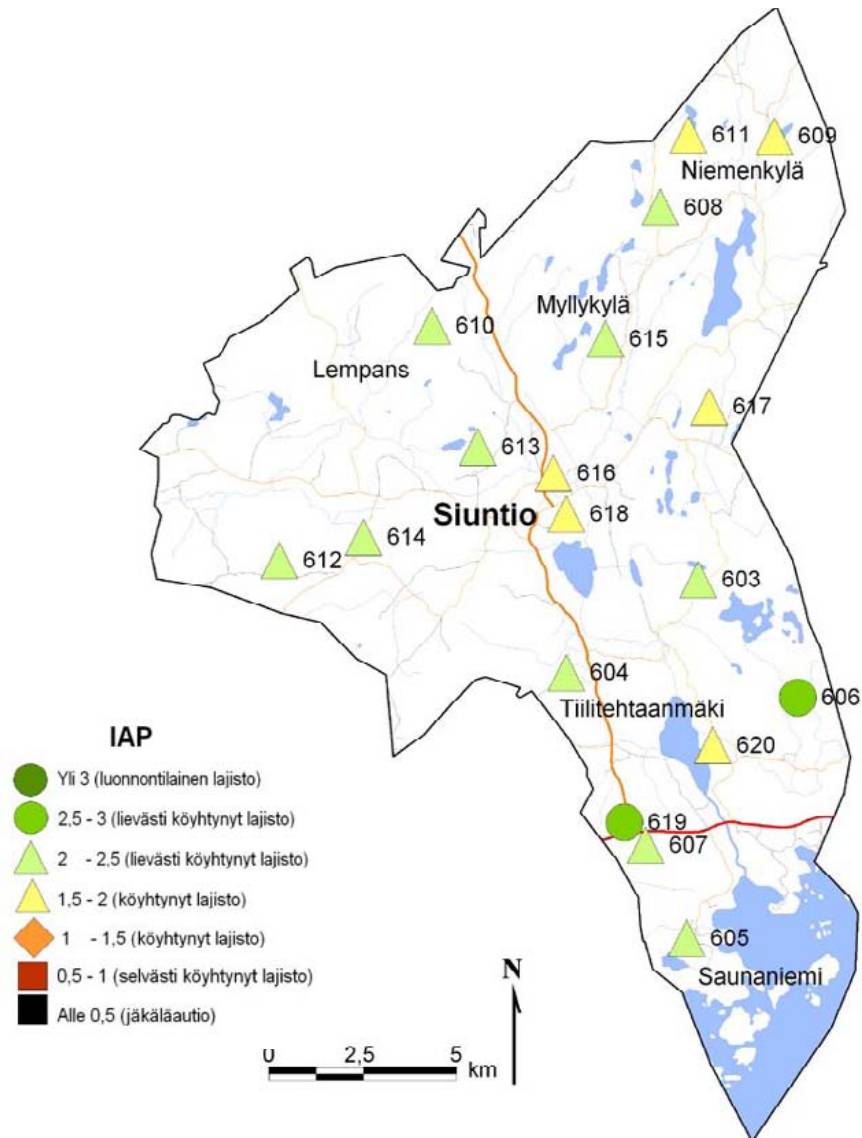
Siuntion kunnan alueella tehtiin jäkälähavaintoja 18 havaintoalalla, jotka yhtä alaa lukuun ottamatta sijaitsivat tausta-alueilla. Jäkälälajiston runsaudesta kertovat keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Siuntion kunnan alueella jonkin verran koko tutkimusalueen keskiarvoja suuremmat. Sormipaisukarpeen vauriot vastasivat Siuntion kunnan alueella koko tutkimusalueen keskimääräistä tasoa (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt kuudella keskustaajamassa ja kunnan itäosissa sijaitsevalla havaintoalalla, mutta muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyttä. Kaikilta havaintoaloilta havaittiin suhteellisen paljon eli vähintään kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selvät kahdella kunnan itä- ja eteläosassa sijaitsevalla havaintoalalla (607, 617), muilla havaintoaloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Sormipaisukarve oli terveintä vuonna 2000, mutta tässä tutkimuksessa ne olivat samalla vuotta 2000 selvästi vaurioituneemmalla tasolla kuin edeltävässä tutkimuksessa vuonna 2004. Alojen, joilla sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunut, määrä oli kuitenkin vähentynyt neljällä vuoteen 2004 verrattuna. Jäkälälajiston runsaudessa ei puolestaan ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia seurantajakson 2000–2009 aikana (taulukko 2). Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi ovat olleet jonkin verran koko tutkimusalueen keskiarvoja korkeammalla tasolla koko seurantajakson ajan. Jäkälälajiston muutosten perusteella ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan pitää melko vähäisenä Siuntion kunnan alueella, eikä tilanne ole ratkaisevasti muuttunut tutkimusvuosien 2004 ja 2009 välillä. Selvimät muutokset jäkälälajistossa rajoittuvat keskustaajaman läheisyyteen ja kunnan itäosaan.

* * *

Lavfloran observerades på 18 provytor i Sjundeå, av vilka en låg i tätorten och de övriga i bakgrundsområdena. Det genomsnittliga IAP-indexet, som beskriver lavflorans riklighet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var något större i Sjundeå än på forskningsområdet i medeltal. Blåslavens skador var lika stora som på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) Lavfloran var utarmad på 6 ytor, som låg i kommunens centrum och i östra delar; på de övriga ytorna var lavfloran lindrigt utarmad. På alla ytor observerades åtminstone 6 lavararter, som tar skada av luftföroreningar. Blåslavens skador var tydliga på två provytor, som ligger i kommunens östra och södra delar (607, 617); på de övriga ytorna var blåslavens skador lindriga. (Figur 1.)

Blåslaven var friskast i 2000. I den här undersökningen var det på samma, tydligt mer skadade nivå som i 2004. Ändå hade antalet provytor med tydligt skadad blåslav minskat med 4 jämfört med året 2004. Inga betydande förändringar hade skett i lavflorans riklighet under observationsperioden 2000-2009. (Tabell 2.) Antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet har varit på en något högre nivå än i forskningsområdet i medeltal under hela observationsperioden 2000-2009. Belastningen av luftföroreningar i Sjundeå kan, på basis av förändringarna i lavfloran, anses vara ganska liten, och situationen har inte väsentligt förändrats mellan forskningsåren 2004 och 2009. De tydligaste förändringarna i lavfloran begränsar sig till närheten av Sjundeå centrum och kommunens östra del.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Siuntion kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Sjundeå. Provytornas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Siuntion kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell 1. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet i Sjundeå kommuns område och hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Siuntio n = 18				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,2	0,18	1,9	2,6
Lajilukumäärä	7,3	0,84	6	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,25	1,9	2,6
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Siuntion kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkiteistillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***) .

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslavens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Sjundeå, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***) .

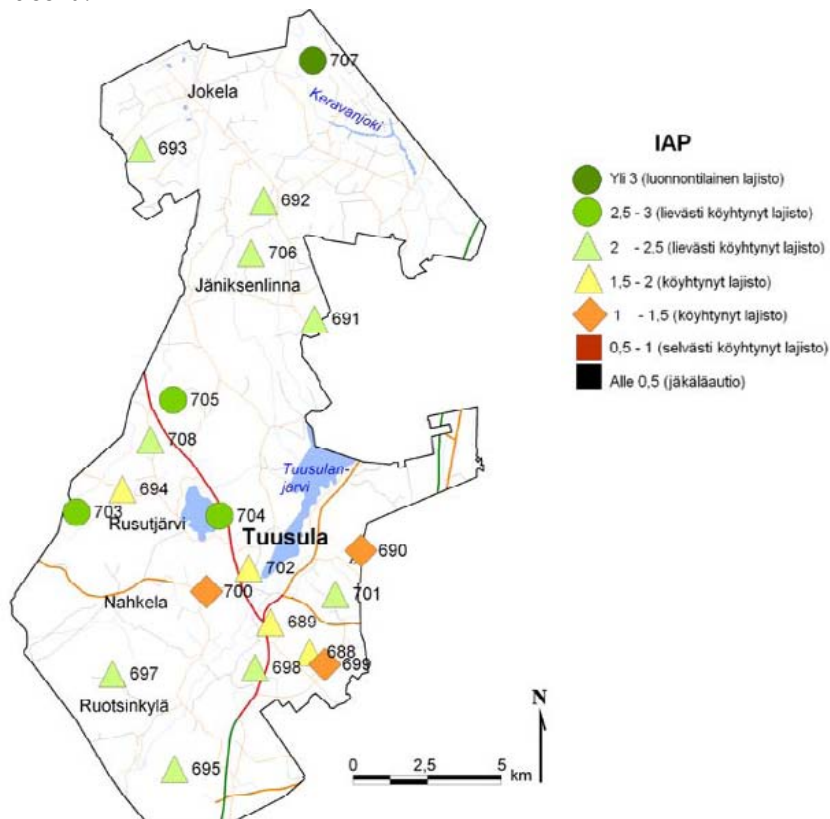
n = 16		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,8	0,44	1,1	2,8	0,002**
	2004	2,3	0,46	1,5	3,0	
	2000	1,8	0,44	1,1	2,8	0,022*
	2009	2,2	0,19	1,9	2,6	
	2004	2,3	0,46	1,5	3,0	0,180
	2009	2,2	0,19	1,9	2,6	
Lajilukumäärä	2000	7,3	1,44	4	10	1,000
	2004	7,4	0,62	6	8	
	2000	7,3	1,44	4	10	0,774
	2009	7,4	0,89	6	9	
	2004	7,4	0,62	6	8	1,000
	2009	7,4	0,89	6	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,34	1,7	3	0,210
	2004	2,1	0,25	1,7	2,5	
	2000	2,2	0,34	1,7	3,0	0,804
	2009	2,2	0,25	1,9	2,6	
	2004	2,1	0,25	1,7414	2,5	0,804
	2009	2,2	0,25	1,9	2,6	

Liite 29

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tuusulan kunnan alueella

Tuusulan kunnan alueella sijaitsi 20 havaintoalaa, joista yhdeksän oli taajama-aloja ja loput sijaitsivat tausta-alueilla. Keskimääräiset sormipaisukarpeen vauriot ja ilmanpuhtausindeksi olivat Tuusulan kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Keskimääräinen ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälän lajilukumäärä oli puolestaan koko tutkimusalueen keskiarvoa selvästi korkeampi (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyt kuudella keskustaajaman läheisyydessä ja kunnan eteläosassa sijaitsevalla havaintoalalla. Muilla havaintoaloilla jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt tai tervettä (ala 707). Kolmella havaintoalalla havaittiin alle kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia, mutta muilla aloilla jäkälälajeja kasvoi vähintään kuusi. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta kolmella kunnan etelä- (689, 694) ja keskiosissa (691) sijaitsevalla alalla. Muilla havaintoaloilla sormipaisukarve luokiteltiin lievästi vaurioituneeksi. Tuusulan suurimmat rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet (Steris Finn-Aqua ja Lemminkäinen Oyj:n maantiekylän asfalttiasema) sijaitsevat kunnan eteläosassa. (Kuva 1.)

Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana kaikki jäkälälajiston muutosta kuvaavat muuttujat olivat heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne olivat palautuneet vuoden 2000 paremmalle tasolle (taulukko 2). Alojen määrä, joilla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi, oli vähentynyt kuudella. Sormipaisukarve ei tosin edelleenkään ollut täysin tervettä yhdelläkään alalla. Myös jäkälälajisto oli runsastunut ja monipuolistunut vuoteen 2004 verrattuna. Selvimmät jäkälämuutokset painoutuivat Tuusulan kunnan alueella keskustaajaman ja kunnan eteläosassa sijaitsevien teollisuuslaitosten läheisyyteen. Vuosien 2004 ja 2009 väliset jäkälälajiston muutokset indikoivat kuormitustason selvää laskua kunnan alueella.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Tuusulan kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Tuusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Tuusula n = 20				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,2	0,40	1,7	3,2
Lajilukumäärä	7,5	1,67	3	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,46	1,4	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Tuusulan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

n = 15		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,9	0,55	1,2	3,1	0,002**
	2004	2,3	0,35	1,6	2,8	
	2000	1,9	0,55	1,2	3,1	0,035*
	2009	2,0	0,24	1,7	2,4	
	2004	2,3	0,35	1,6	2,8	0,002**
	2009	2,0	0,24	1,7	2,4	
Lajilukumäärä	2000	7,7	0,72	7	9	0,039*
	2004	6,9	1,16	4	9	
	2000	7,7	0,72	7	9	0,453
	2009	8,0	1,20	5	10	
	2004	6,9	1,16	4	9	0,004**
	2009	8,0	1,20	5	10	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,4	0,34	1,8	3,0	0,007**
	2004	2,0	0,41	1,1	2,7	
	2000	2,4	0,34	1,8	3,0	0,118
	2009	2,3	0,43	1,4	3,0	
	2004	2,0	0,41	1,1	2,7	0,007**
	2009	2,3	0,43	1,4	3,0	

Liite 30

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vantaan kaupungin alueella

Undersökning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i Vanda stads område

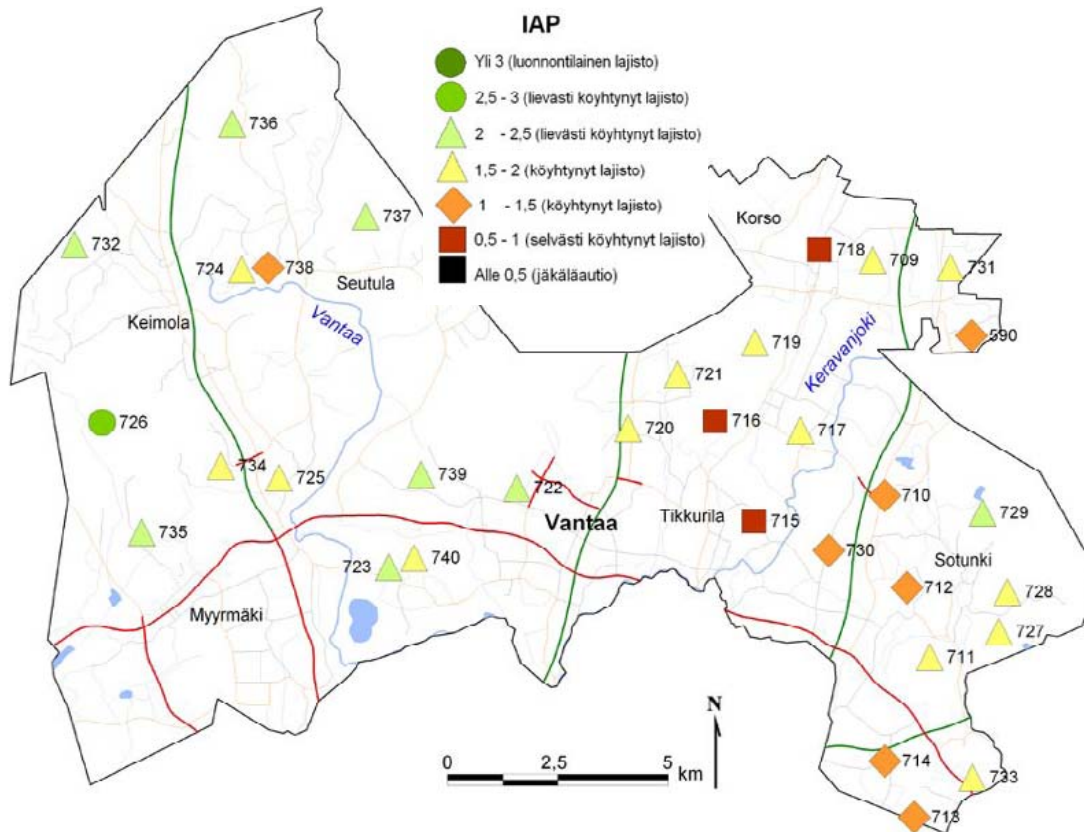
Vantaan kaupungin alueella tehtiin jäkälähavaintoja 33 havaintoalalla, jotka kahdeksaa alaa lukuun ottamatta sijaittivat taajamassa. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste ja jäkälälajiston runsautta kuvaavat ilmanpuhtausindeksi ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä olivat Vantaan kaupungin alueella selvästi heikommalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Selvimmät lajistomuutokset painottuivat Vantaan itäosiin, jossa havaittiin myös kolme lajistoltaan selvästi köyhtynyttä havaintoalaa. Kaupungin länsiosassa, jossa asutus on harvempaa, oli jäkälälajisto hieman monipuolisempaa, ja luokiteltiin pääosin lievästi köyhtyneeksi. Vähiten ilman epäpuhtauksista kärsiviä jäkälälajeja (4-5 lajia) tavattiin seitsemällä kaupungin itäosassa sijaitsevalla havaintoalalla. Sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi 17 havaintoalalla, jotka painottuivat kaupungin keski- ja itäosiin. Lopuilla 16 alalla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot ovat Vantaan kaupungin alueella pysyneet samalla, koko tutkimusalueen keskiarvoa suuremmalla tasolla, koko seurantajakson 2000–2009 ajan. Alojen määrä, joilla sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä, oli kasvanut edeltävään vuoden 2004 seurantatutkimukseen verrattuna. Seuranta-ajanjakson 2000–2009 aikana jäkälälajiston runsautta kuvaavat muuttujat olivat heikoimmillaan vuonna 2004. Tässä tutkimuksessa ne olivat alkaneet palautua vuoden 2000 paremmalle tasolle (taulukko 2). Selvät jäkäläkasvillisuuden muutokset painottuivat Vantaalla kaupungin itäosaan, jossa taajama-asutus on tiheintä ja liikenne valtaväylillä vilkasta. Vantaan harvempaan asutetussa länsiosassa jäkäläkasvillisuuden muutokset olivat lievempiä. Vuoteen 2004 verrattuna jäkälälajisto oli runsastunut hieman, mutta sormipaisukarpeen vauriot pysyneet samalla tasolla.

* * *

I Vanda observerades lavfloran på 33 provytor, som med undantag av 8 ytor låg i tätorter. Blåslavens genomsnittliga skadeklass, IAP-indexet och antalet lavararter, som tar skada av luftföroreningar, var i Vanda på tydligt sämre nivå än på forskningsområdet i medeltal. (Tabell 1.) De tydligaste förändringarna i lavfloran koncentrerade sig till de östra delarna av Vanda, var tre provytor med tydligt utarmad lavflora observerades. I västra delen av staden, med mindre bosättning, var lavfloran litet rikligare, och klassificerades för det mesta som lindrigt utarmad. Det lägsta antalet lavararter (4-5 arter), som tar skada av luftföroreningar, observerades på 7 provytor i Vanda östra del. Blåslaven var tydligt skadad på 17 provytor, som låg i stadens mellersta och östra delar. På de övriga 16 ytorna var blåslavens skador lindriga. (Figur 1.)

Blåslavens skador i Vanda har kvarstått på samma nivå under hela observationsperioden. Antalet provytor med tydliga skador av blåslav har ökat jämfört med den tidigare undersökningen. Variabler, som beskriver lavfloras riklighet, antalet lavararter och IAP-indexet, var som sämst i 2004. I denna undersökning har de börjat återhämta sig till den bättre nivån av 2000. (Tabell 2.) De tydligaste förändringarna i lavfloran fanns i Vanda östra del, där bosättningen är tät och trafiken på huvudleden är livlig. I västra delen av Vanda, där bosättningen är glesare, är förändringarna av lavfloran lindrigare. Jämfört med den tidigare utredningen i 2004 har lavfloran blivit litet rikligare, men skadorna på blåslav har stannat på tämligen samma nivå.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Vantaan kaupungin alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Figur 1. De genomsnittliga värdena av IAP-indexet i Vanda. Provytorernas nummer finns bredvid symbolerna.

Taulukko I. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Vantaan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Tabell I. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum) som beskriver blåslevens skador, antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar och IAP-index i Vanda stads området och det hela forskningsområdet.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Vantaa n = 33				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,5	0,49	1,5	3,9
Lajilukumäärä	6,5	1,44	4	9
Ilmanpuhtausindeksi	1,7	0,53	0,6	2,9
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Vantaan kaupungin samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tabell 2. Kännetecken (medeltal, standardavvikelse, minimum och maximum), som beskriver blåslavens skador, antalet lavarter som tar skada av luftföroreningar och IAP-indexet på de provtytor i Vanda, som var desamma åren 2000, 2004 och 2009. Jämförelser mellan åren har genomförts med märketest. Nästan betydande testresultat ($p < 0,05$) har märkts med en stjärna (*), betydande ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen betydande ($p < 0,001$) med tre stjärnor (***)

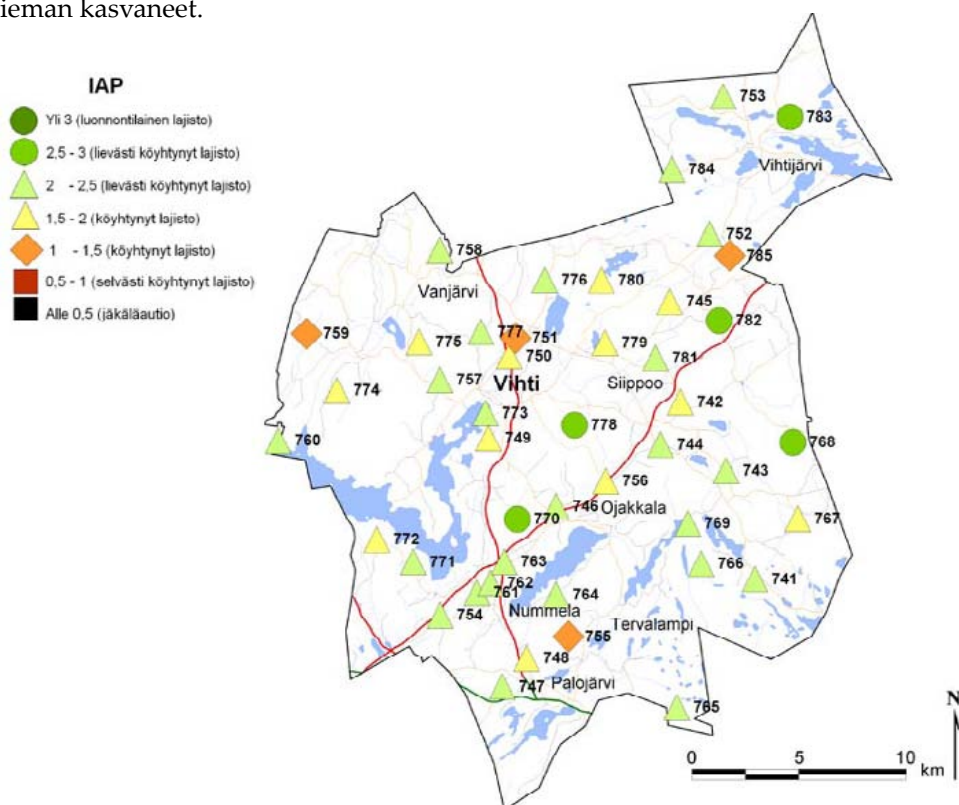
n = 28		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,4	0,59	1,4	3,7	0,845
	2004	2,4	0,42	1,6	3,1	
	2000	2,4	0,59	1,4	3,7	0,556
	2009	2,4	0,43	1,5	3,5	
	2004	2,4	0,42	1,6	3,1	0,441
	2009	2,4	0,43	1,5	3,5	
Lajilukumäärä	2000	7,1	1,24	3	9	0,003**
	2004	6,4	1,35	3	9	
	2000	7,1	1,24	3	9	0,180
	2009	6,8	1,29	4	9	
	2004	6,4	1,35	3	9	0,064
	2009	6,8	1,29	4	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,0	0,43	1,1	2,9	0,000***
	2004	1,7	0,40	0,8	2,4	
	2000	2,0	0,43	1,1	2,9	0,014**
	2009	1,8	0,47	0,8	2,9	
	2004	1,7	0,40	0,8	2,4	0,038*
	2009	1,8	0,47	0,8	2,9	

Liite 31

Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vihdin kunnan alueella

Vihdin kunnan alueella sijaitsi 45 havaintoalaa, joista 11 sijaitsi taajamassa ja loput olivat tausta-aloja. Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat Vihdin kunnan alueella samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin (taulukko 1). Jäkälälajisto oli köyhtynyttä 12 havaintoalalla, jotka sijoituivat pääasiassa Nummelan eteläpuolelle, 25-tien ja Vihdin keskustaaajaman läheisyyteen ja Siippoon pohjoispuolelle. Vihdin kunnan suurimmat rikin, typen ja hiukkasten päästölähteet (Ojakkalan Vetonit-tehdas ja Lautex-pintakäsittelylaitos) sijaitsevat Nummelassa ja Siippoossa. Yksittäisiä jäkälälajistoltaan köyhtyneitä havaintoaloja oli myös kunnan itäosassa. Valtaosalla havaintoaloista kasvoi vähintään kuusi ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Sormipaisukarpeen vauriot olivat selviä kahdeksalla alalla, jotka keskittyivät keskustaaajamien ja 25-tien läheisyyteen kuten jäkälälajistoltaan köyhtyneet alatkkin. Sormipaisukarve oli tervettä viidellä havaintoalalla. Muilla aloilla sormipaisukarpeen vauriot olivat lieviä. (Kuva 1.)

Sormipaisukarpeen vauriot ovat kasvaneet tasaisesti koko seurantajakson 2000–2009 ajan. Alojen määrä, joilla sormipaisukarve luokiteltiin selvästi vaurioituneeksi, oli kasvanut kahdella vuoteen 2004 verrattuna. Jäkälälajiston runsautta kuvaavat muuttujat olivat alhaisimmillaan vuonna 2004, mutta palasivat tässä tutkimuksessa vuoden 2000 paremmalle tasolla (taulukko 2). Kaiken kaikkiaan ilman epäpuhtauksien kuormitusta voidaan jäkälälajiston muutosten perusteella pitää Vihdin kunnan alueella melko lievänä ja jäkälälajistoltaan köyhtyneimmät alueet rajoittuivat Vihdin taajaman, Nummelan ja Siippoon tehtaiden ja 25-tien läheisyyteen. Vuoteen 2004 verrattuna jäkälälajisto oli monipuolistunut, mutta sormipaisukarpeen vauriot olivat hieman kasvaneet.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Vihdin kunnan alueella. Havaintoalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Vihdin kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

	Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin
Vihti n = 45				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,0	0,47	1,1	3,1
Lajilukumäärä	7,1	0,95	5	9
Ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,41	1,1	3,0
Koko alue n = 776				
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,1	0,50	1,1	4,9
Lajilukumäärä	7,0	1,41	1	10
Ilmanpuhtausindeksi	2,0	0,52	0,2	3,5

Taulukko 2. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Vihdin kunnan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***) .

n = 38		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	1,8	0,60	1,1	3,1	0,230
	2004	1,9	0,53	1,1	3,1	
	2000	1,8	0,60	1,1	3,1	0,004**
	2009	2,0	0,49	1,1	3,1	
	2004	1,9	0,53	1,1	3,1	0,617
	2009	2,0	0,49	1,1	3,1	
Lajilukumäärä	2000	6,9	1,20	4	9	0,263
	2004	6,7	1,09	4	9	
	2000	6,9	1,20	4	9	0,824
	2009	7,1	0,96	5	9	
	2004	6,7	1,09	4	9	0,052
	2009	7,1	0,96	5	9	
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,1	0,34	1,2	2,8	0,000***
	2004	1,9	0,36	1,2	2,6	
	2000	2,1	0,34	1,2	2,8	0,256
	2009	2,1	0,41	1,1	3,0	
	2004	1,9	0,36	1,2	2,6	0,003**
	2009	2,1	0,41	1,1	3,0	

Liite 32

Tulosten tilastollinen tarkastelu

Taustamuuttujien vaikutus

Taustamuuttajat ovat muuttujia, jotka eivät itsessään kuvaa ilmanlaatua, mutta saattavat vaikuttaa ilmanlaadusta kertoviin muuttujiin. Taustamuuttujia ovat esimerkiksi metsätyyppi, puiden ikä, puiden läpimitta ja metsän kehitysaste ja pohjapinta-ala. Nämä muuttujat havainnoidaan kaikilta näytealoilta. Eräissä ilmanlaadun bioindikaattoritutkimuksissa (esim. Haahla ym. 2006b ja Niskanen 2003b) taustamuuttujien vaikutusta ilmanlaatua kuvaaviin muuttujiin on tutkittu Kruskall-Wallisn varianssianalyysin avulla ja havaittu taustamuuttujilla olevan vaikutusta varsinaisiin muuttujiin. Myös tässä tutkimuksessa taustamuuttujilla oli tilastollisesti merkitsevää vaikutusta useisiin indikaattorimuuttujiin (taulukko 1).

Kehitysluokan suhteen luokitellussa aineistossa oli tilastollisesti merkitseviä eroja luokkien välillä sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyudessa, sormipaisukarpeen vaurioasteen suuruudessa ja levän yleisyydessä. Sormipaisukarpeen peittävyys oli suurempi varttuneissa metsiköissä verrattuna kypsisiin metsiköihin kun taas luppojen peittävyys oli suurempi kypsissä metsiköissä verrattuna varttuneisiin metsiköihin. Sormipaisukarve kasvaa usein runsaana nuorehkojen mäntyjen rungoilla, mutta sen peittävyys pienenee puun iän ja ympärysmitan kasvaessa. Etenkin kilpikaarنوittuvien vanhojen mäntyjen rungot ovat sormipaisukarpeelle melko huono kasvualusta nuorempiin mäntyihin verrattuna. Levä oli yleisempää ja sormipaisukarpeen vauriot suurempia kypsissä metsiköissä kuin varttuneissa metsiköissä. Tätä voi osaltaan selittää se, että taajamien puistomaisilla alueilla esiintyy pääasiassa vanhoja männiköitä, kun taas nuoremmat männiköt sijoittuivat yleensä tausta-alueille. Tausta-taajama-ala luokittelua on käsitelty tarkemmin luvussa 5.2. Vanhoja mäntyjä esiintyy myös harvapuustoisilla kallioaloilla, joissa paahteisuus voi huonontaa jäkälien elinolosuhteita ja sormipaisukarpeen kuntoa.

Metsikön soveltuvuudella oli tilastollisesti merkitsevää vaikutusta yleisen vaurioasteen ja ilmanpuhtausindeksin suuruuteen ja levän yleisyyteen. Metsikön soveltuvuutta jäkäläkartoitukseen arvioidaan sen perusteella, kuinka hyvät kasvuolosuhteet metsikössä on päällysjäkälien kannalta. Jäkälän kasvuolosuhteita huonontavat liika varjoisuus, paahteisuus tai epäsuotuisat mikroilmastolliset tekijät. Kasvuolosuhteita voidaan arvioida puuston iän, puulajisuhteiden, metsätyypin, puuston pohjapinta-alan ja pituuden perusteella. Havaintoalan soveltuvuus on havainnoitsijan subjektiivinen arvio siitä, kuinka paljon nämä tekijät vaikuttavat jäkälän kasvuolosuhteisiin. Soveltuvuudeltaan hyväksi luokitellussa metsikössä vaikutus oletetaan vähäiseksi, kohtalaisessa metsikössä taustamuuttujilla on havaittavaa vaikutusta jäkäliin, ja huonossa metsikössä taustamuuttujien vaikutus on suuri. Ilmanpuhtausindeksin arvot olivat suurempia hyväksi luokitelluissa metsiköissä kuin kohtalaiseksi tai huonoksi luokitelluissa metsiköissä, ja suurempia kohtalaisissa metsiköissä kuin huonoissa metsiköissä. Jäkälän yleinen vaurioaste oli suurimmillaan huonoissa metsiköissä, ja suurempi kohtalaisissa metsiköissä kuin hyvissä metsiköissä. Levä oli yleisempää ja sormipaisukarpeen peittävyys oli suurempi kohtalaiseksi luokitelluissa metsiköissä kuin hyväksi luokitelluissa metsiköissä. Koska havaintoalojen soveltuvuuden luokittelu perustuu erityisesti alan soveltuvuuteen jäkälän esiintymiselle, on soveltuvuuden vaikutus jäkälämuuttujiin odotettua.

Metsätyypillä oli vaikutusta jokaiseen ilmanlaatua kuvaavaan muuttujaan. Ilmanpuhtausindeksin arvot ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälän lukumäärät olivat pääsääntöisesti suurempia pareittaisten vertailujen karummissa metsätyypeissä, esi-

merkiksi puolukkatyyppin (VT) metsiköissä verrattuna mustikkatyyppin (MT) metsiköihin tai jäkälätyyppin (CIT) metsiköissä verrattuna kanervatyyppin (CT) metsiköihin. Sormipaisukarpeen vaurioaste ja yleinen vaurioaste olivat puolestaan pääsääntöisesti suurempia ja levä yleisempää pareittaisten vertailujen rehevämmissä metsätyypeissä (esimerkiksi OMT-tyyppin metsiköissä verrattuna VT-tyyppin metsiköihin). Bioindikaattorialojen metsätyypit painottuivat tutkimuksessa alueellisesti siten, että MT- ja VT-metsätyypit painottuivat taajama-aloille ja tausta-aloille painottuivat taas karummat CT- ja CIT-metsätyypit. Tämä voi osaltaan selittää IAP-indeksin ja jäkälien lajilukumäärän suuremmat arvot, levän harvemman esiintymisen ja vaurioasteiden pienemmät arvot karuimmista metsätyypeissä. Rehevämmissä metsätyypeissä, kuten käenkaali-mustikkatyyppin (OMT) ja MT-tyyppin metsätyypeissä on myös sulkeutuneempi latvuskerros ja enemmän kasvillisuutta pensaskerrossa, jolloin näiden aiheuttama varjostus heikentää jäkälien elinmahdollisuuksia ja pienentää IAP-indeksiä ja lajilukumäärää ja vastaavasti lisää jäkälien vaurioita.

Luppojen peittävyys oli suurempi pareittaisten vertailujen karummissa metsätyypeissä. Lupot ovat herkkiä ilman epäpuhtauksille, joten niiden suurempi peittävyys karuimmista metsätyypeissä selittyy edellä mainitulla bioindikaattorialojen alueellisella jakautumisella. Samoin rehevempien metsätyyppien kasvillisuuden aiheuttama varjostus voi vaikuttaa myös luppoihin. Sormipaisukarpeen peittävyys oli pareittaisissa vertailuissa suurempi pääsääntöisesti rehevämmissä metsätyypeissä. Sormipaisukarve on vahva kilpailija ja se on voinut vallata rehevämmissä metsätyypeissä tilaa muilta näissä metsätyypeissä heikommin menestyviltä jäkälälajeilta (ks. edellä).

IAP-indeksin arvot ja ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajimäärä olivat pääsääntöisesti pienempiä ja sormipaisukarpeen vaurioaste ja yleinen vaurioaste olivat suurempia ja levä yleisempää muu-luokan metsätyypeissä verrattuna muihin tarkemmin määriteltyihin metsätyypeihin. Nämä voivat selittyä sillä, että luokka sisältää mm. taajamien puistometsiköt, joihin kohdistuu enemmän ilman epäpuhtauksien vaikutuksia. Muu-luokan metsätyypit painoittuivatkin tutkimuksessa taajama-aloille (taulukko 4). Lisäksi muu-luokkaan voi kuulua bioindikaattoritutkimukseen ylipäättänsä huonosti soveltuvia kasvillisuustyyppisiä, kuten soistuneita metsätyyppejä.

Taulukko 1. Taustamuuttujien perusteella tarkasteltujen muuttujien tilastollisten analyysien testisuureet ja niiden merkitsevyydet (p). Melkein merkitsevä (p < 0,05) testituloksella merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä (p < 0,01) kahdella (**), ja erittäin merkitsevä (p < 0,001) kolmella (***).

Tarkasteltu muuttuja	Metsätyyppi		Kehitysluokka		Soveltuvuus	
	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney		Kruskal-Wallis	
	testisuure	p	testisuure	p	testisuure	p
Sormipaisukarpeen vaurioaste	38,341	0,000***	-6,578	0,000***	0,648	0,723
Yleinen vaurioaste	107,798	0,000***	-1,180	0,238	33,754	0,000***
Lajimäärä	41,220	0,000***	-0,077	0,939	5,382	0,068
Ilmanpuhtausindeksi	114,354	0,000***	-0,421	0,674	28,324	0,000***
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	43,696	0,000***	-7,097	0,000***	4,817	0,090
Luppojen peittävyys %	22,229	0,000***	-2,693	0,007**	4,218	0,121
Levän yleisyys	59,713	0,000***	-2,748	0,006**	11,810	0,003**

Jatkuvien taustamuuttujien ja tutkittujen muuttujien välisiä korrelaatioita on tarkasteltu taulukossa 2. Puiden iän ja sormipaisukarpeen peittävyys ja levän yleisyyden välillä oli erittäin merkitsevä korrelaatio. Korrelaatioiden suunta oli molemmilla muuttujilla vastakkainen, eli mitä vanhempia puita, sitä pienempi sormipaisukarpeen peittävyys sekä sitä vähemmän levää puilla havaittiin. Sormipaisukarpeen peittävyys ja puuston iän osalta havaittu korrelaatio vahvistaa luokiteltujen taustamuuttujien Kruskall-Wallis ja Mann-Whitneyn testien antamaa tulosta, jonka mukaan sormipaisukarpeen peittävyys oli suurempi varttuneissa kuin kypsissä metsissä. Levän yleisyyden osalta sen sijaan tulos on päinvastainen, sillä Kruskall-Wallis ja Mann-Whitneyn testeissä saatiin tulokseksi, että levä on yleisempää kypsissä metsiköissä kuin varttuneissa metsiköissä. Alojen jakaantuminen tausta- ja taajama-alueille voi kuitenkin vaikuttaa testien päinvastaisiin tuloksiin, ja toisaalta ne osoittavat, että puuston ikä ei ole ensisijainen levän yleisyyteen vaikuttava tekijä. Sen sijaan sormipaisukarpeen peittävyys osalta puuston iän merkitys on suuri, mikä heikentää peittävyysarvoa ilmanlaadun indikaattorina.

Puiden pituudella ja tutkituilla muuttujilla oli useita erittäin merkitseviä korrelaatioita, joiden korrelaatiokertoimet kuitenkin olivat melko pieniä. Negatiivinen korrelaatio oli IAP-indeksillä, luppojen peittävyydellä ja lajilukumäärällä, eli mitä pidempiä puut olivat, sitä pienempi oli tutkitun muuttujan arvo. Positiivinen korrelaatio oli sormipaisukarpeen peittävyydellä ja yleisellä vaurioasteella. Negatiiviset korrelaatiot voivat liittyä kallioisten paikkojen, joilla männyt eivät päässeet kasvamaan erityisen pitkiksi, runsauteen aineistossa. Näillä alueilla jäkälän, etenkin herkkien lajien, kasvuolosuhteet olivat yleensä melko hyviä verrattuna rehevimpiin metsätuotteen alueisiin, joissa puutkin olivat pidempiä.

Pohjapinta-alan ja IAP-indeksin välillä havaittiin erittäin merkitsevä negatiivinen korrelaatio, eli mitä suurempi pohjapinta-ala, sitä pienempi IAP-indeksi. Tämä vahvistaa oletusta, että erityisesti ilman epäpuhtauksille herkät jäkälälajit kärsivät myös puuston aiheuttamasta varjostuksesta. Positiivisia erittäin merkitseviä korrelaatioita havaittiin pohjapinta-alan ja sormipaisukarpeen peittävyys, yleisen vaurioasteen ja levän yleisyyden välillä. Sormipaisukarve ja levä eivät niinkään kärsi varjostuksesta, vaan voivat päinvastoin runsastua muiden lajien kilpailun vähentyessä. Tiheässä metsikössä puiden runkonalun mukana tulevien ravinteiden määrä voi olla myös suurempi kuin harvoissa männiköissä, millä olisi mahdollisesti vaikutusta levän yleisyyteen.

Puiden halkaisijan ja IAP-indeksin sekä lajilukumäärän välillä havaittiin negatiiviset erittäin merkitsevät korrelaatiot. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä paksumpia männyt olivat, sitä vähemmän niillä havaittiin lajeja. Sen sijaan halkaisijan ja sormipaisukarpeen vaurioasteen ja yleisen vaurioasteen välillä havaittiin positiiviset korrelaatiot, mitkä viittaavat kuitenkin samanlaiseen vasteeseen kuin lajilukumäärällä ja IAP-indeksillä, eli mitä paksumpia puita, sitä suuremmat vauriot. Tähän voi vaikuttaa erittäin iäkkäiden puiden sijoittuminen taajamien puistomaisiin metsiin, joissa myös lajisto on köyhtyneempää ja vauriot suurempia kuin tausta-alueilla.

Taulukko 2. Muuttujien väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

n = 765	Puiden ikä	Puiden pituus	Pohjapinta-ala	Puiden halkaisija
Puiden pituus	-0,002	1		
Pohjapinta-ala	-0,179***	0,286***	1	
Puiden halkaisija	0,320***	0,361***	0,038	1
IAP	-0,099**	-0,150***	-0,122***	-0,235***
Sormipaisukarpeen peittävyys %	-0,427***	0,178***	0,199***	-0,074*
Luppojen peittävyys %	0,038	-0,173***	-0,048	-0,082*
Sormipaisukarpeen vaurioaste	0,078*	-0,114**	0,072*	0,142***
Yleinen vaurioaste	0,048	0,211***	0,159***	0,252***
Lajilukumäärä	-0,107**	-0,173***	-0,097**	-0,161***
Levä	-0,209***	-0,039	0,249***	0,106**

Taajama-tausta-vertailu

Havaintoalojen jakaantuminen tausta- ja taajama-aloille taustamuuttujien suhteen

Havaintoalojen jakautumista taustamuuttujien suhteen taajama- ja tausta-aloille on tarkasteltu jatkuvien muuttujien osalta taulukossa 14 ja luokiteltujen muuttujien osalta taulukossa 15. Jatkuvista taustamuuttujista ainoastaan tutkimuspuiden läpimitalla oli tilastollisesti merkitsevä eroa tausta-alueilla ja taajamassa sijaitsevien alojen välillä (taulukko 3): puut olivat paksumpia taajamassa kuin tausta-alueilla sijaitsevilla havaintoaloilla. Puiden pituuden ero tausta- ja taajama-aloilla oli tilastollisesti lähellä merkitsevää: tutkimusrungot olivat jonkin verran pidempiä tausta-alueilla kuin taajamassa. Havaintoalojen puuston pohjapinta-aloissa ei ollut eroja taajama- ja tausta-alueiden välillä.

Havaintoalat jakautuivat taajama- ja tausta-aloille epätasaisesti kehitysluokan ja metsätyyppin suhteen, sen sijaan soveltuvuuden suhteen eroja ei ollut (taulukko 4). Kypsäksi luokiteltuja havaintoaloja oli enemmän taajamassa ja varttuneita aloja tausta-alueilla. Rehevämmät ja muu-luokan metsätyyppit painoittuivat tutkimuksessa taajamaan ja karumpia metsätyyppijä (CT, CIT) esiintyi enemmän tausta-alueilla.

Taulukko 3. Jatkuvat taustamuuttujat tausta- ja taajama-aloittain tarkasteltuna. Taulukossa ovat myös tilastolliset testisuureet ja merkitsevyystasot (p). Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

Tarkasteltu muuttuja		Keskiarvo	Keskiahajonta	Mann-Whitney	
				testisuure	p
Ikä	taajama	95,2	1,00	57689,5	0,328
	tausta	93,9	0,59		
Pituus	taajama	17,0	0,23	54312,5	0,051
	tausta	17,6	0,16		
Pohjapinta-ala	taajama	19,2	0,41	60052,0	0,694
	tausta	19,4	0,24		
Läpimitta	taajama	31,7	0,25	50205,0	0,000***
	tausta	30,7	0,14		

Taulukko 4. Luokittelevien taustamuuttujien tausta- ja taajama-alojen suhteen tehdyn riippumattomuustestin tulokset (testisuure ja p-arvo).

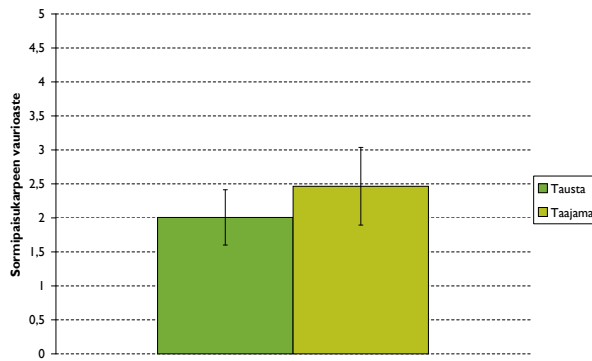
Tarkasteltu muuttuja	Riippumattomuustesti	
	X ²	p
Kehitysluokka	13,36	0,000***
Soveltuvuus	0,56	0,754
Metsätyyppi	49,95	0,000***

Tutkitut muuttujat tausta- ja taajama-aloilla

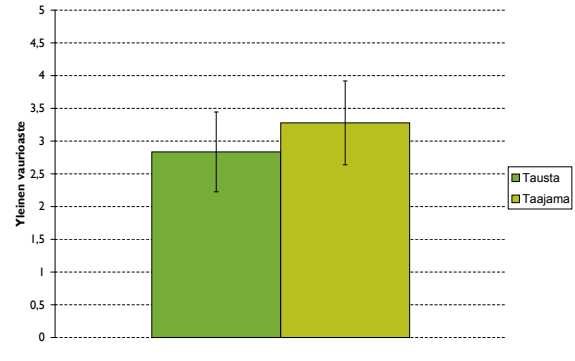
Mäntyjen runkojäkäliä kuvaavat tunnusluvut taajama- ja tausta-aloilla on esitetty taulukossa 5 sekä kuvissa 1-7. Sormipaisukarpeen vaurioaste ja yleinen vaurioaste olivat suurempia taajamassa sijaitsevilla aloilla kuin tausta-aloilla; taajama-aloilla sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin selvä ja tausta-aloilla lievä (kuva 1). Yleinen vaurioaste oli taajama-aloilla puoli vaurioluokkaa suurempi kuin tausta-aloilla (kuva 2). Tutkimuksen suurimmat vauriot havaittiin taajamassa sijaitsevalla alalla. Keskimääräiset ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärä ja ilmanpuhtausindeksi olivat suuremmat tausta-aloilla kuin taajamassa (kuva 3). IAP-indeksin mukaan tutkimuksen tausta-alojen jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyttä ja taajama-alojen köyhtynyttä (kuva 4). Tausta-aloilla havaittiin 0,8 ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia enemmän kuin taajama-aloilla (kuva 5). Tutkimuksen runsain ja monipuolisin jäkälälajisto oli tausta-alueella sijaitsevalla havaintoalalla ja köyhtynein lajisto taajama-alalla. Lupon peittävyys olivat suuremmat tausta-aloilla verrattuna taajamassa sijaitseviin aloihin. Sormipaisukarpeen keskimääräisessä peittävydessä ei ollut eroa tausta- ja taajama-alojen välillä (kuva 6). Levä oli yleisempää taajama-aloilla kuin tausta-aloilla: taajamassa levää esiintyi keskimäärin noin k uudella tutkimusrungolla, kun tausta-aloilla levää havaittiin keskimäärin vain kolmella tutkimusrungolla (kuva 7).

Taulukko 5. Mäntyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja tausta- ja taajama-aloittain tarkasteltuna. Mukana taulukossa ovat myös tilastolliset testisuureet ja merkitsevyydet (p). Melkein merkitsevä (p < 0,05) testitulokset on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä (p < 0,01) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä (p < 0,001) kolmella (***). N (taajama) = 220, N (tausta) = 556.

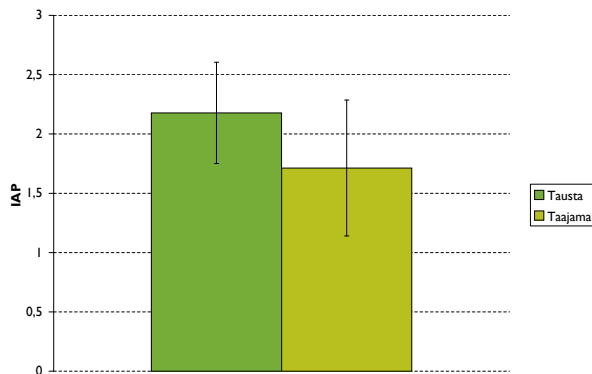
		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	Mann-Whitney	
						testisuure U	p
Sormipaisukarpeen vaurioaste	taajama	2,5	0,57	1,3	4,9	30043,5	0,000***
	tausta	2,0	0,41	1,1	3,9		
Yleinen vaurioaste	taajama	3,3	0,64	1,9	5,4	36542,5	0,000***
	tausta	2,8	0,61	1,7	6,1		
Lajimäärä	taajama	6,4	1,73	1	10	45048,0	0,000***
	tausta	7,2	1,18	3	10		
Ilmanpuhtausindeksi	taajama	1,7	0,57	0,2	3,2	32282,5	0,000***
	tausta	2,2	0,43	0,8	3,5		
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	taajama	4,3	3,80	0	26,5	58447,0	0,335
	tausta	4,0	3,67	0,05	22,8		
Luppojen peittävyys %	taajama	0,008	0,04	0	0,4	57648,5	0,021*
	tausta	0,015	0,06	0	0,5		
Levän yleisyys	taajama	6,2	3,56	0	10	32206,5	0,000***
	tausta	3,1	3,24	0	10		



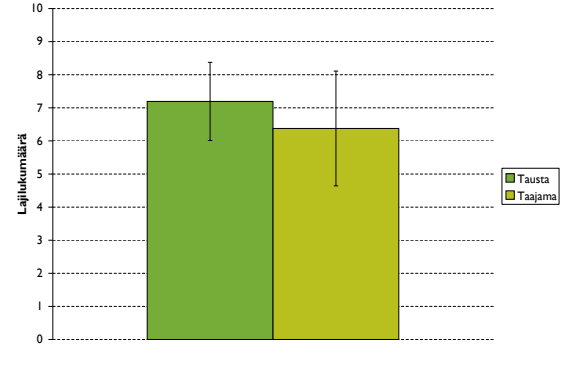
Kuva 1. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



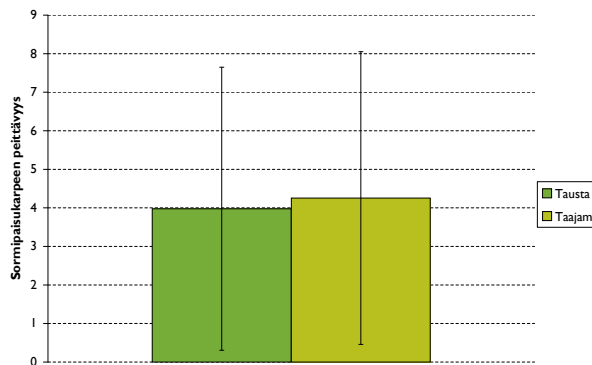
Kuva 2. Yleisen vaurioasteen keskimääräiset arvot (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



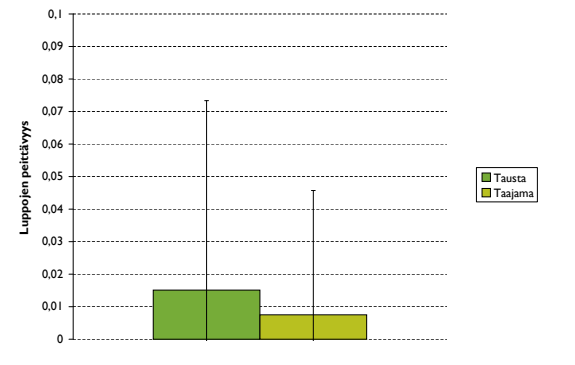
Kuva 3. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



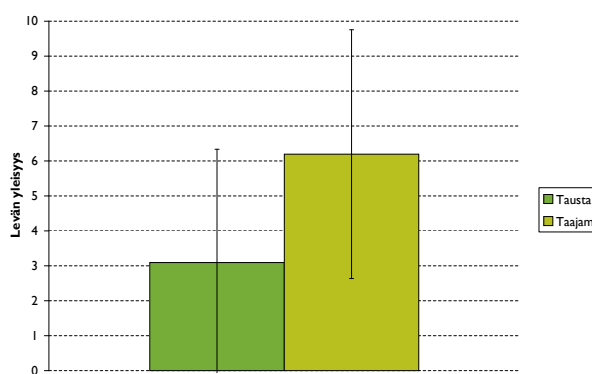
Kuva 4. Jäkälälajien keskimääräiset lukumäärät (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



Kuva 5. Sormipaisukarpeen keskimääräiset peittävydet (%) (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



Kuva 6. Luppojen keskimääräiset peittävydet (%) (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.



Kuva 7. Levän esiintyminen havaintorungoilla (\pm keskihajonta) tausta- ja taajama-aloittain.

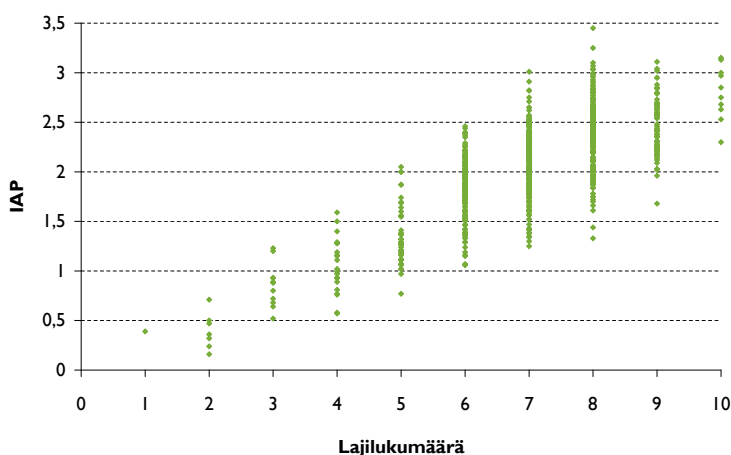
Tutkittujen muuttujien välinen riippuvuus

Tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia havaittiin useiden ilmanlaatua kuvaavien muuttujien kesken (taulukko 6). Voimakkaimpia korrelaatioita ilmanlaatua kuvaavien muuttujien välillä havaittiin IAP-indeksin ja lajilukumäärän välillä (kuva 8). IAP-indeksi lasketaan lajilukumäärän pohjalta, joten näiden muuttujien välinen positiivinen korrelaatio oli odotettavissa. Ilmanpuhtausindeksi ja lajilukumäärä korreloivat puolestaan negatiivisesti yleisen vaurioasteen kanssa (kuva 9). Sen sijaan ilmanpuhtausindeksin ja lajilukumäärän korrelaatiot sormipaisukarpeen vaurioasteen kanssa olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä, mutta korrelaatiokerroin oli melko pieni. Sormipaisukarpeen vaurioaste puolestaan korreloi yleisen vaurioasteen kanssa (kuva 10). Korrelaatiot viittaavat siihen, että muuttujat mittaavat samaa asiaa, mutta hieman eri tavoin. Lajilukumäärä ja IAP-indeksi korreloivat yleisen vaurioasteen kanssa voimallisemmin kuin sormipaisukarpeen vaurioasteen kanssa sen vuoksi, että yleinen vaurioaste huomioi erikseen lehti- ja pensasmaisten lajien esiintymisen, joten havaintopuulla havaittujen jäkälien lajimäärä vaikuttaa sen vaurioluokitukseen. Toisaalta vaurioluokitukseen vaikuttaa myös sormipaisukarpeen vaurioaste.

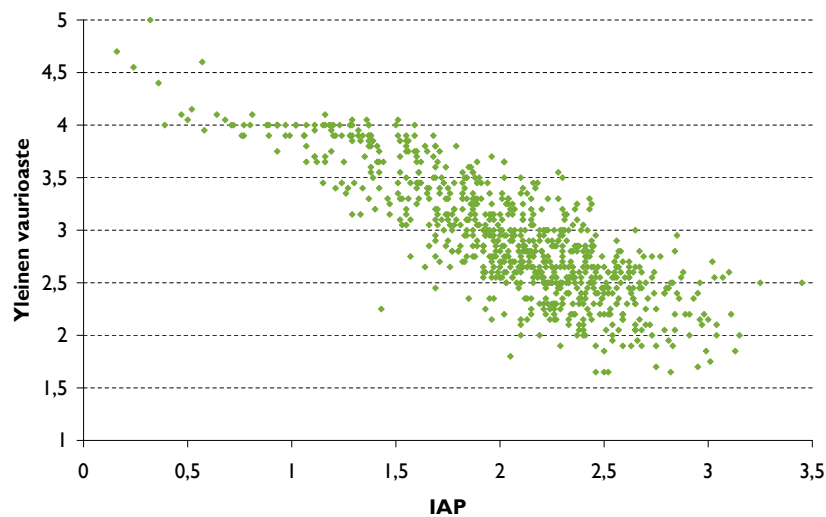
Sekä yleinen vaurioaste että sormipaisukarpeen vaurioaste olivat sitä suurempia mitä yleisempää levä oli tutkimusalalla (kuva 11). Koska levä on ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori, on luonnollista, että levän yleistyessä myös jäkälien vauriot ovat suurempia. Ilmanpuhtausindeksin ja lупpojen peittävyys välillä positiivinen korrelaatio oli myös odotettu, sillä ne molemmat ovat ilman epäpuhtauksien negatiivisia indikaattoreita eli niiden arvojen oletetaan olevan sitä suurempia mitä puhtaampaa ilma on.

Taulukko 6. Muuttujien väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

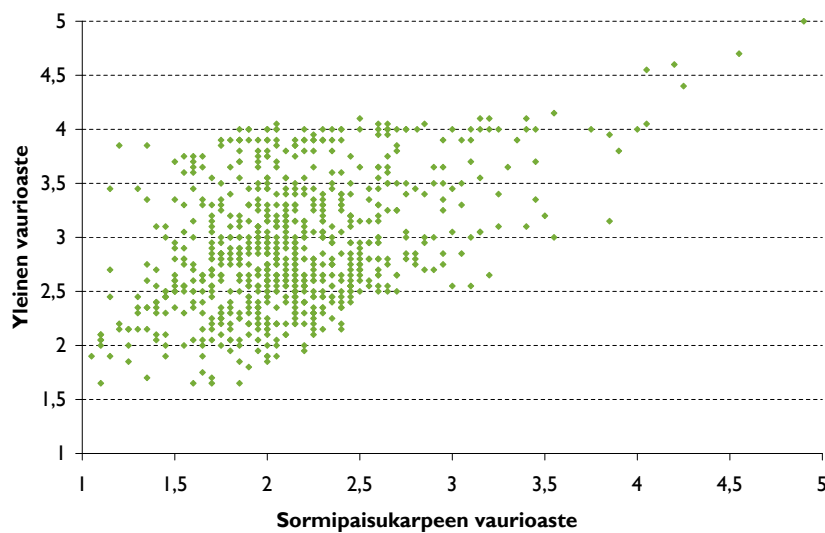
n = 765	IAP	Sormipaisukarpeen peittävyys %	Luppojen peittävyys %	Sormipaisukarpeen vaurioaste	Yleinen vaurioaste	Lajilukumäärä
Sormipaisukarpeen peittävyys %	-0,008	I				
Luppojen peittävyys %	0,322***	-0,042	I			
Sormipaisukarpeen vaurioaste	-0,225***	-0,145***	-0,046	I		
Yleinen vaurioaste	-0,795***	0,032	-0,268***	0,335***	I	
Lajilukumäärä	0,719***	0,078*	0,242***	-0,129***	-0,573***	I
Levä	-0,310***	0,260***	-0,100**	0,438***	0,390***	-0,148***



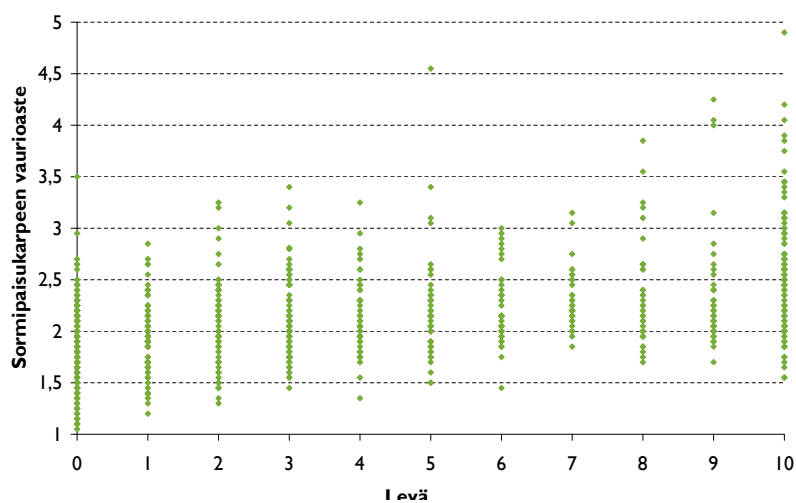
Kuva 8. IAP-indeksin ja lajilukumäärän välinen riippuvuus.



Kuva 9. IAP-indeksin ja yleisen vaurioasteen välinen riippuvuus.



Kuva 10. Sormipaisukarpeen vaurioasteen ja yleisen vaurioasteen välinen riippuvuus.



Kuva 11. Leväpitteen ja sormipaisukarpeen vaurioasteen välinen riippuvuus.

Regressioanalyysit

Regressioanalyysin avulla tutkittiin taustamuuttujien vaikutusta viiteen jäkälämuuttajaan, joiden oletetaan kuvaavan ilmanlaatua: IAP-indeksiin, ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien lajilukumäärään, sormipaisukarpeen vaurioasteeseen, sormipaisukarpeen peittävyys ja yleiseen vaurioasteeseen. Regressioanalyysissä selittäviä ilmanlaatua kuvaavia muuttujia olivat havaintopaikan etäisyys lähimpään ilmoitusvelvolliseen päästölähteeseen, lähimmän päästölähteen rikkidioksi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöt sekä EEA:n mallintamat ilman rikkidioksi-, typen oksidien ja hiukkaspitoisuudet (ks. luku 2.2.2). Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet kuvaavat keskiarvoisia pitoisuuksia vuonna 2005, mutta tietojen katsottiin olevan vertailukelpoisia, sillä jäkälälajit reagoivat ympäristön muutoksiin varsin hitaasti. Selittävinä havaintoalaa kuvaavina taustamuuttujina mallissa käytettiin havaintoalan puuston keskimääräistä ikää, pituutta, pohjapinta-alaa ja läpimittaa.

Koska ilmanlaatua kuvaavista muuttujista typen oksidien pitoisuus ja hiukkaspitoisuus korreloivat voimakkaasti keskenään, tiivistettiin niiden sisältämä informaatio pääkomponenttianalyysin avulla uudeksi PCA-muuttujaksi, ja tämä muuttuja otettiin mukaan regressioanalyysiin. Taulukoissa esiintyvä vakio kertoo ilmanpuhtausindeksin vaihtelun ”lähtötason”, jota kyseiseen muuttajaan merkitsevästi vaikuttavat selittävät muuttujat joko vähentävät tai lisäävät riippuen niihin liittyvän kertoimen etumerkistä (sarake B). Standardoitu B-kerroin kertoo puolestaan kunkin selittävän muuttujan mittayksiköstä riippumattoman vaikutuksen ilmanpuhtausindeksiin. Näiden kertoimien avulla voidaan vertailla eri muuttujien keskinäistä tärkeyttä tarkasteltavan muuttujan selittäjinä. Testisuure t:n ja p-arvon avulla voidaan tarkastella regressiomalliin kuuluvien termien (sarake B) tilastollista merkitsevyyttä.

IAP-indeksi

Kuuden selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 18,5 % ilmanpuhtausindeksin vaihtelusta. Taustamuuttujat selittivät ilmanpuhtausindeksin vaihtelusta 7,4 % ja ilmanlaatua kuvaavat muuttujat 11,1 %. Alan etäisyys päästölähteestä, puuston läpimitta ja pohjapinta-ala ennustivat parhaiten ilmanpuhtausindeksin alakohtaista arvoa. Ilmanpuhtausindeksin arvot kasvoivat, kun etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen kasvoi. Ilmanpuhtausindeksin arvot puolestaan pienenevät kun puuston läpimitta ja pohja-pinta-ala kasvoivat. Myös puuston ikä, ilman rikkidioksidipitoisuudet ja typenoksidien ja hiukkasten pitoisuudet vaikuttivat ilmanpuhtausindeksiin sitä alentavasti. Jäännösten autokorreloituneisuutta mittaava Durbin-Watsonin testisuureen pienehkö arvo ($d=1,58$) viittaa positiivisen autokorrelaation olemassaoloon, mikä voi heikentää regressiomallin estimointia. (Taulukko 7.)

Taulukko 7. Ilmanpuhtausindeksille tehdyn regressioanalyysin tulokset. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

	B	standardoitu B	testisuure t	p-arvo
vakio	3,47		18,11	0,000***
läpimitta	-0,03	-0,18	-4,98	0,000***
pohjapinta-ala	-0,02	-0,17	-5,08	0,000***
ikä	-0,004	-0,10	-2,90	0,004**
etäisyys päästölähteestä	0,02	0,26	7,47	0,000***
PCA (NO _x -pitoisuus+PM10-pitoisuus)	-0,05	-0,11	-3,12	0,002**
SO ₂ -pitoisuus	-0,13	-0,09	-2,58	0,010**

Puuston läpimitan vaikutus ilmanpuhtausindeksiin liittyy todennäköisesti havaintoalojen epätasaiseen jakaantumiseen läpimitan suhteen tausta- ja taajama-aloille, eli taajama-aloilla puut olivat keskimäärin iäkkäämpiä ja paksumpia kuin tausta-aloilla. Pohjapinta-ala puolestaan kuvaa metsätyyppin vaikutusta: rehevämmillä metsätyypeillä puusto on tiheämpää ja sulkeutuneempaa kuin kuivemmillä ja karummilla metsätyypeillä, ja jäkälät kärsivät runsaan puuston aiheuttamasta varjostuksesta.

Ilman epäpuhtauksista kärsivät jäkälälajit

Viiden selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 9,7 % ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärän vaihtelusta. Taustamuuttujat selittivät 4,7 % ja ilmanlaatuun liittyvät muuttujat 5,0 % lajilukumäärän vaihtelusta. Pienehkö selitysaste kertoo siitä, että regressiomallissa eivät välttämättä ole mukana kaikki jäkälien lajilukumäärään vaikuttavat tekijät. Puuston pohjapinta-ala ja alan etäisyys päästölähteestä ennustivat eniten ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien alakohtaisen lajilukumäärän vaihtelusta. Kun etäisyys lähimpään lupavelvolliseen päästölähteeseen kasvoi, kasvoi myös alakohtainen jäkälien lajilukumäärä. Jäkälien lajilukumäärä puolestaan pieneni kun puuston pohja-pinta-ala kasvoi. Myös puuston läpimitta, ikä ja rikkidioksidin pitoisuus vaikuttivat ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärään sitä alentavasti. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälien lajilukumäärälle tehdyn regressioanalyysin tulokset. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

	B	standardoitu B	testisuure t	p-arvo
vakio	10,23		18,59	0,000***
läpimitta	-0,05	-0,11	-3,09	0,002**
pohjapinta-ala	-0,04	-0,16	-4,39	0,000***
ikä	-0,01	-0,11	-3,03	0,002**
etäisyys päästölähteestä	0,04	0,18	4,96	0,000***
SO ₂ -pitoisuus	-0,34	-0,09	-2,39	0,017*

Ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien määrä ei ollut yhtä hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori kuin IAP-indeksi. Tämä johtuu siitä, että IAP-indeksi ottaa huomioon eri lajien herkkyyden epäpuhtauksille, kun taas lajilukumäärä käsittelee herkkyydeltään erilaisia lajeja samanarvoisina. Lajimäärän ”karkeuteen” suhteessa IAP-indeksiin viittaa myös se, että ilman typpi- ja hiukkaspitoisuuksilla ei ollut lajimäärään vastaavaa vaikutusta kuin IAP-indeksiin. Muutoin lajimäärään vaikuttivat samat muuttujat kuin IAP-indeksiinkin.

Sormipaisukarpeen vaurioaste

Kuuden selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 22,6 % sormipaisukarpeen vaurioasteen vaihtelusta. Taustamuuttujat selittivät alle puolet (9,6 %) ja ilmanlaatuun liittyvät muuttujat yli puolet (10,8 %) sormipaisukarpeen vaihtelusta. Eniten sormipaisukarpeen vaurioasteen vaihtelusta ennusti rikkidioksidipitoisuus: rikkidioksidipitoisuuden kasvaessa myös sormipaisukarpeen vauriot kasvoivat. Sormipaisukarpeen vaurioaste kasvoi myös suhteessa lähimmän päästölähteen tyyppien oksidien päästöihin, puuston läpimittaan ja pohjapinta-alaan. Sormipaisukarpeen vaurioaste kasvoi myös, kun etäisyys päästölähteestä pieneni ja puiden pituus lyheni. Jännösten autokorreloituneisuutta mittaava Durbin-Watsonin testisuureen pienehkö arvo ($d=1,48$) viittaa positiivisen autokorrelaation olemassaoloon, mikä voi heikentää sormipaisukarpeelle tehdyn regressiomallin estimointia. (Taulukko 9.)

Taulukko 9. Sormipaisukarpeen vaurioasteelle tehdyn regressioanalyysin tulokset. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

	B	standardoitu B	testisuure t	p-arvo
vakio	0,352		15,25	0,000***
pituus	-0,003	-0,15	-3,87	0,000***
läpimitta	0,004	0,19	5,51	0,000***
pohjapinta-ala	0,002	0,17	4,99	0,000***
SO ₂ -pitoisuus	0,043	0,24	6,34	0,000***
etäisyys päästölähteestä	-0,002	-0,18	-5,11	0,000***
NO _x -päästö	0,000	0,08	2,33	0,020*

Taustamuuttajat selittivät parhaiten sormipaisukarpeen vaurioasteen vaihtelua regressiomallilla tutkituista muuttujista. Ilmanlaatuun liittyvien muuttujien selitysaste jäi hieman alhaisemmaksi kuin IAP-indeksillä. Sormipaisukarpeen tiedetään reagoivan rikkidioksidiin, ja tätä oletusta malli vahvisti, sillä ilman rikkidioksidipitoisuudet selittivät mallissa mukana olleista taustamuuttujista parhaiten sormipaisukarpeen vaurioasteen vaihtelua. Myös etäisyys lähimpään päästölähteeseen sekä lähimmän päästölähteen tyyppien oksidien päästöt vaikuttivat vaurioasteeseen. Puuston läpimitan vaikutus liittyy puuston sulkeutuneisuuden vaikutukseen. Puiden pituuden vaikutus voi liittyä kallioaloihin: sormipaisukarve usein kärsii kallioalojen paahteisuudesta ja kilpikaarnoittuvien mäntyjen huonosta kasvualustasta.

Yleinen vaurioaste

17,4 % yleisen vaurioasteen vaihtelusta selittyi viiden selittävän muuttujan hierarkkisella regressiomallilla. Taustamuuttajat selittivät yleisen vaurioasteen vaihtelusta 9,0 % ja ilmanlaatuun liittyvät muuttajat 8,1 %. Etäisyys lähimmästä lupavelvollisesta päästölähteestä ennusti eniten yleisen vaurioasteen alakohtaisesta vaihtelusta: yleinen vaurioaste pieneni etäisyyden kasvaessa päästölähteeseen. Myös puuston pohjapinta-ala, läpimitta ja pituus sekä tyyppien oksidien ja hiukkasten pitoisuudet selittivät merkittävän osan yleisen vaurioasteen vaihtelusta: yleinen vaurioaste kasvoi näiden muuttujien arvojen kasvaessa. (Taulukko 10.)

Taulukko 10. Yleiselle vaurioasteelle tehdyn regressioanalyysin tulokset. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***)

	B	standardoitu B	testisuure t	p-arvo
vakio	0,432		19,70	0,000***
läpimitta	0,003	0,16	4,55	0,000***
pohjapinta-ala	0,002	0,14	3,92	0,000***
pituus	0,003	0,16	4,18	0,000***
etäisyys päästölähteestä	-0,002	-0,25	-7,27	0,000***
PCA (NO _x -pitoisuus+PM ₁₀ -pitoisuus)	0,008	0,11	3,32	0,000***

Yleisen vaurioasteen regressiomalli muistuttaa muiden lajistotunnusten regressiomallia, mikä onkin odotettavaa, sillä yleinen vaurioaste pyrkii kuvaamaan useiden ilman epäpuhtauksiin reagoivien lajien muutoksia.

Sormipaisukarpeen peittävyys

Neljän selittävän muuttujan hierarkkinen regressiomalli selitti 22,1 % sormipaisukarpeen peittävyiden vaihtelusta. Taustamuuttujat selittivät 21,7 % ja ilmanlaatuun liittyvät muuttujat vain 0,7 % sormipaisukarpeen peittävyiden vaihtelusta. Puuston ikä ennusti parhaiten alakohtaista sormipaisukarpeen peittävyttä: puuston iän kasvaessa sormipaisukarpeen peittävyys pieneni. Puuston pituus, läpimitta ja pohjapinta-ala ja lähimmän lupavelvollisen teollisuuslaitoksen typen oksidien päästöt puolestaan kasvattivat sormipaisukarpeen peittävyttä. (Taulukko 11.)

Taulukko 11. Sormipaisukarpeen peittävydelle tehdyn regressioanalyysin tulokset. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) riippuvuus on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***).

	B	standardoitu B	testisuure t	p-arvo
vakio	1,14		14,18	0,000***
ikä	-0,01	-0,42	-12,75	0,000***
pituus	0,01	0,12	3,48	0,000***
pohjapinta-ala	0,004	0,09	2,57	0,010*
NO _x -päästö	0,00	0,07	2,12	0,034*

Tarkastelluista muuttujista sormipaisukarpeen peittävyys oli huonoin ilmanlaadun indikaattori. Sormipaisukarpeen peittävyiden ilmanlaadun indikaatio näkyy lähinnä kilpailuvaikutuksena: sormipaisukarve on vahva kilpailija, joka kestää ilman epäpuhtauksia melko hyvin, ja pystyy valtaamaan kuormitetuilla alueilla herkemmltä jäkälälajeilta vapautunutta kasvutilaa. Sormipaisukarpeen on myös epäilty hyötyvän tyypikuormituksesta, mitä olettaa regressiomallin tulos vahvistaa.

Yhteisöanalyysit

Ordinaatio suoritettiin sekä kahdessa että kolmessa dimensiossa jäkälälajien yleisyydelle (jäkälälajien esiintyminen havaintoalalla 0-10), jäkälälajien runsaudelle (jäkälälajien keskimääräinen runsaus havaintoaloilla 0-3) sekä jäkäläsuureille (lajilukumäärä, IAP-indeksi, sormipaisukarpeen vaurioaste, yleinen vaurioaste, sormipaisukarpeen peittävyys ja luppojen peittävyys). Havaittujen stressiarvojen perusteella (taulukko 12) taustamuuttujat sovitettiin vektoreina jäkälälajien yleisyyden kolmiakseliseen ordinaatioon ja jäkäläsuureiden kaksiakseliseen ordinaatioon (taulukot 13 ja 14).

Taulukko 12. NMDS-ordinaatioiden stressiarvot 2 ja 3 kolmen ordinaatioakselin ratkaisuille. * Optimaalinen ratkaisu.

	2 akselia	3 akselia
yleisyys	17,2	11,24 *
runsaus	17,6	12,14
jäkäläsuureet	11,32	7,32

Taulukko 13. Taustamuuttujien sovituksen tulokset jäkäläsuureille. NMDS1 ja NMDS2 ovat vektoreiden suunnan kosineja suhteessa ordinaatioakseleihin ja r2 kertoo ordinaation ja taustamuuttujien välisen riippuvuuden suuruuden. Merkitsevyydet: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001.

	NMDS1	NMDS2	r2	p-arvo
Etäisyys päästölähteeseen km	-0,89	0,587	0,101	0,000***
Päästölähteen NOx-päästö	-0,132	-0,991	0,005	0,183
Päästölähteen SO2-päästö	-0,378	-0,926	0,002	0,564
Päästölähteen hiukkaspäästö	-0,913	0,408	0	0,983
Ilman NOx-pitoisuus	0,884	0,467	0,018	0,002**
Ilman PM10-pitoisuus	0,975	-0,22	0,058	0,000***
Ilman SO2-pitoisuus	0,249	-0,969	0,077	0,000***
Ikä	-0,104	-0,995	0,171	0,000***
Pituus	0,395	0,919	0,062	0,000***
Pohjapinta-ala	0,744	0,668	0,064	0,000***
Ympärysmitta	0,589	-0,808	0,058	0,000***

Taulukko 14. Taustamuuttujien sovituksen tulokset jäkälän yleisyydelle. NMDS1, NMDS2 ja NMDS3 ovat vektoreiden suunnan kosineja suhteessa ordinaatioakseleihin ja r2 kertoo ordinaation ja taustamuuttujien välisen riippuvuuden suuruuden. Merkitsevyydet: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001.

	NMDS1	NMDS2	NMDS3	r2	p-arvo
Etäisyys päästölähteeseen km	-0,874	0,065	-0,482	0,097	0,000***
Päästölähteen NOx-päästö	0,02	-0,438	0,899	0,018	0,003**
Päästölähteen SO2-päästö	-0,057	-0,562	0,825	0,011	0,038*
Päästölähteen hiukkaspäästö	0,027	-0,625	0,78	0,009	0,06
Ilman NOx-pitoisuus	0,414	0,105	-0,904	0,017	0,005**
Ilman PM10-pitoisuus	0,934	0,05	-0,355	0,053	0,000***
Ilman SO2-pitoisuus	0,395	0,445	0,803	0,072	0,000***
Ikä	0,157	0,96	0,231	0,19	0,000***
Pituus	0,219	-0,51	-0,832	0,064	0,000***
Pohjapinta-ala	0,405	-0,912	0,069	0,065	0,000***
Ymp.mitta	0,925	0,379	0,002	0,064	0,000***

Ordinaatiokuvaajista voidaan tarkastella jäkälälajien ja havaintoalojen, jäkälälajien ja taustamuuttujien ja havaintoalojen ja taustamuuttujien välisiä suhteita. Havaintoalojen sijainti ordinaatiossa kuvastaa sitä, mitkä lajit ovat tunnusomaisia havaintoaloille ja millä taustamuuttujilla on ollut eniten vaikutusta alojen jäkäläyhteisöjen koostumukseen. Akselistossa toisiaan lähellä olevat alat ovat lajistoltaan ja lajiston yleisyyssuhteiltaan samankaltaisia.

Ilman epäpuhtauksien suhteen herkäät ja melko herkäät lajit sijoittuivat jäkälälajiston yleisyyden mukaan tehdyssä ordinaatiossa pääasiassa eri puolelle kuin ilman epäpuhtauksia kuvaavien muuttujien vektorit, mutta samalle puolelle, missä etäisyys lähimpään päästölähteeseen kasvoi. Ilman epäpuhtauksista hyötyvät lajit sijoittuivat ordinaatiossa puolestaan pääasiassa sille puolelle, missä ilman epäpuhtauksia kuvaavien muuttujien muutos on ollut suurinta. Sekä jäkälälajiston yleisyyden että jäkäläsuureiden mukaan tehdyistä ordinaatiokuvaajista voidaan myös nähdä, että keltaröyhelö viihtyy sulkeutuneissa, pohjapinta-alaltaan suurissa metsissä. Tällaisissa pohjapinta-alaltaan suurissa ja nuorehkoissa metsissä myös sormipaisukarpeen peittävyys on suuri. Seinäsuomujäkälä puolestaan viihtyy ordinaation mukaan läpimitaltaan suurimmissa ja vanhimmissa puissa. Jäkäläsuureista sormipaisukarpeen vaurioaste ja yleinen vaurioaste sijoittuivat sille puolelle jäkäläsuureiden perusteella

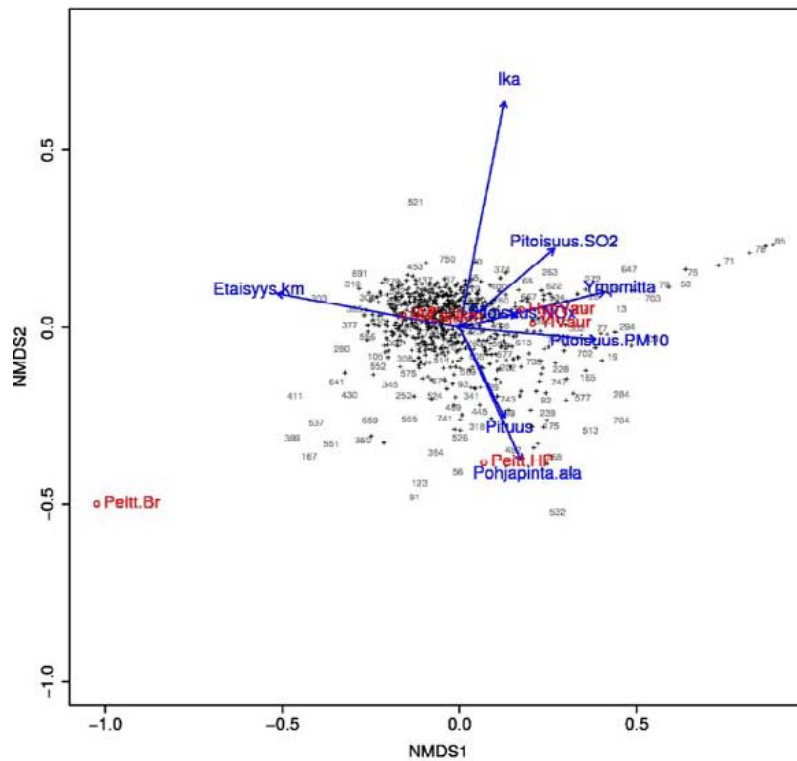
tehtyä ordinaatiota, jonne rikkidioksi- ja hiukkaspitoisuuksien vektorit osoittivat, ja ilman epäpuhtauksien negatiivinen indikaattori luppojen peittävyys sijoittui vastakkaiselle puolelle (kuvat 12 ja 13).

Jäkälien yleisyyden suhteen tehdyssä ordinaatiossa havaintoalat hajaantuivat eniten ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien, alan etäisyyden lähimpään päästölähteeseen ja puuston pituuden ja pohjapinta-alan mukaan. Selviä alojen ryhmittymisiä ei ordinaatiossa ole kuitenkaan havaittavissa. Kuormittuneimmat ja jäkälälajistoltaan köyhtyneimmät alat sijaitsivat ordinaatiossa ilman epäpuhtauksia kuvaavien vektoreiden ja ympärysmitta-vektorin suunnassa. Kuormittuneimmat alat ovatkin bioindikaattoritutkimuksissa usein suurimpien taajamien puistomaisia läpimitaltaan suuria metsiköitä, joissa myös levä on yleistä. Myös puuston pohjapinta-alaltaan suuret, iältään nuorehkot ja runsaasti keltaröyhelöä kasvavat havaintoalat, joissa sormipaisukarpeen peittävyys on suuri erottuvat ainakin ordinaation 1 ja 2 akseleita kuvaavassa kuvassa omana ulokkeenaan (kuva 12).

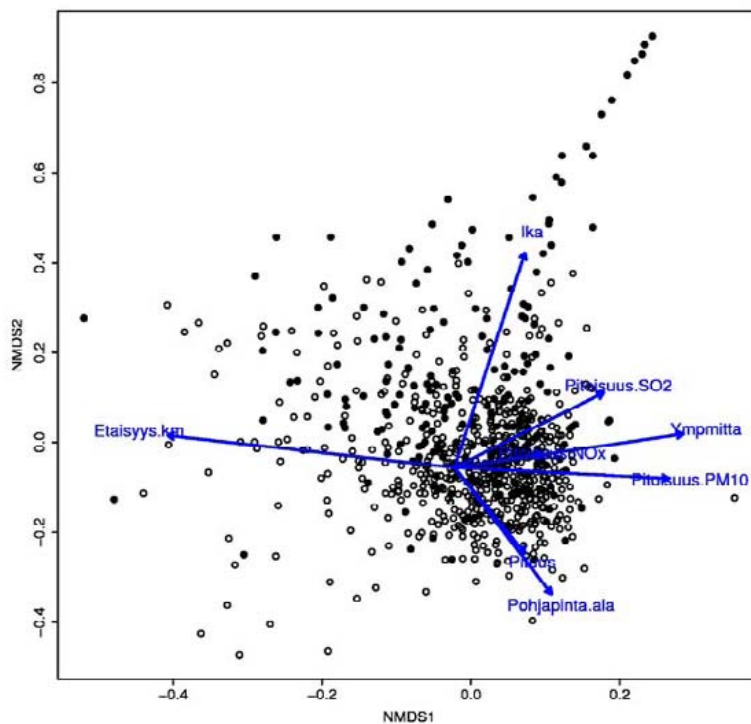
Jäkäläsuureiden mukaan tehdyssä ordinaatiossa omiksi ulokkeikseen erottuivat runsaasti luppoja kasvavat alat, sormipaisukarpeen peittävyydeltään ja puuston pohjapinta-alaltaan suuret alat ja korkeat vaurioasteet omaavat, ympärysmitaltaan suuret ja korkeiden rikkidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien alueelle sijoittuvat alat (kuva 13).

Tausta- ja taajama-alat eivät jäkäläsuureista tehdyssä ordinaatiossa erotu selkeästi omiksi ryhmikseen (kuva 14), mutta pientä alojen erottumista ordinaatioavaruudessa on havaittavissa. Ordinaatiokuvaajasta nähdään, että tausta-alat ovat tutkimuksessa pääasiassa sijainneet kauempana ilmoitusvelvollisista päästölähteistä. Osa tausta-aloista on myös sijainnut sellaisilla alueilla, joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat olleet melko alhaisia. Taajama-alojen havaintopuut ovat puolestaan olleet usein iäkkäitä.

Kaiken kaikkiaan yhteisöanalyysien tulokset vahvistavat muualla tutkimuksessa, esimerkiksi regressioanalyysissa, havaittuja tuloksia.



Kuva 13. Havaintoalojen sijoittuminen kaksiulotteiseen NMDS-ordinaatioon ns. jäkäläsuureiden mukaan. Vain merkitsevät ($p < 0,05$) taustamuuttujavektorit on sovitettu ordinaatioon.



Kuva 14. Havaintoalojen sijoittuminen kaksiulotteiseen NMDS-ordinaatioon jäkälähavainnoista laskettujen jäkäläsuureiden mukaan. Havaintoalat on luokiteltu taamaja- ja tausta-aloihin (tausta-ala = harmaa pallo, taajama-ala = valkoinen pallo). Vain merkitsevät ($p < 0,05$) taustamuuttujavektorit on sovitettu ordinaatioon.

Liite 33

Vuosien välinen vertailu

Vuosien 2004-2009 väliset muutokset

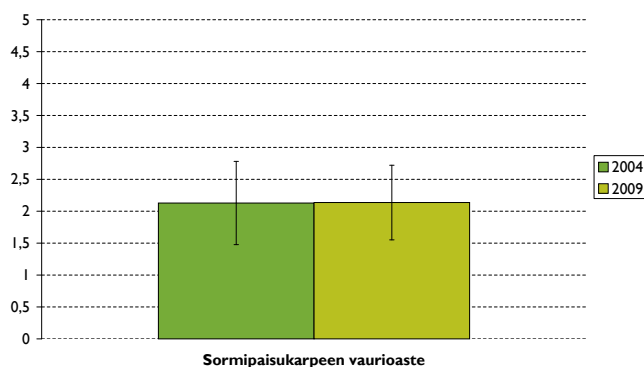
Taulukossa 1 on esitetty alakohtaisten vertailujen tulokset ilmanpuhtausindeksin, alakohtaisen lajilukumäärän, sormipaisukarpeen vaurioasteen, sormipaisukarpeen peittävyden, luppojen peittävyden ja levän yleisyyden osalta. Taulukossa on esitetty muuttujien keskiarvot, keskihajonnat, pienimmät ja suurimmat arvot sekä vuosien välisten vertailujen merkitsevyyden tason. Taulukossa 2 on esitetty runkokohtaisten vertailujen tulokset jäkälälajien runsauksien, sormipaisukarpeen ja luppojen runsauksien sekä sormipaisukarpeen vaurioasteen ja runkokohtaisen lajimäärän osalta. Taulukossa on esitetty muuttujien keskiarvot, keskihajonnat, pienimmät ja suurimmat arvot, testisuureen arvot sekä vertailun tilastollinen merkitsevyys. Kuvissa 1-4 on esitetty runkokohtaisten vertailujen tulokset sormipaisukarpeen vaurioasteen, sormipaisukarpeen peittävyden, luppojen peittävyden ja lajilukumäärän osalta kaavioina.

Taulukko 1. Männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009. Vuosien väliset parittaiset vertailut on tehty Bonferronin monivertailumenetelmällä ja sormipaisukarpeen vaurion osalta merkkiteistillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulos on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***). N = 523.

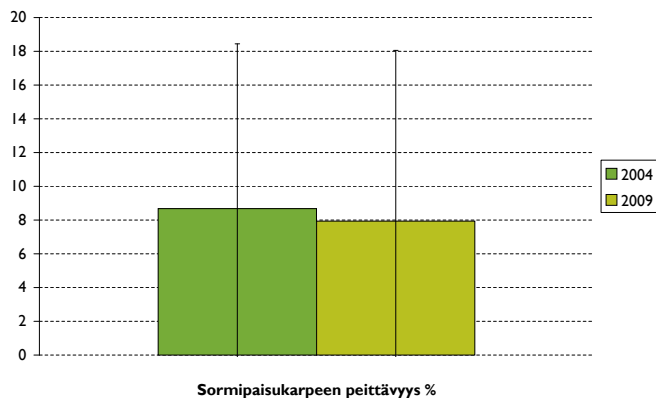
n = 523		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	p-arvo
Ilmanpuhtausindeksi	2000	2,2	0,53	0	3,20	0,000***
	2004	1,9	0,52	0,04	3,09	
	2000	2,2	0,53	0	3,20	0,000***
	2009	2,0	0,52	0,16	3,13	
	2004	1,9	0,52	0,04	3,09	0,000***
	2009	2,0	0,52	0,16	3,13	
Lajilukumäärä	2000	7,1	1,41	1	10	0,000***
	2004	6,6	1,45	1	10	
	2000	7,1	1,41	1	10	0,002**
	2009	7,0	1,40	1	10	
	2004	6,6	1,45	1	10	0,000***
	2009	7,0	1,40	1	10	
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2000	2,0	0,63	1,0	5,0	0,000***
	2004	2,2	0,57	1,1	4,8	
	2000	2,0	0,63	1,0	5,0	0,000***
	2009	2,1	0,52	1,1	4,9	
	2004	2,2	0,57	1,1	4,8	0,080
	2009	2,1	0,52	1,1	4,9	
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2000	6,5	5,52	0	47,5	0,000***
	2004	4,3	3,65	0	27,1	
	2000	6,5	5,52	0	47,5	0,000***
	2009	3,8	3,45	0	26,5	
	2004	4,3	3,65	0	27,1	0,000***
	2009	3,8	3,45	0	26,5	
Luppojen peittävyys (%)	2000	0,6	1,88	0	17	0,000***
	2004	0,2	0,84	0	10	
	2000	0,6	1,88	0	17	0,001**
	2009	0,0	0,06	0	0,5	
	2004	0,2	0,84	0	10	0,942
	2009	0,0	0,06	0	0,5	
Levän yleisyys	2000	2,2	3,02	0	10	0,000***
	2004	3,8	3,64	0	10	
	2000	2,2	3,02	0	10	0,000***
	2009	4,0	3,65	0	10	
	2004	3,8	3,64	0	10	0,463
	2009	4,0	3,65	0	10	

Taulukko 2. Männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Uudenmaan samoina pysyneillä havaintorungoilla vuosina 2004 ja 2009. Vuosien väliset parittaiset vertailut on tehty merkkitestillä. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testitulokset on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***) kolmella (***) N = 6393

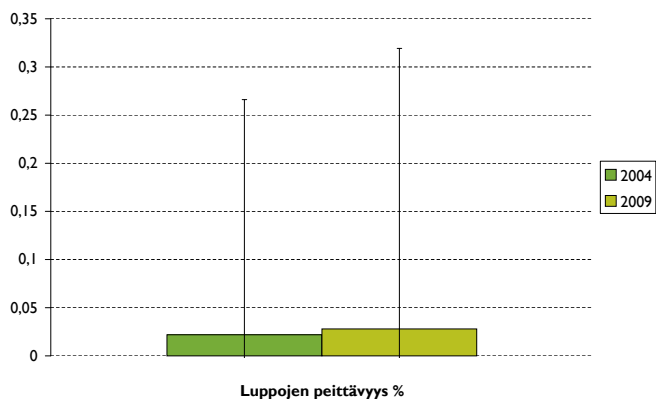
n = 6393		Keskiarvo	Keskihajonta	Pienin	Suurin	testisuure z	p-arvo
Sormipaisukarpeen runsaus	2004	2,92	0,43	0	3	-3,1	0,002**
	2009	2,93	0,39	0	3		
Keltatyvikarpeen runsaus	2004	2,79	0,63	0	3	-18,5	0,000***
	2009	2,90	0,47	0	3		
Harmaa- ja tuhkatyvikarpeiden runsaus	2004	1,16	1,20	0	3	-30,3	0,000***
	2009	1,64	1,25	0	3		
Seinäsuomujäkälän runsaus	2004	0,90	0,81	0	3	-39,2	0,000***
	2009	1,25	0,86	0	3		
Luppojen runsaus	2004	0,24	0,61	0	3	-8,9	0,000***
	2009	0,32	0,71	0	3		
Naavojen runsaus	2004	0,33	0,66	0	3	-4,7	0,000***
	2009	0,30	0,62	0	3		
Harmaaröyhelön runsaus	2004	1,66	1,32	0	3	-6,3	0,000***
	2009	1,71	1,33	0	3		
Keltaröyhelön runsaus	2004	0,35	0,79	0	3	-10,3	0,000***
	2009	0,45	0,90	0	3		
Hankakarpeen runsaus	2004	1,76	1,29	0	3	-1,2	0,224
	2009	1,77	1,28	0	3		
Ruskoröyhelön runsaus	2004	0,02	0,17	0	3	-3,2	0,001**
	2009	0,03	0,20	0	3		
Raidanisokarpeen runsaus	2004	0,01	0,08	0	3	-5,1	0,000***
	2009	0,01	0,17	0	3		
Levän ja vihersukkulajäkälän runsaus	2004	0,51	0,71	0	3	-2,5	0,011*
	2009	0,54	0,74	0	3		
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2004	0,43	0,49	0	7,4	-14,1	0,000***
	2009	0,40	0,51	0	6,3		
Luppojen peittävyys (%)	2004	0,001	0,01	0	0,4	-0,7	0,474
	2009	0,001	0,01	0	0,4		
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2004	2,13	0,65	0	5	-2,4	0,014*
	2009	2,14	0,58	0	5		
Lajilukumäärä	2004	4,54	1,43	0	9	-16,0	0,000***
	2009	4,78	1,43	0	9		



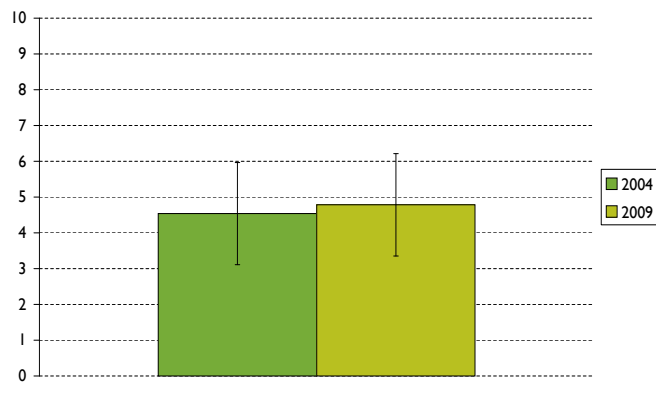
Kuva 1. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet (\pm keskihajonta) Uudenmaan samoina pysyneinä havaintorungoilla vuosina 2004 ja 2009.



Sormipaisukarpeen peittävyys %
 Kuva 2. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys (\pm keskihajonta) Uudenmaan samoina pysyneillä havaintorungoilla vuosina 2004 ja 2009.



Luppojen peittävyys %
 Kuva 3. Luppojen keskimääräinen peittävyys (\pm keskihajonta) Uudenmaan samoina pysyneillä havaintorungoilla vuosina 2004 ja 2009.



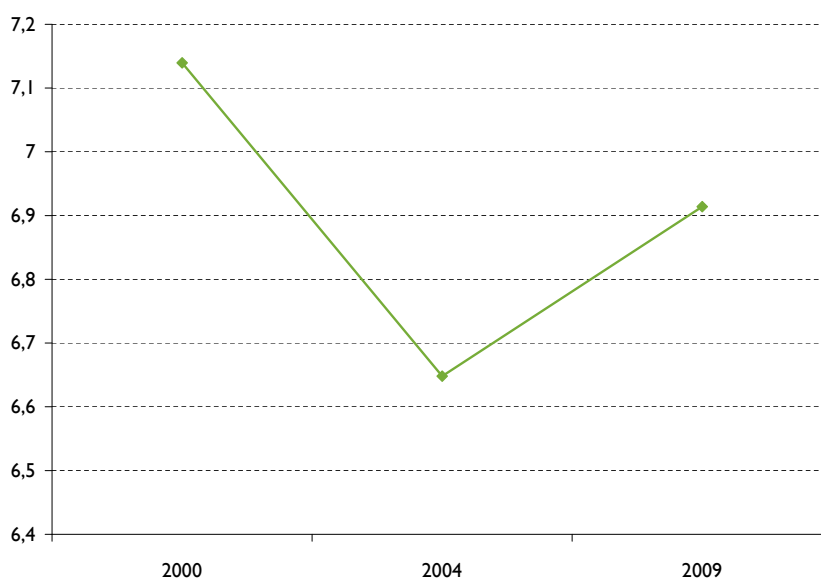
Lajilukumäärä
 Kuva 4. Ilman epäpuhtauksista karsivien jäkälien keskimääräinen lajilukumäärä (\pm keskihajonta) Uudenmaan samoina pysyneillä havaintorungoilla vuosina 2004 ja 2009.

Vuosien 2000, 2004 ja 2009 väliset muutokset

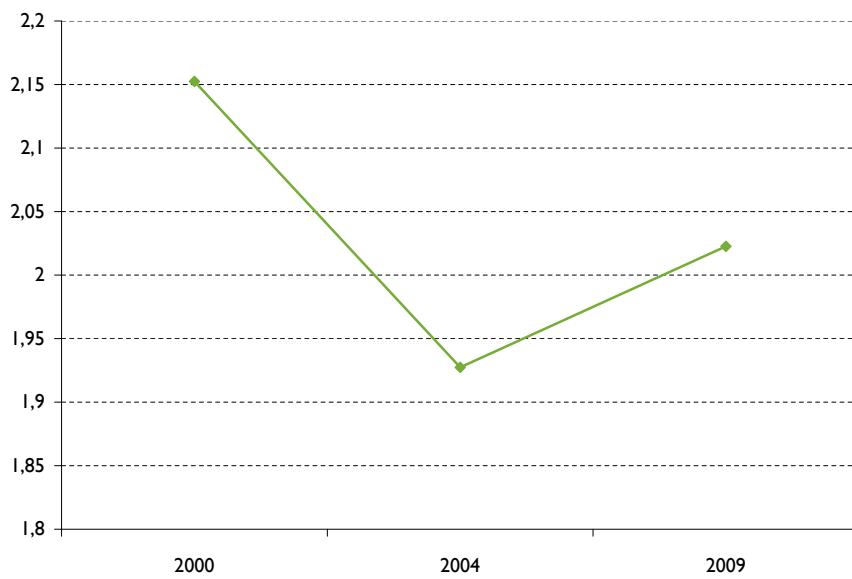
Taulukossa 3 on esitetty vuosien 2000, 2004 ja 2009 välisten vertailujen tulokset vuosi-vertailupareittain tausta- ja taajama-aloilla. Kuvissa 5-7 on esitetty ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärän, ilmanpuhtausindeksin ja sormipaisukarpeen vaurioasteen kehitys vuosina 2000-2004-2009 kaikilla aloilla.

Taulukko 3. Vuosien väliset tilastolliset vertailut tärkeimmille jäkälämuuttujille tausta- ja taajama-ajottelun suhteen tarkasteltuna. Melkein merkitsevä ($p < 0,05$) testituloks on merkitty yhdellä tähdellä (*), merkitsevä ($p < 0,01$) kahdella (**) ja erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kolmella (***). Viimeinen sarake kertoo, kummassa ryhmässä tarkasteltujen muuttujien arvot ovat olleet suurempia. N (taajama) = 215, N (tausta) = 561.

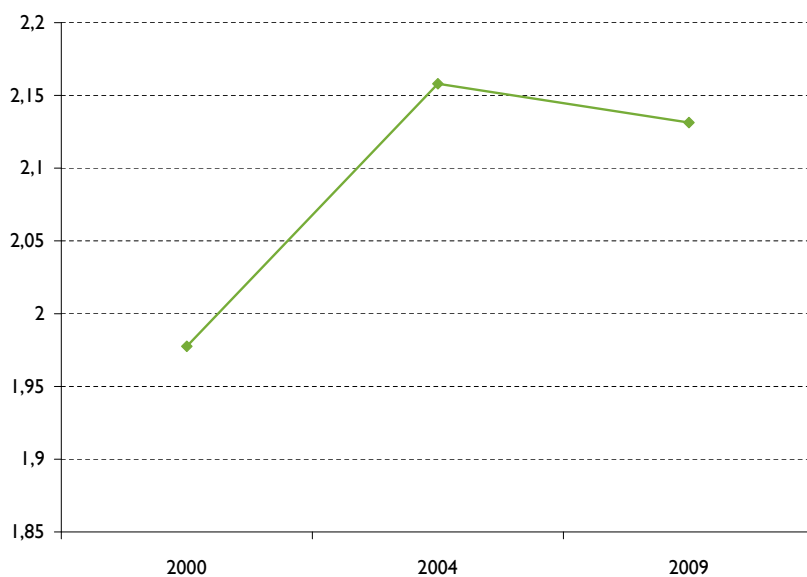
Tarkasteltu muuttuja	vertailupari	merkkitesti			
		testisuure z	p-arvo	suurempi arvo	
Sormipaisukarpeen vaurioaste	tausta	2000-2004	-7,080	0,000***	2004
		2000-2009	-7,496	0,000***	2009
		2004-2009	-0,763	0,446	
	taajama	2000-2004	-2,531	0,011*	2004
		2000-2009	0,000	1,000	
		2004-2009	-1,903	0,057	
Lajimäärä	tausta	2000-2004	-5,567	0,000***	2000
		2000-2009	-2,065	0,039*	2000
		2004-2009	-3,369	0,000***	2009
	taajama	2000-2004	-7,154	0,000***	2000
		2000-2009	-2,088	0,037*	2000
		2004-2009	-4,672	0,000***	2009
Ilmanpuhtausindeksi	tausta	2000-2004	-10,933	0,000***	2000
		2000-2009	-5,201	0,000***	2000
		2004-2009	-5,003	0,000***	2009
	taajama	2000-2004	-8,718	0,000***	2000
		2000-2009	-3,935	0,000***	2000
		2004-2009	-5,666	0,000***	2009



Kuva 5. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläjen lajilukumäärä Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 0-10). Ero vuosiparien 2000-2004 ja 2004-2009 välillä oli erittäin merkitsevä ja vuosien 2000-2009 merkitsevä.



Kuva 6. Keskimääräinen ilmanpuhtausindeksi Uudenmaan samoina pysyneillä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 0-3,5). Ero kaikkien vuosipärien välillä oli erittäin merkitsevä.



Kuva 7. Sormipaisukarpeen keskimääräiset vaurioasteet Uudenmaan samoina pysyneinä havaintoaloilla vuosina 2000, 2004 ja 2009 (vaihteluväli 1-5). Ero vuosien 2000 ja 2004 sekä 2000 ja 2009 välillä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä.

Tekijät Irene Huuskonen, Emmi Lehkonen, Toni Keskitalo ja Mika Laita		Julkaisu-aika Maaliskuu 2010	
		Toimeksiantaja(t) Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus	
		Toimielimen asettamispäivä —	
Julkaisun nimi Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2009			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ilmanlaatua on seurattu Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan alueen kunnissa käyttäen ilmentäjinä havupuita ja niiden rungoilla kasvavia jäkälää 1980-luvulta lähtien. Seuranta on toteutettu uusitun, yhteisen seurantaohjelman mukaisesti vuodesta 2000 lähtien. Ensimmäisellä kierroksella 2000–2001 osa Itä-Uudenmaan kunnista jäi yhteisen hankkeen ulkopuolelle mutta seuraavilla seurantakierroksilla 2004–2005 sekä 2009 osanotto on ollut kattavaa. Vuonna 2009 arvioitiin ilmanlaatua männyn epifyyttijäkälien esiintymisen ja kunnan perusteella.</p> <p>Tutkimusalueen päästömäärät ovat laskeneet selvästi 1980- ja 1990-luvuilta, mutta 2000-luvulla päästökehitys on ollut aaltomaista. Myös ilmasta mitattujen epäpuhtauksien pitoisuudet sekä laskeumat ovat laskeneet 2000-luvulle tultaessa selvästi verrattuna 1980- ja 1990-lukuihin. 2000-luvun alkupuoliskolla lupavelvollisten laitosten päästöt ovat kasvaneet, mutta vähentyneet vuosien 2003 ja 2004 jälkeen. Rikkidioksidipäästöt olivat 2000-luvulla suurimmillaan vuonna 2003, jonka jälkeen vuosittaiset päästömäärät ovat vaihdelleet. Tutkimusalueen suurimmat päästölähteet sijaitsivat pääkaupunkiseudulla, Porvoossa ja Inkoossa.</p> <p>Selvin jäkälämuutosalue sijoittui Helsinkiin, jossa kuitenkin jäkälälajisto oli elpynyt ja pahimmat sormipaisukarpeen vauriot lieventyneet edellisiin tutkimusvuosiin verrattuna. Muita lajistoltaan ja jäkälien kunnolta selvästi muuttuneita alueita ovat olleet Porvoo (Kilpilahti-Porvoon keskusta), Lohjan-Inkoon alue sekä Hanko. Hangossa vauriot ovat selvästi lieventyneet, samoin Lohjan-Inkoon alueella. Pienempiä vaurioituneita alueita on havaittu myös muissa osissa tutkimusaluetta, mutta vaurioiden voimakkuudessa ja vyöhykkeiden sijoittumisessa on ollut jonkin verran vaihtelua vuosien välillä. Lajistoltaan luonnontilaisinta aluetta oli Itä-Uusimaa, ja sormipaisukarpeen vaurioiden osalta terveintä aluetta Länsi-Uudenmaan pohjoisosat. Tausta-alojen jäkälälajisto oli kaikkienensa monipuolisempaa ja vauriot vähäisempiä kuin taajama-aloilla.</p> <p>Sormipaisukarpeen vauriot olivat kasvaneet Itä-Uudellamaalla verrattuna aiempaan seurantavuoteen 2004, mutta lajistossa ei ollut juuri tapahtunut muutoksia. Tervehtynyttä sormipaisukarvetta oli erityisesti Länsi-Uudenmaan pohjoisosissa. Länsi-Uudellamaalla selvimmät muutokset liittyvät jäkälälajistoon, joka on köyhtynyt vuodesta 1998 vuoteen 2004, mutta oli vuonna 2009 hieman monipuolistunut edelliseen seurantaan nähden. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lajilukumäärä olikin kasvanut vuodesta 2004 vuoteen 2009 useilla tutkimusaloilla tutkimusalueen länsiosassa.</p> <p>Lajiston köyhtyminen erityisesti vuonna 2004 johtunee alueen päästökehityksestä, sillä sekä rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästöt kasvoivat 2000-luvun alusta vuosiin 2003 ja 2004 asti, vähentyen taas sen jälkeen. Jäkälät reagoivat ilman epäpuhtauksien kuormitustasoissa tapahtuviin muutoksiin hitaasti ja voivat ilmentää kohonnutta kuormitustasoa vielä vuosia kuormituksen päättymisen jälkeenkin. Tämän vuoksi jäkälämuuttujat ilmensivät päästöjen kohoamista selvästi vuonna 2004, eivätkä ne olleet vuonna 2009 kaikilta osin vielä palautuneet 2000-luvun alun tasolle.</p>			
Asiasanat bioindikaattorit, jäkälät, ilmanlaatu, ympäristön tila, seuranta, Uusimaa, Itä-Uusimaa			
ISSN (painettu) 1798-8101	ISBN (painettu) 978-952-257-018-5	ISSN (verkkojulkaisu) 1798-8071	ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-257-019-2
Kokonaissivumäärä 184	Kieli Suomi	Hinta —	
Julkaisija Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus	Paino Edita Prima Oy, Helsinki 2010		

Författare Irene Huuskonen, Emmi Lehkonen, Toni Keskitalo ja Mika Laita		Publiceringstid Mars 2010	
		Uppdragsgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland	
		Organets tillsättningsdatum –	
Titel Uppföljning av bioindikatorer för luftkvalitet i Nyland och Östra Nyland året 2009			
<p>Referat</p> <p>Luftkvalitet har följts i kommuner i Nyland och Östra Nyland med hjälp av barrträd och deras epifytiska lavar sedan 1980-talet. Uppföljningen har genomförts med en upprepat, gemensam observationsprogram sedan år 2000. En del av Östra Nylands kommuner uteblev från den första omgången 2000–2001, men i de följande omgångarna har deltagandet varit omfattande. År 2009 uppskattades luftkvalitet med hjälp av tallens epifytiska lavar och deras kondition.</p> <p>Forskningsområdets utsläppsmängden har minskat tydligt jämfört med 1980- och 1990-tal, men på 2000-talet har utveckling av utsläppsmängden varit vågig. Också halten av föroreningar mätt i luft och från nedfall har minskat tydligt i 2000-talet jämfört med 1980- och 1990-tal. I början av 2000-talet har utsläpp från anmälningsskyldiga anläggningar ökat, men minskat igen efter åren 2003 och 2004. Utsläpp av svaveldioxid var som störst i år 2003, varefter har årliga utsläppsmängder varierat. De största utsläppskällor i forskningsområdet ligger i huvudstadsregionen, Borgå och Ingå.</p> <p>Det tydligaste området med förändringar i lavfloran är i Helsingfors. Ändå har lavfloran hämtat sig och de svåraste skador lindrat jämfört med tidigare undersökningar. Andra områden med tydligt förändringar i lavfloran var Borgå (Sköldvik-Borgå centrum), Lojo-Ingå-området och Hangö. I Hangö har skadorna minskat, och på samma sätt i Lojo-Ingå-området. I andra delar av forskningsområdet observerades mindre skadade områden, men skadornas intensitet och zonernas placering varierade mellan forsknings-åren. Den månsidigaste lavfloran fanns i Östra Nyland, och de friskaste blålavarna i norra delen av Västra Nyland. Lavfloran i bakgrundsområdena var mångsidigare och skadorna mindre än i tätorterna.</p> <p>Jämfört med tidigare undersökningen har blåslavens skador ökat i Östra Nyland, men i lavfloran hade förändringar inte skett. Blåslaven var friskare speciellt i de norra delarna av Västra Nyland. I Västra Nyland skedde de tydligaste förändringarna i lavfloran, som hade utarmats från året 1998 till 2004, men var igen i år 2009 månsidigare än i förra uppföljningen år 2004. Antal lavararter som tar skada av luftföroreningar hade ökat från år 2004 till år 2009 på flera provtytor i västra delen av forskningsområdet.</p> <p>Såväl utsläppsmängden av svaveldioxid, kväve oxider som partiklar hade ökat från början av 2000-talet till år 2003 och 2004, och minskade efter det. Det förklarar, varför lavfloran var mer utarmad i 2004 än i andra uppföljningar. Lavar reagerar långsamt på den belastningen föroreningarna orsakar, och en relativt kortfristig belastning kan ha en långvarig inverkan på lavar. Därför uttryckte lavar ökandet av utsläppsmängden tydligt i år 2004, och hade inte i år 2009 återhämtat allsidigt till nivån i början av 2000-talet.</p>			
Nyckelord bioindikatorer, lavar, luftkvalitet, miljöns tillstånd, uppföljning, Nyland, Östra Nyland			
ISSN (tryckt) 1798-8101	ISBN (tryckt) 978-952-257-018-5	ISSN (elektronisk) 1798-8071	ISBN (elektronisk) 978-952-257-019-2
Sidoantal 184	Språk Finska	Pris –	
Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		Tryck Edita Prima Ab, Helsingfors 2010	

Uudenmaan elinkeino-, liikenne-
ja ympäristökeskus
Asemapäällikönkatu 14
PL 36, 00521 Helsinki
puh. 020 63 60070
www.ely-keskus.fi/uusimaa

ISSN 1798-8101 (painettu)
ISBN 978-952-257-018-5 (painettu)
ISSN 1798-8071 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-257-019-2 (verkkojulkaisu)