



Kanta- ja Päijät-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2025

Eurofins Ahma Oy 2026

Jaakko Jokinen, Anni Maja ja Milla Yksjärvi

Kuvailulehti

Julkaisusarjan nimi ja numero: Lupa- ja valvontaviraston julkaisuja 15/2026

Osasto ja yksikkö: -

Tekijät: Jokinen Jaakko, Maja Anni ja Yksjärvi Milla

Julkaisun nimi: Kanta- ja Päijät-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2025

Tiivistelmä:

Ilmanlaatua on Kanta- ja Päijät-Hämeen seudulla seurattu bioindikaattorien avulla 1980-luvulta lähtien. Vuonna 2025 toteutettiin männyn runkojäkälätutkimus, tutkittiin sammalten ja humusten alkuainepitoisuuksia. Lisäksi humuksesta tutkittiin kemiallisia ominaisuuksia ja dioksiini- ja furaanipitoisuuksia. Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata ilman epäpuhtauksien alueellista jakaumaa ja niiden vaikutuksia sekä arvioida muutoksia pitkällä aikavälillä.

Aineisto koostui 303 jäkälähavaintoalasta, 104 sammalnäytealasta ja 105 humusnäytealasta, joista seitsemältä määritettiin lisäksi dioksiini- ja furaanipitoisuudet. Havaintoalat kattoivat kaikki tutkimusalueen kunnat.

Tulosten perusteella ilmanlaadun bioindikaattorit viittaavat pääosin lievästi heikentyneeseen ympäristön tilaan etenkin taajama-alueilla. Jäkälälajisto oli keskimäärin köyhtynyt ja vaurioitunut, erityisesti taajamien ja teollisuusalueiden läheisyydessä, kun taas tausta-alueilla lajisto oli runsaampaa. Myös sammal- ja humusnäytteiden kohonneet metallipitoisuudet keskittyivät liikenteen ja teollisuuden vaikutusalueille, ja yksittäisillä kohteilla pitoisuudet ylittivät maaperän pilaantuneisuuden ohjearvoja. Sammalen ja humuksen metallipitoisuudet kuvasivat ilmanlaadun vaihtelua jäkälämuuttujia selkeämmin.

Bioindikaattorien mittaama kuormitus heijastaa sekä paikallisia päästöjä että laajempaa alueellista taustatasoa, johon sisältyy myös mm. kaukokulkeuman ja luontaisten tekijöiden vaikutus. Päästöaineistojen tarkastelu osoitti, että typen oksidien, rikkidioksidin ja hiukkasten kokonaispäästöt ovat vähentyneet merkittävästi tarkastelujaksolla 2014–2024, mutta paikalliset lähteet, kuten liikenne, energiantuotanto ja teollisuus, vaikuttavat edelleen ilmanlaatuun yhdessä muiden tekijöiden kanssa.

Asiasanat: bioindikaattorit, jäkälät, sammalet, humus, maaperä, raskasmetallit, ilmanlaatu, ilman epäpuhtaudet, seuranta, ympäristön tila, ympäristövaikutukset.

ISBN (PDF): 978-952-428-014-3

ISSN (verkkojulkaisu): 3087-792X

URN:ISBN: 978-952-428-014-3

Julkaisun osoite: www.doria.fi

Sivumäärä: 211

Kieli: Suomi

Kustantaja /Julkaisija: Lupa- ja valvontavirasto

Kuvat: Jani Ala-Kyyny, Anni Maja

Karttojen lähde- ja käyttöoikeustiedot:

Pohjakartat sisältää Maanmittauslaitoksen Kuntajako 2025 aineistoa

Corine2018 maanpeite: Syke (osittain LUKE, MAVI, LIVI, DVV, EU, MML Maastotietokanta

01/2017) Vektoriaineisto Lähde: Syke, EEA, EU/Copernicus

SYKE avoimet paikkatietoaineistot

Informationssida

Publikationsseriens namn och nummer:

Tillstånds- och tillsynsverkets publikationer 15/2026

Avdelning och enhet: -

Sammanställd av: Jokinen Jaakko, Maja Anni och Yksjärvi Milla

Publikationens titel: Bioindikatorundersökning av luftkvaliteten i Egentliga - och Päijänne-Tavastland år 2025

Referat:

Luftkvaliteten i Egentliga- och Päijänne-Tavastland har följts upp med hjälp av bioindikatorer sedan 1980-talet. År 2025 genomfördes en undersökning av epifytiska lavar på tallstammar, och dessutom analyserades halter av grundämnen i mossor och i humus. Därutöver undersöktes humusens kemiska egenskaper samt halter av dioxiner och furaner. Syftet med undersökningen var att beskriva den regionala fördelningen av luftföroreningar och deras effekter samt att bedöma förändringar över en längre tidsperiod.

Undersökningsmaterialet omfattade 303 provytor för lavobservationer, 104 provytor för mossprovtagning och 105 provytor för humusprovtagning, av vilka sju även analyserades med avseende på halter av dioxiner och furaner. Provytorna täckte samtliga kommuner inom undersökningsområdet.

Resultaten visar att bioindikatorerna överlag indikerar ett något försämrat miljötillstånd, särskilt i tätortsområden. Lavfloran var i genomsnitt utarmad och uppvisade skador, i synnerhet i närheten av tätorter och industriområden, medan den var rikligare i bakgrundsområden. Förhöjda metallhalter i moss- och humusprover förekom främst inom områden som påverkas av trafik och industri, och vid enskilda objekt överskred halterna riktvärdena för förorenad mark. Metallhalterna i mossa och humus beskrev variationen i luftkvalitet tydligare än variabler baserade på lavdata.

Den belastning som registreras genom bioindikatorerna återspeglar såväl lokala utsläpp som en bredare regional bakgrunds nivå, vilken även innefattar påverkan från långväga transport samt naturliga bakgrundsfaktorer. Granskningen av utsläppsdata visade att de totala utsläppen av kväveoxider, svaveldioxid och partiklar har minskat avsevärt under perioden 2014–2024. Trots detta påverkar lokala källor, såsom trafik, energiproduktion och industri, fortfarande luftkvaliteten i kombination med andra faktorer.

Ämnesord: bioindikatorer, lavar, mossor, humus, mark, tungmetaller, luftkvalitet, luftföroreningar, uppföljning, miljötillstånd, miljöeffekter.

ISBN (PDF): 978-952-428-014-3

ISSN (verkkojulkaisu): 3087-792X

URN:ISBN: 978-952-428-014-3

Publikationens adress: www.doria.fi

Sidantal: 211

Språk: Finska

Utgivare: Tillstånds- och tillsynsverket

Bilder: Jani Ala-Kyyny, Anni Maja

Kartkällor och användningsrätt till kartor:

Bakgrundskartor innehåller materialet Kommunindelning 2025 från Lantmäteriverket
Corine2018 marktäcke: Syke (delvis LUKE, MAVI, LIVI, DVV, EU, Lantmäteriverkets
terrängdatabas 01/2017)

Vektordata Källa: Syke, EEA, EU/Copernicus

SYKE öppna geodatamaterial

Sisällys

Kuvailulehti.....	2
Informationssida	4
1 Johdanto	8
2 Tutkimusalue	10
2.1 Yleiskuvaus	10
2.2 Tutkimusalueen ilmanlaatu ja päästöt.....	13
2.2.1 Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa	14
2.2.2 Teollisuuden, energiantuotannon ja jätteenkäsittelyn ilmanpäästöt.....	17
3 Aineisto ja menetelmät.....	25
3.1 Havaintoalat	25
3.2 Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta	30
3.3 Havupuiden epifyyttijäkälät.....	30
3.4 Sammalet ja humukset	38
3.4.1 Sammalen alkuainepitoisuudet ja niiden määrittäminen.....	40
3.4.2 Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden määrittäminen	41
3.4.3 Humusten dioksiini- ja furaanimääritykset.....	44
3.4.4 Raja-arvot	44
3.5 Paikkatietomenetelmät.....	45
3.6 Tilastomenetelmät	46
3.7 Virhelähteet ja luotettavuus	46
3.7.1 Männyn runkojäkälät	46
3.7.2 Sammalet ja humus	48
4 Tulokset.....	50
4.1 Mäntyjen runkojäkälät.....	50
4.1.1 Sormipaisukarpeen vaurioaste.....	50
4.1.2 Yleinen vaurioaste	53
4.1.3 Jäkälälajien määrät ja yleisyys.....	55
4.1.4 Peittävyudet	58
4.1.5 IAP-indeksi	60
4.2 Sammalet	62
4.2.1 Sammalen alkuainepitoisuudet	62
4.2.2 Kooste sammalen alkuaineanalyysien tuloksista	68
4.3 Humukset	70
4.3.1 Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet.....	70
4.3.2 Humuksen alkuainepitoisuuksien vertailu PIMA-asetuksen ohjearvoihin	76
4.3.3 Humuksen vaihtohappamuus ja kationinvaihtokapasiteetti	77
4.3.4 Humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuudet sekä vertailu PIMA-asetuksen raja-arvoihin	79

4.3.5	Kooste humuksen tuloksista	82
5	Tulosten tilastollinen tarkastelu.....	84
5.1	Jäkälämuuttajat	85
5.1.1	Jäkälämuuttajien yhteisvaihtelu	85
5.1.2	Taustamuuttajien vaikutus jäkälämuuttajiin	86
5.2	Sammalten alkuainepitoisuudet	90
5.2.1	Sammalten alkuainepitoisuuksien yhteisvaihtelu.....	90
5.2.2	Taustamuuttajien vaikutus sammalten alkuainepitoisuuksiin	90
5.3	Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet	92
5.3.1	Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien yhteisvaihtelu	92
5.3.2	Taustamuuttajien vaikutus humuksen alkuainepitoisuuksiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin	92
5.4	Muuttajien yhteisvaihtelu	94
5.5	Tausta- ja taajama-alat	96
5.6	Tulosten tilastollinen tarkastelu: yhteenveto ja johtopäätökset	98
6	Vuosien välinen vertailu	101
6.1	Mäntyjen runkojäkälät.....	103
6.1.1	Tunnusluvut ja vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014	103
6.1.2	Vertailu Kanta-Hämeessä vuosina 2025, 2014 ja 2002	107
6.2	Sammalten alkuainepitoisuudet.....	107
6.2.1	Tunnusluvut Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014.....	107
6.2.2	Vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2014 ja 2025 sekä Kanta-Hämeessä 2002, 2014 ja 2025	108
6.3	Humuksen alkuainepitoisuudet.....	114
6.3.1	Tunnusluvut Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014.....	114
6.3.2	Vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2014 ja 2025 sekä Kanta-Hämeessä 2002, 2014 ja 2025	115
7	Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin	122
7.1	Mäntyjen runkojäkälät.....	122
7.2	Sammalten alkuainepitoisuudet.....	123
7.3	Humuksen alkuainepitoisuudet.....	124
8	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	127
	Lähteet	134
	Liitteet	142

1 Johdanto

Bioindikaattori on eliö, eliöyhteisö tai sen osa, joka ilmaisee ympäristön ja ekosysteemin tilaa ja niissä tapahtuvia muutoksia (Lodenius ym. 2002, Markert ym. 2004). Muutokset ilmenevät muun muassa bioindikaattorin rakenteessa, toiminnassa, kemiallisessa koostumuksessa tai alkuainepitoisuudessa tapahtuvina muutoksina (SFS 5670). Bioindikaattorit voivat ilmentää esimerkiksi epäpuhtauksien esiintymistä tai levinneisyyttä. Tässä tutkimuksessa kuvataan Kanta- ja Päijät-Hämeen maakuntien alueen ilmanlaatua ilmanlaadun bioindikaattorien, eli ilman epäpuhtauksien vaikutuksien ilmentäjien avulla. Vuoden 2025 seurannassa bioindikaattoreina käytettiin männyillä kasvavia runkojäkäliä sekä sammalten ja humuksen alkuainepitoisuuksia sekä humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuuksia. Neulasnäytteitä ja harsuuntumista ei tutkittu vuoden 2025 tutkimuksessa.

Tutkituista indikaattoreista mäntyjen epifyyttijäkäliät ovat hyviä ilmanlaadun yleisindikaattoreita, jotka reagoivat herkästi ilman epäpuhtauksiin sekä ulkomuodollaan että lajiston koostumuksen ja runsauden muutoksilla. Runkojäkäliätutkimusta täydentävät sammalesta ja humuksesta mitatut alkuainepitoisuudet sekä kemialliset ominaisuudet, jotka kuvaavat epäpuhtauksien leviämistä ja kertymistä. Epäpuhtauksien vaikutukset ilmenevät indikaattorilajeissa yleensä pitkällä aikavälillä, minkä vuoksi indikaattorimenetelmät soveltuvat erityisen hyvin pitkän aikavälin muutostrendien kuvaamiseen.

Ilmanlaadun vaikutusta bioindikaattoreihin tutkittiin edellisen kerran Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella vuonna 2014 (Ruuth ym. 2016a) ja sitä ennen Kanta-Hämeessä vuosina 2001–2002 (Niskanen & Ellonen 2002). Kanta-Hämeen alueella on tehty bioindikaattoritutkimuksia jo vuosina 1982 ja 1990–1991, jolloin keskityttiin selvittämään neulasten näkyviä oireita ja maaperän happamoitumista (Huttunen & Karhu 1984, Lamppu & Huttunen 1992). Vuosina 1994 ja 1996 Ilmatieteen laitos selvitti Hyvinkään, Riihimäen, Hausjärven, Janakkalan ja Lopen rikki- ja typpiyhdisteiden ulkoilmapitoisuuksia sekä määrittäi mäntypuuston neulasten rikki-, typpi- ja klooripitoisuuksia (Ilmatieteen laitos 1996). Lisäksi erillisiä ilmanlaadun bioindikaattoritutkimuksia on toteutettu teollisten toimijoiden kuten Kuusakoski Oy:n ja NG Nordic Finland Oy:n toimesta.

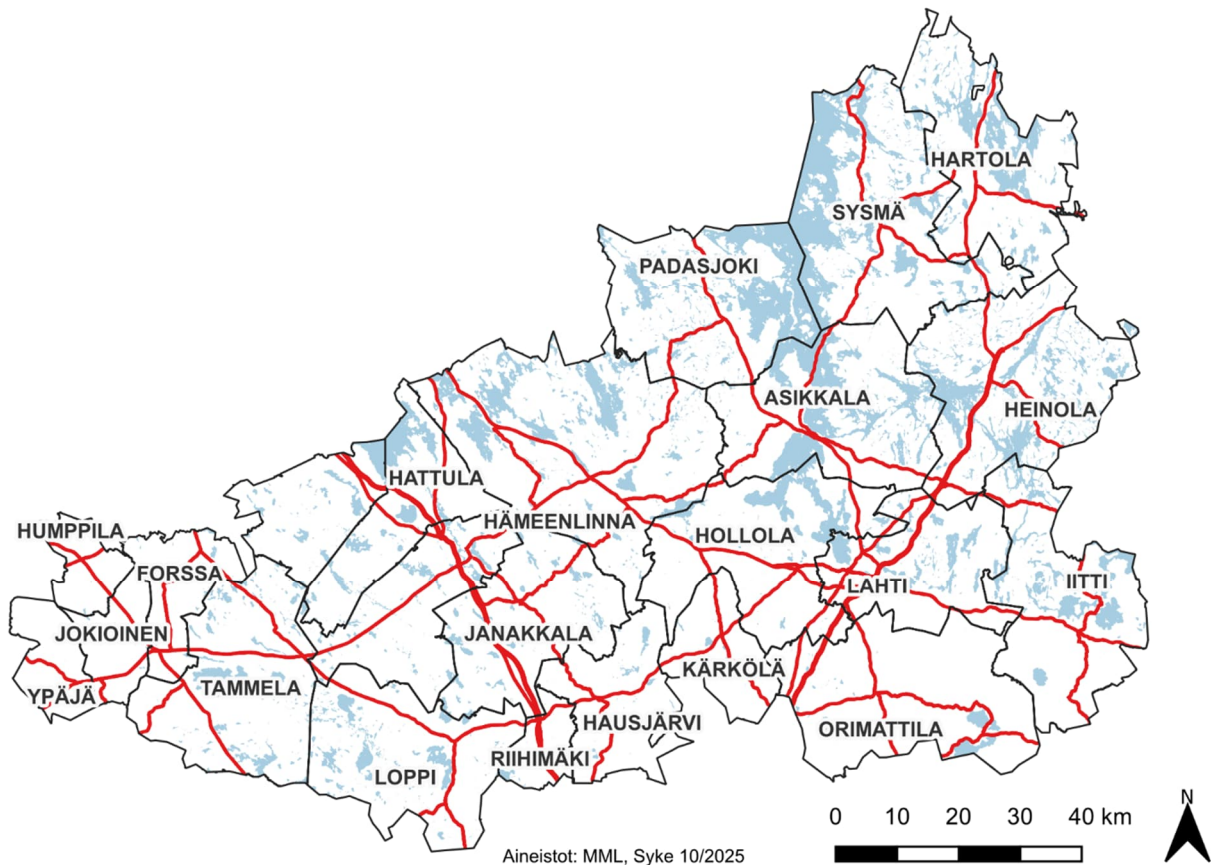
Vuonna 2025 männyn runkojäkälätutkimus toteutettiin 303 ympäri tutkimusaluetta sijoitetulla tutkimusalalla. Lisäksi sammalnäytteitä otettiin 104 alalta ja humusnäytteitä 105 alalta. Seitsemältä alalta tutkittiin myös humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuudet. Tutkimusaloina pyrittiin käyttämään aiemmissa tutkimuksissa säilyneitä aloja mahdollisuuksien mukaan. Jäkälähavainnot kultakin tutkimusalalta tehtiin viideltä puulta. Tässä raportissa esitetään vuoden 2025 seurannan tulokset, tarkastellaan tuloksia tilastollisesti ja vertaillaan tuloksia alueella aiemmin tehtyjen tutkimusten tuloksiin soveltuvien osin sekä muualla Suomessa tehtyjen tutkimusten tuloksiin.

Tutkimuksessa olivat mukana kaikki Kanta- ja Päijät-Hämeen kunnat. Kanta-Hämeen kuntia ovat Forssa, Hausjärvi, Hattula, Hämeenlinna, Janakkala, Jokioinen, Loppi, Riihimäki, Tammela, Humppila ja Ypäjä. Mukana olleista kunnista Humppila ei osallistunut vuoden 2014 tutkimukseen eikä Hattula vuoden 2002 tutkimukseen. Päijät-Hämeen kuntia olivat Hartola, Sysmä, Padasjoki, Asikkala, Heinola, Hollola, Lahti, Kärkölä, Iitti ja Orimattila. Iitti ei ole ollut mukana aiempien vuosien tutkimuksissa, koska se on liitetty osaksi Päijät-Hämeen maakuntaa vasta vuonna 2021. Nastola on puolestaan liitetty osaksi Lahtea ja Hämeenkoski osaksi Hollolaa vuonna 2016. Päijät-Hämeen kunnista Padasjoki ei ollut mukana vuosien 1999–2000 seurannassa. Tutkimusta koordinoi vuonna 2025 Hämeen ELY-keskus ja vuodesta 2026 eteenpäin Lupa- ja valvontavirasto. Tutkimuksen rahoittivat Hämeen ELY-keskus, alueen kunnat ja maakuntien liitot sekä ilmapäästöjä aiheuttavat toiminnanharjoittajat. Tutkimuksen toteutti Eurofins Ahma Oy.

2 Tutkimusalue

2.1 Yleiskuvaus

Tutkimus toteutettiin 21 kunnan alueella Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen maakunnissa (Kuva 2-1). Kuvassa alla on esitetty tutkimukseen osallistuneet kunnat sekä alueen päätiestö.



Kuva 2-1. Kanta- ja Päijät-Hämeen seutujen bioindikaattoritutkimukseen vuonna 2025 osallistuneet kunnat sekä alueen päätiestö.

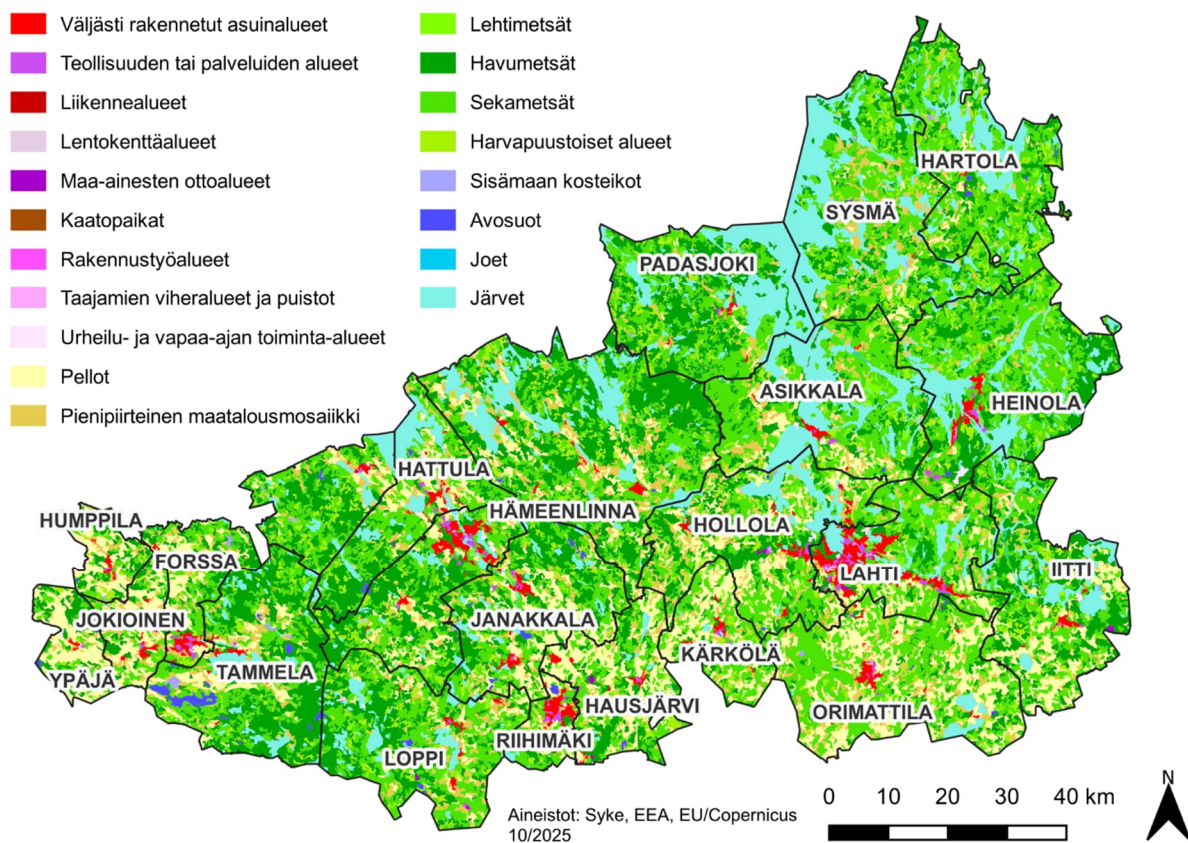
Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen alueella asuu yhteensä n. 380 000 ihmistä.

Maakuntien keskuskaupungit ovat Lahti (asukkaita noin 120 000) ja Hämeenlinna (asukkaita noin 68 000). Useiden kaupunkien myötä suuri osa Hämeen pinta-alasta on kaupunkien reunavyöhykettä tai kaupunkien läheistä maaseutua. Ydinmaaseutua on vain Kanta-Hämeen länsireunassa sekä Päijät-Hämeen kaakkois- ja pohjoisosissa. Pohjoisimmat osat Päijät-Hämeestä ovat harvaan asuttua maaseutua. Tutkimusaluetta halkovat kaakko-luoteissuunnassa 3- ja 12-tiet sekä lounas-koillissuunnassa 4-tie. Myös valtatie 10 halkoo lähes koko Kanta-Hämeen alueen länsi-itäsuunnassa. Lisäksi tutkimusalueella kulkee päärata Helsingistä pohjoiseen ja siitä Riihimäellä erkaneva rata Lahteen. (Hämeen ELY-keskus 2025.)

3- ja 4-teiden keskimääräinen vuorokausiliikenne vaihtelee 12 000 ja 40 000 auton välillä. Tien 12 liikennemäärä on keskimäärin 6 000 ja 12 000 välillä. (Väylävirasto 2025).

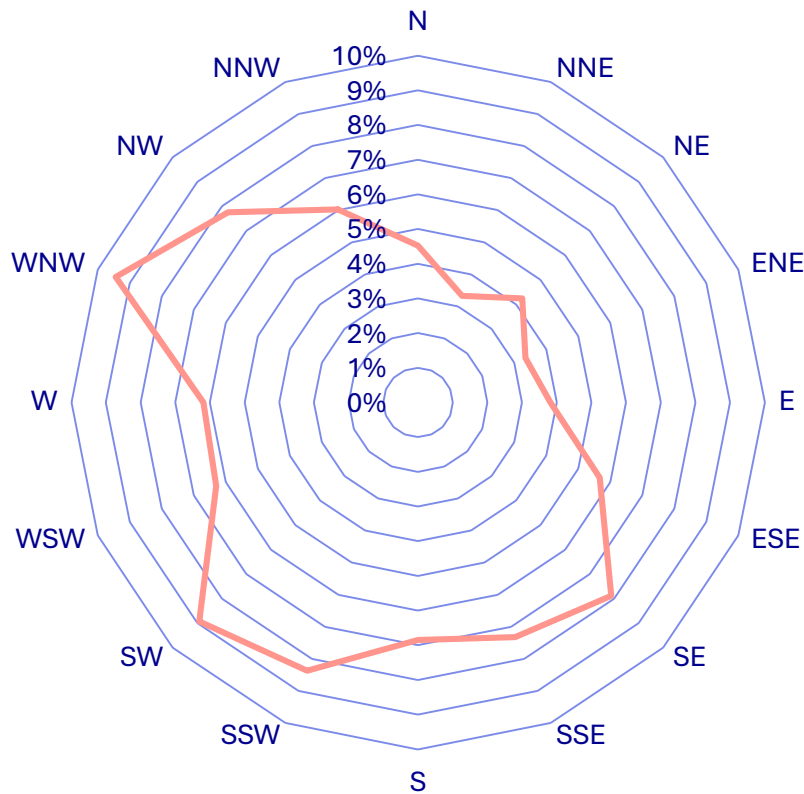
Teollisuuden osuus Kanta-Hämeen maakunnan yritysten liikevaihdosta on yli 40 %, mikä on korkeampi kuin valtakunnallinen keskiarvo 34 %. Viimeisten 15 vuoden aikana teollisuuden työpaikat ovat kuitenkin vähentyneet 22 %. Hämeenlinnan seudulla metallien jalostus on merkittävä toimiala, kun taas Forssan seudulla korostuvat elintarvikkeiden ja metallituotteiden valmistus. Puolustusteollisuuden merkitys on kasvanut kaikissa seutukunnissa. (Hämeen liitto 2025.) Päijät-Hämeen maakunnassa yli kolmannes alueen työpaikoista on joko sosiaali- ja terveystaloudessa tai teollisuudessa. Teollisuuden osuus työpaikkojen toimialajakaumassa on 21 %. Päijät-Hämeessä valmistetaan huonekaluja, juomia, vaatteita sekä viemäreitä. Lisäksi alueella on merkittävää muovi- ja sahateollisuutta sekä vahvaa ympäristötekniikan osaamista. Kauppa ja rakentaminen ovat myös suuria työllistäjiä. Suurin osa työpaikoista sijaitsee kaupunkialueilla tai kaupunkien kehysalueilla. (Päijät-Hämeen liitto 2025a & 2025b).

Kuvassa alla (Kuva 2-2) on esitetty maankäyttö tutkimusalueella Corine maanpeiteaineistojen 2018 perusteella. Suomen kasvimaantieteellisessä aluejaossa Kanta- ja Päijät-Hämeen seutu sijoittuu eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja tarkemmin vuokkovyöhykkeeseen eli lounaismaahan vyöhykkeeseen sekä pieniltä osin järvi-Suomen vyöhykkeeseen. (Suomen ympäristökeskus 2025a.) Luonnolle leimaa-antava tekijä on runsasjärvisyys, joka tasoittaa lämpötilanvaihteluita ja ohentaa talvista lumipeitettä. Maanviljelyalaa on etenkin Kanta-Hämeen etelä- ja länsiosissa. Jääkauden muovaamat Salpausselät halkovat Hämeen maakuntaa, ja pääasiallinen maalaji on moreenimaa. Tutkimusalueen eteläosissa on myös laajempia savimaa-alueita. Alueen kallioperä on pääasiassa graniittia ja migmatiittia. Päijät-Hämeen pohjoisosissa esiintyy myös granodioriittia. (Geologian tutkimuskeskus 2025).



Kuva 2-2. Maankäyttö Kanta- ja Päijät-Hämeen seudulla (Corine maanpeite 2018 (yleistetty 25ha): © SYKE, EEA).

Kuvassa (Kuva 2-3) on esitetty vallitsevat tuulensuunnat alueella vuonna 2025 Hämeenlinnan Katisen säähavaintoaseman aineiston perusteella (Ilmatieteenlaitos 2026). Alueella vallitsivat lounais- ja länsiluode- sekä kaakkoistuulet.



Kuva 2-3. Hämeenlinnan Katisen havaintoasemalla vuonna 2025 vallinneet tuulensuunnat (Ilmatieteenlaitos 2026).

2.2 Tutkimusalueen ilmanlaatu ja päästöt

Tässä luvussa esitellään tutkimusalueen merkittävimmät ilman epäpuhtauksien (typpi- ja rikkioksidien päästöt sekä hiukkaspäästöt) päästölähteet sekä päästömäärien kehitys vuodesta 2015 lähtien. Päästötiedot perustuvat ELY-keskuksen tiedonantoihin.

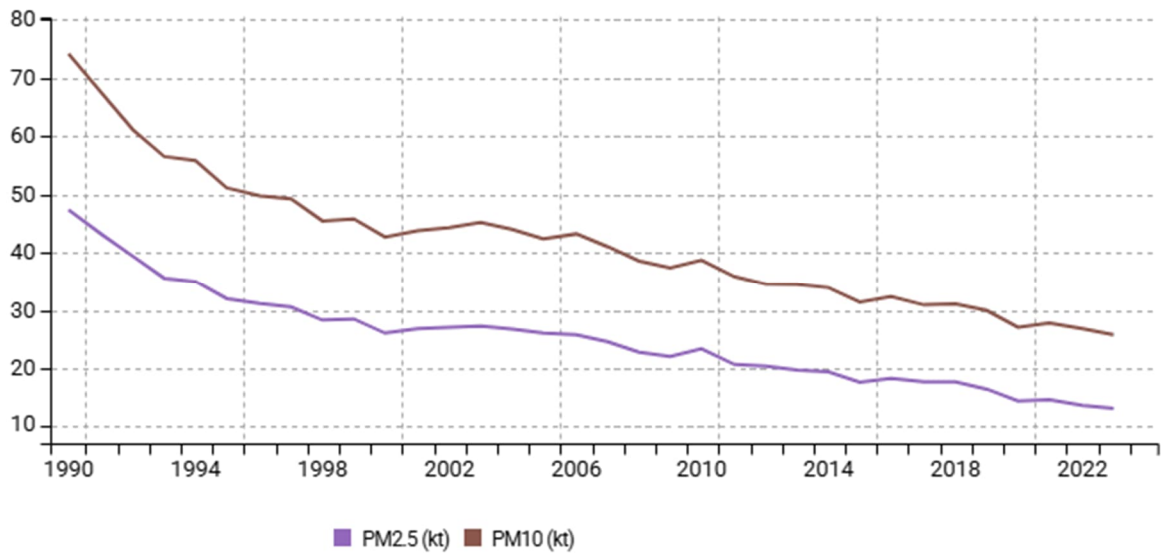
Tarkastelussa ovat mukana lupa-, ilmoitus- ja rekisterivelvolliset päästölähteet, joista aiheutuu rikki-, typpi- ja hiukkaspäästöjä sekä tieliikenteen päästöt. Teollisuuden ja energiantuotannon päästötietoja oli saatavilla vuoteen 2024 saakka, joskin tiedot olivat raportin kirjoitushetkellä osittain puutteelliset. Tieliikenteen päästötiedot olivat saatavilla vuoteen 2021 saakka.

2.2.1 Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa

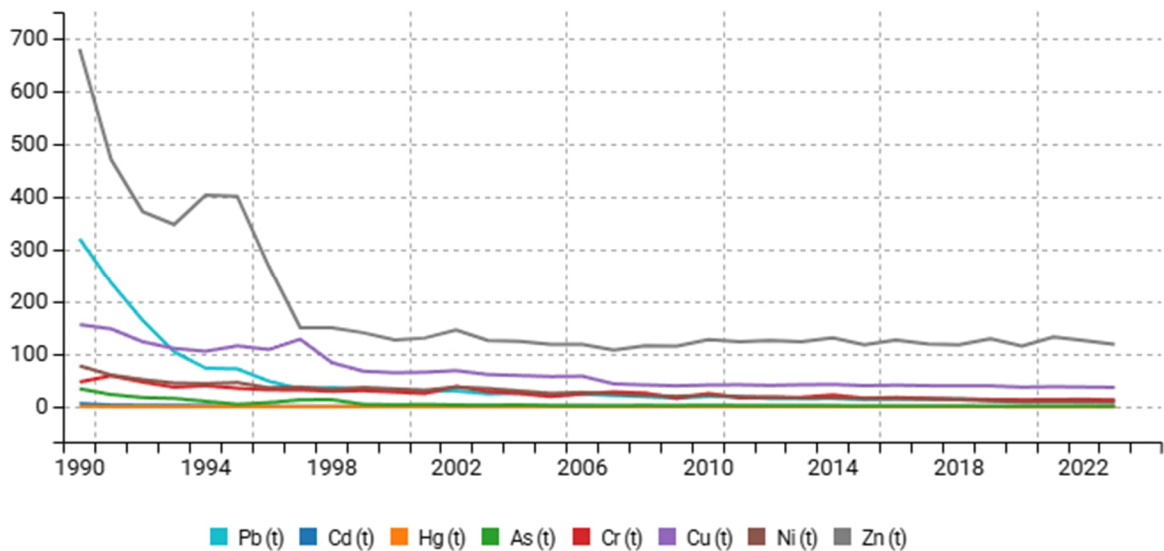
Suomen ilman epäpuhtauksien päästöt ovat vähentyneet viimeisten vuosikymmenten aikana, erityisesti rikin oksidien (SO₂) ja typen oksidien (NO_x) osalta (Kuva 2-4). Rikkidioksidipäästöt ovat laskeneet jyrkästi, mikä johtuu ennen kaikkea fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen ja raskaan polttoöljyn, käytön vähenemisestä ja polttoaineiden rikkipitoisuuden sääntelystä energiantuotannossa. Myös typen oksidipäästöt ovat pienentyneet, mikä heijastaa liikenteen ja energiantuotannon päästörajoitusten kiristymistä sekä ajoneuvokannan uusiutumista puhtaampiin teknologioihin. Hiukkaspäästöissä (PM₁₀ ja PM_{2.5}) kehitys on ollut maltillisempaa, mutta trendi on silti laskeva erityisesti energiantuotannossa, mutta toisaalta tieliikenteen katupöly ja puun pienpoltto ylläpitävät ajoittain korkeampia päästötasoja (Kuva 2-5). Raskasmetallipäästöt ovat olleet melko tasaisia 2000 luvun alusta alkaen (Kuva 2-6). Kokonaisuutena Suomen ilmanpäästöt ovat pienentyneet yli kymmenen vuoden ajan sääntelyn, päästöteknologioiden kehittymisen ja energijärjestelmän muutosten seurauksena.



Kuva 2-4. Typen ja rikin oksidien päästöjen kehitys Suomessa vuosien 1990–2022 aikana. Kuva: ympäristö.fi (2026).



Kuva 2-5. Hiukkaspäästöjen kehitys Suomessa vuosien 1990–2022 aikana. Kuva: ympäristö.fi (2026).



Kuva 2-6. Metallipäästöjen kehitys Suomessa vuosien 1990–2022 aikana.

Suomessa ilmanlaatuun vaikuttavat sekä paikalliset että kauempaa kulkeutuvat päästöt. Niiden suhteelliset vaikutukset vaihtelevat alueittain, päästölähteittäin sekä sääolosuhteiden mukaan. Paikalliset päästöt, kuten liikenne ja asuinalueiden puun pienpoltto, voivat ajoittain vaikuttaa ilmanlaatuun erityisesti heikkotuulisissa tai lämpötilainversiotilanteissa, kun taas alueellinen ja kaukokulkeutunut kuormitus muodostaa merkittävän osan ilman epäpuhtauksien taustapitoisuuksista, erityisesti pienhiukkasten osalta (Ilmatieteen laitos 2021; HSY 2025; Syke 2024).

Pienpuunpoltto on monilla alueilla merkittävä paikallinen epäpuhtauslähde. Puun poltosta syntyy pienhiukkasia, PAH-yhdisteitä ja happamia komponentteja, jotka voivat kohota erityisesti heikon ilmamassojen vaihtuvuuden ja ilman kerrostumisen aikana. Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen mukaan pienpolton merkitys ilmansaasteiden lähteenä on kasvanut, kun liikenteen ja teollisuuden päästöt ovat vähentyneet, ja sen vaikutukset korostuvat paikallisesti etenkin pientaloalueilla (THL 2024; HSY 2025). Päästöt sekoittuvat kuitenkin nopeasti muuhun taajamailmaan minkä vuoksi pienpuunpolton erottaminen taustakuormituksesta bioindikaattoritutkimuksissa on yleensä haastavaa ilman tarkkoja lisämittauksia tai erillisiä mallinnuksia (HSY 2020; Ilmatieteen laitos 2021).

Liikenteen vaikutus näkyy bioindikaattoreissa erityisesti raskasmetallipitoisuuksissa, sillä ajoneuvoliikenne on tiettyjen metallien kuten lyijyn, kuparin, sinkin, kadmiumin, kromin ja antimonin keskeinen lähde. Näitä metalleja kertyy sammaleisiin, jäkäliin ja humuskerrokseen erityisesti vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä, ja pitoisuudet voivat kohota niiden vaikutusalueilla riippumatta laajemmasta alueellisesta taustatasosta. Myös jäkäläyhteisöjen muutokset tai vaurioituminen voivat osittain olla seurausta liikenneperäisistä hiukkas- ja kaasumaisista päästöistä (Itä-Suomen yliopisto 2024; Väylävirasto 2023).

Paikallisten päästölähteiden lisäksi Suomen ilmanlaatuun vaikuttaa lisäksi kaukokulkeuma, joka voi sisältää epäpuhtauksia hyvinkin pitkien matkojen päästä. Kaukokulkeuman osuutta ei voida erottaa bioindikaattoriaineistosta sellaisenaan, sillä indikaattorit heijastavat samanaikaisesti sekä paikallista että alueellista kuormitusta. Kaukokulkeuman arviointi edellyttää taustapitoisuuksien erillismittausta tai ilmakehän leviämismallinnusta (Ilmatieteen laitos 2021; HSY 2025).

Eri päästölähteiden vaikutus riippuu myös päästökorkeudesta. Korkeat päästökohteet, kuten teollisuuden piiput, levittävät ilmapäästöä laajemmalle ja voivat nostaa alueellista taustapitoisuutta ilman, että vaikutukset näkyvät välittömästi päästölähteen lähiympäristössä. Sen sijaan matalat päästökorkeudet kuten pienpoltto ja liikenne nostavat pitoisuuksia erityisesti lähiympäristössä ja vaikuttavat siten voimakkaammin bioindikaattoreista saatuihin tuloksiin (Ilmatieteen laitos 2008; Ilmatieteen laitos 2022).

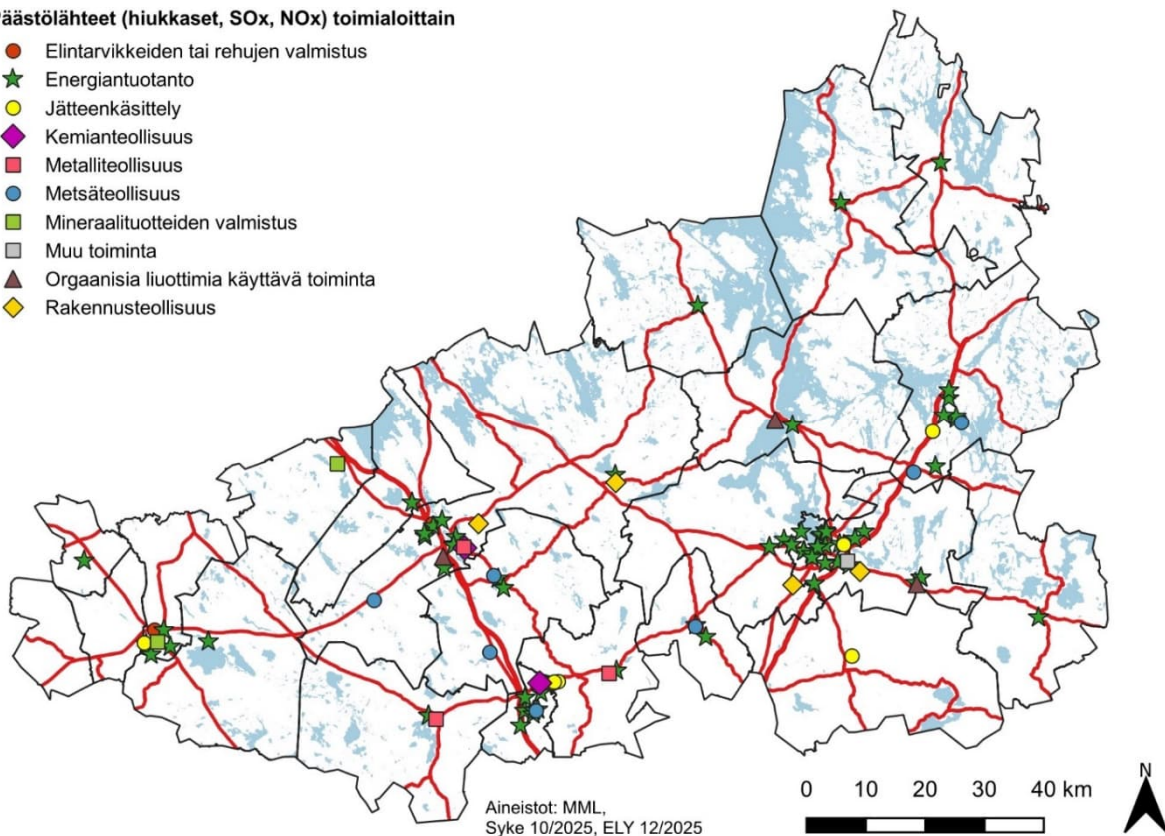
Lisäksi Suomen maanmuodot, paikalliset sääolosuhteet ja ilmastomuutos vaikuttavat epäpuhtauksien kulkeutumiseen ja kertymiseen. Korkeuserot, laaksoalueet ja metsät voivat joko hidastaa tai ohjata ilman virtausta ja johtaa epäpuhtauksien paikalliseen kasaantumiseen. Säätekijät kuten tuulen suunta ja nopeus, sateet sekä lämpötilan inversiot säätelevät niin päästöjen leviämistä ja kuin laskeutumistakin. Ilmastomuutoksen myötä lisääntyvät hellejaksot, heikkotuuliset tilanteet ja vähenevä lumipeite voivat lisätä ilman epäpuhtauksien kertymistä lähelle päästölähteitä ja vaikuttaa siihen, miten paljon epäpuhtauksia bioindikaattorit keräävät ajan kuluessa (Ilmatieteen laitos 2021; Syke 2024; Suomen ilmastopaneeli 2021).

2.2.2 Teollisuuden, energiantuotannon ja jätteenkäsittelyn ilmanpäästöt

Kuvassa (Kuva 2-7) on esitetty alueen pistemäiset päästölähteet toimialoittain niiden toimijoiden osalta, jotka ovat raportoineet päästötietoja vuonna 2024. Kuvissa (Kuva 2-8-Kuva 2-10) on esitetty tutkimusalueen teollisuuden ja energiantuotannon keskimääräiset päästömäärät vuosien 2020–2024 keskiarvopäästöjen perusteella.

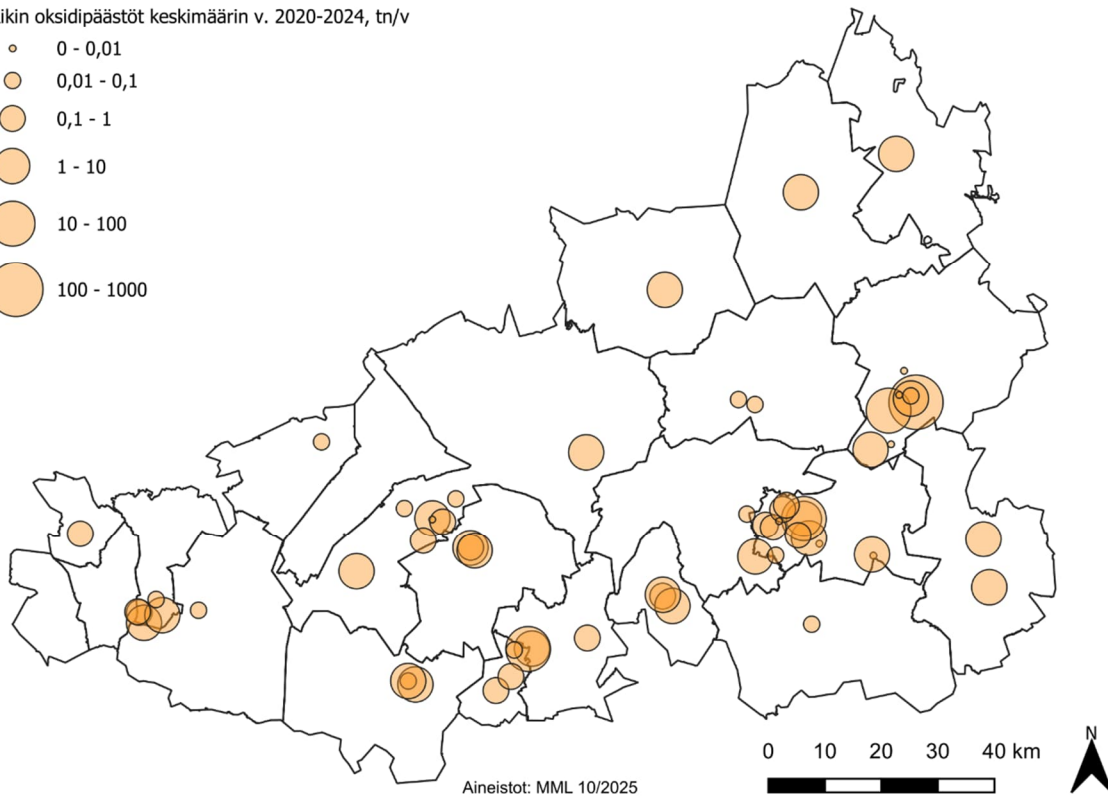
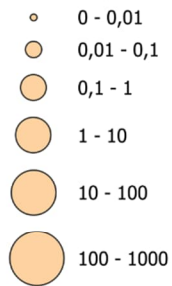
Päästölähteet (hiukkaset, SO_x, NO_x) toimialoittain

- Elintarvikkeiden tai rehujen valmistus
- ★ Energiantuotanto
- Jätteenkäsittely
- ◆ Kemianteollisuus
- Metalliteollisuus
- Metsäteollisuus
- Mineraalituotteiden valmistus
- Muu toiminta
- ▲ Orgaanisia liuottimia käyttävä toiminta
- ◆ Rakennusteollisuus



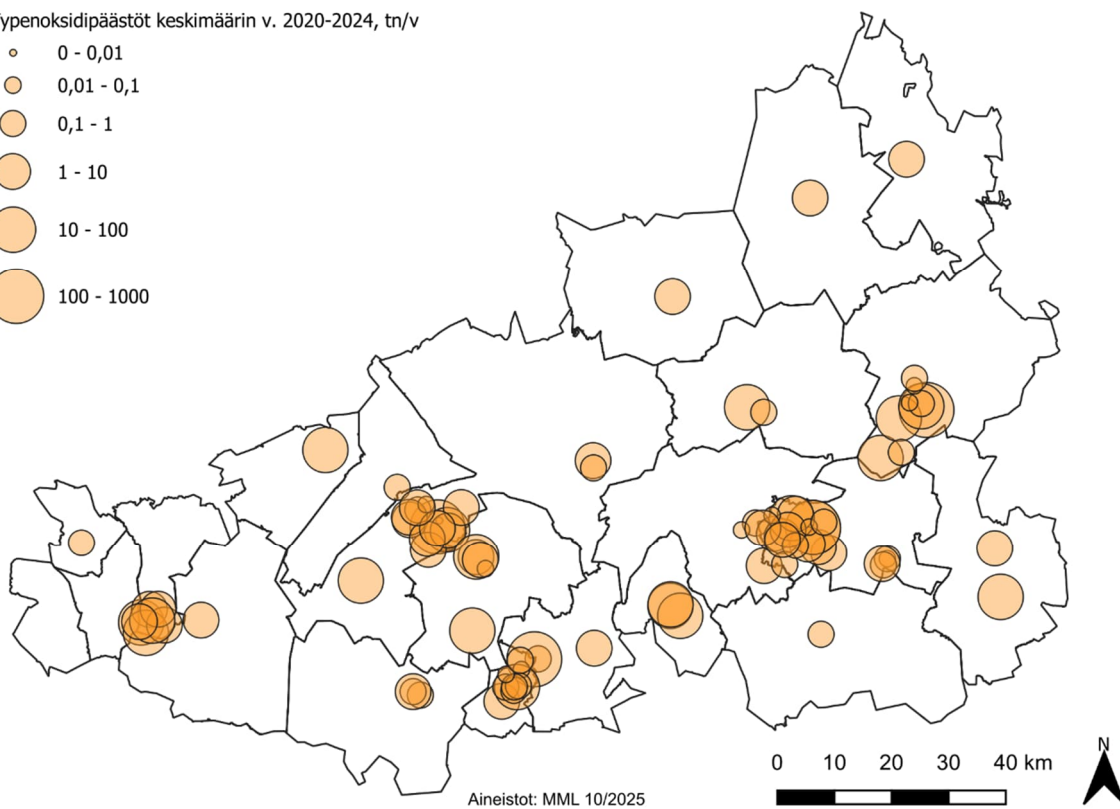
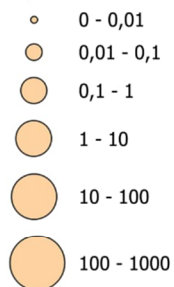
Kuva 2-7. Päästölähteet päätoimialoittain.

Rikin oksidipäästöt keskimäärin v. 2020-2024, tn/v



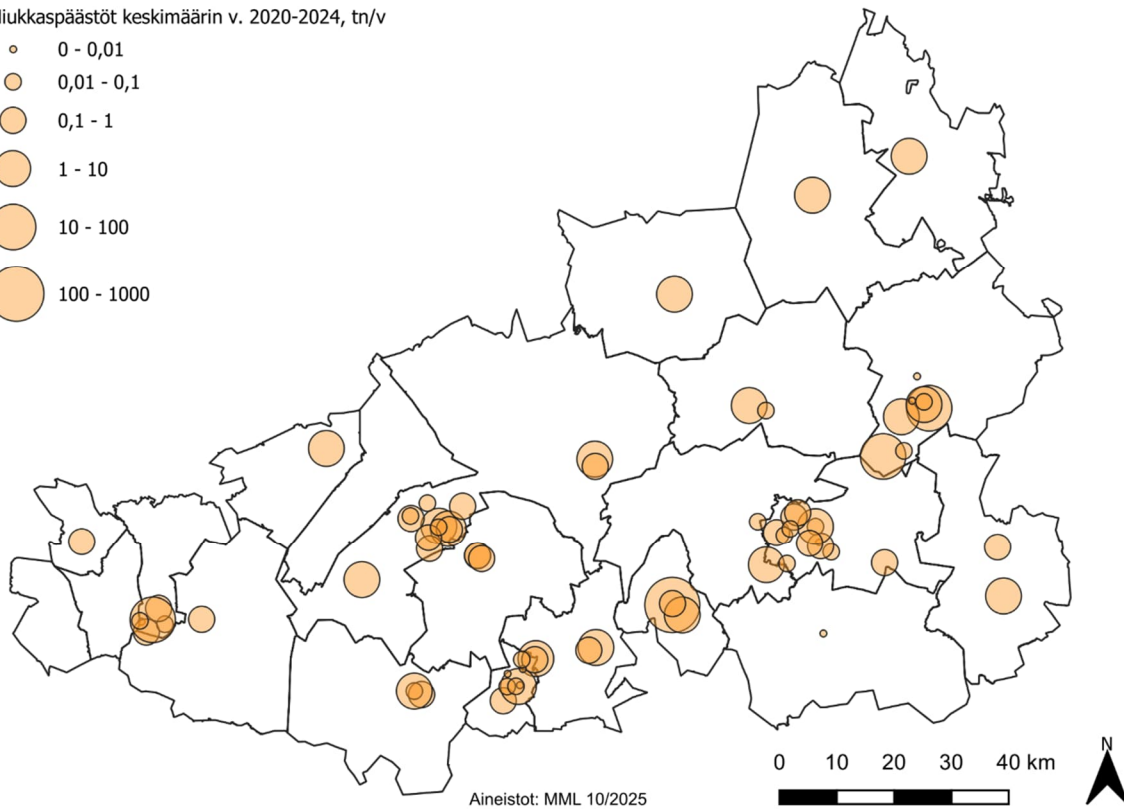
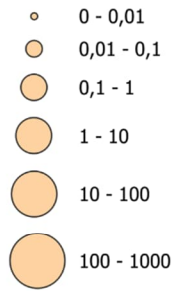
Kuva 2-8. Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen rikkidioksidin päästömäärät vuosien 2020–2024 keskiarvojen perusteella.

Typenoksidipäästöt keskimäärin v. 2020-2024, tn/v



Kuva 2-9. Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen typpioksidipäästömäärät vuosien 2020–2024 keskiarvojen perusteella.

Hiukaspäästöt keskimäärin v. 2020-2024, tn/v

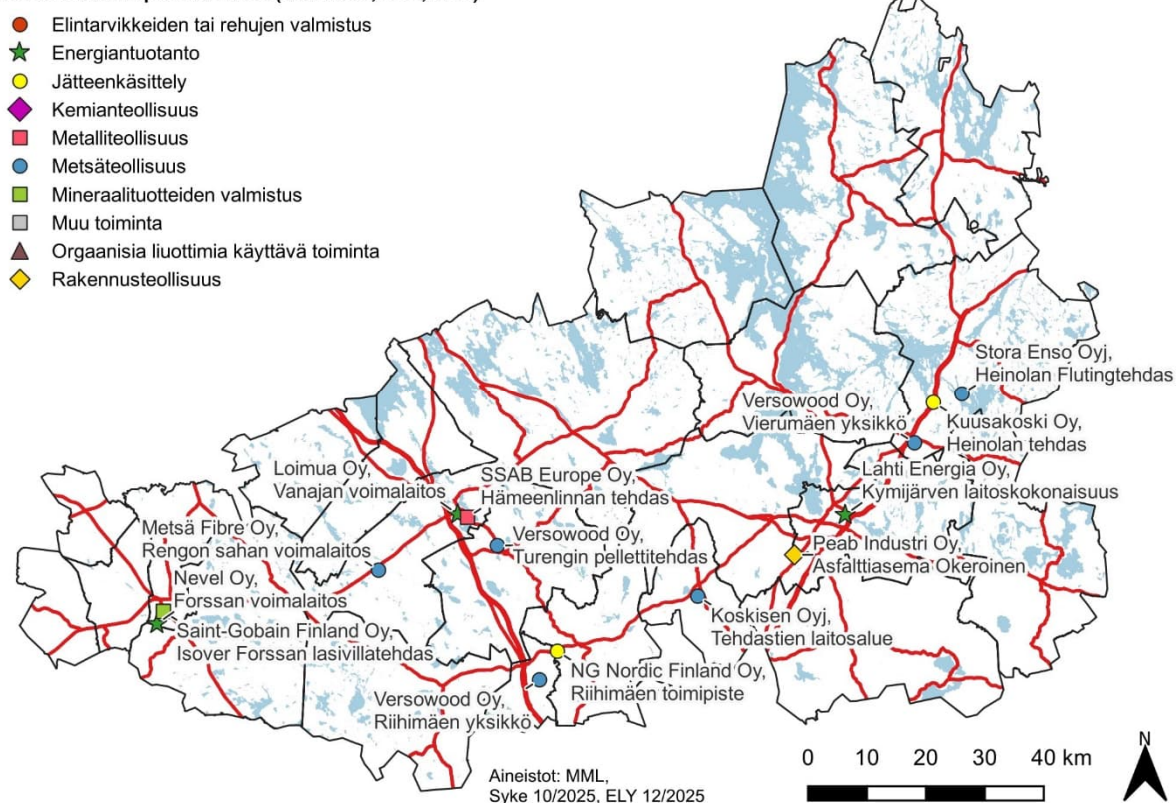


Kuva 2-10. Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen hiukaspäästömäärät vuosien 2020–2024 keskiarvojen perusteella.

Saatavilla olleet rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten toimijakohtaiset päästömäärät kunnittain vuonna 2024 on esitetty taulukoituna liitteessä 22 ja toimijakohtaiset vuosipäästöt laskettuna keskiarvona vuosien 2020–2024 päästöistä liitteessä 23. Taulukoissa on esitetty ne toiminnanharjoittajat, jotka ovat raportoineet päästöjään kyseisinä vuosina. Esitettyjen laitosten lisäksi bioindikaattori tutkimukseen osallistuu laitoksia, joilla ei ole hiukkas-, typen oksidi- tai rikin oksidipäästöjä, mutta jotka ovat mukana tutkimuksessa VOC-päästöjensä vuoksi. Rahoituksessa on mukana myös sellaisia toimijoita, joiden toiminnassa syntyy edellä mainittuja päästöjä, mutta päästöjä ei joko mitata tai toimijoilla ei ole päästöjen raportointivelvoitetta. Näin ollen kaikki bioindikaattoritutkimukseen osallistuvat, alueella sijaitsevat, laitokset eivät ole mukana liitetaulukoissa tai karttakuvissa.

Alueen merkittävimmät päästölähteet on esitetty kuvassa (Kuva 2-11). Suurimmat teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon kokonaispäästöt vuoden 2024 päästöaineistojen perusteella syntyivät Lahdessa ja Heinolassa. Eniten syntyi typen oksidien päästöjä, yhteensä 1805 tonnia. Suurimpia yksittäisiä päästölähteitä typen osalta olivat NG Nordic Finland Oy:n Riihimäen toimipiste (347 tn/vuosi), Lahti Energia Oy:n Kymijärven laitosalue (503 tn/vuosi) sekä Stora Enso Oy:n Heinolan Flutingtehdas (245 tn/vuosi). Näiden kolmen laitoksen osuus koko alueen typpipäästöistä oli noin 60 %. Rikkidioksidipäästöjä syntyi yhteensä 500 tonnia. Heinolan Flutingtehdas oli rikkipäästöjen suurin tuottaja (335 tn/vuosi). Sen osuus koko alueen rikkipäästöistä oli 67 %. Hiukkaspäästöjä raportoitiin alueella syntyneen vuonna 2024 yhteensä 145 tonnia. Suurin yksittäinen hiukkaspäästölähde oli Koskisen Oy:n Tehdastien laitosalue Kärkölässä (62 tn/vuosi). Sen osuus koko alueen hiukkaspäästöistä oli 43 %. Edellisestä tutkimusvuodesta 2014 vuoteen 2024 verrattuna koko tutkimusalueen typpipäästöt ovat vähentyneet 72 %, rikkipäästöt 65 % ja hiukkaspäästöt 51 %.

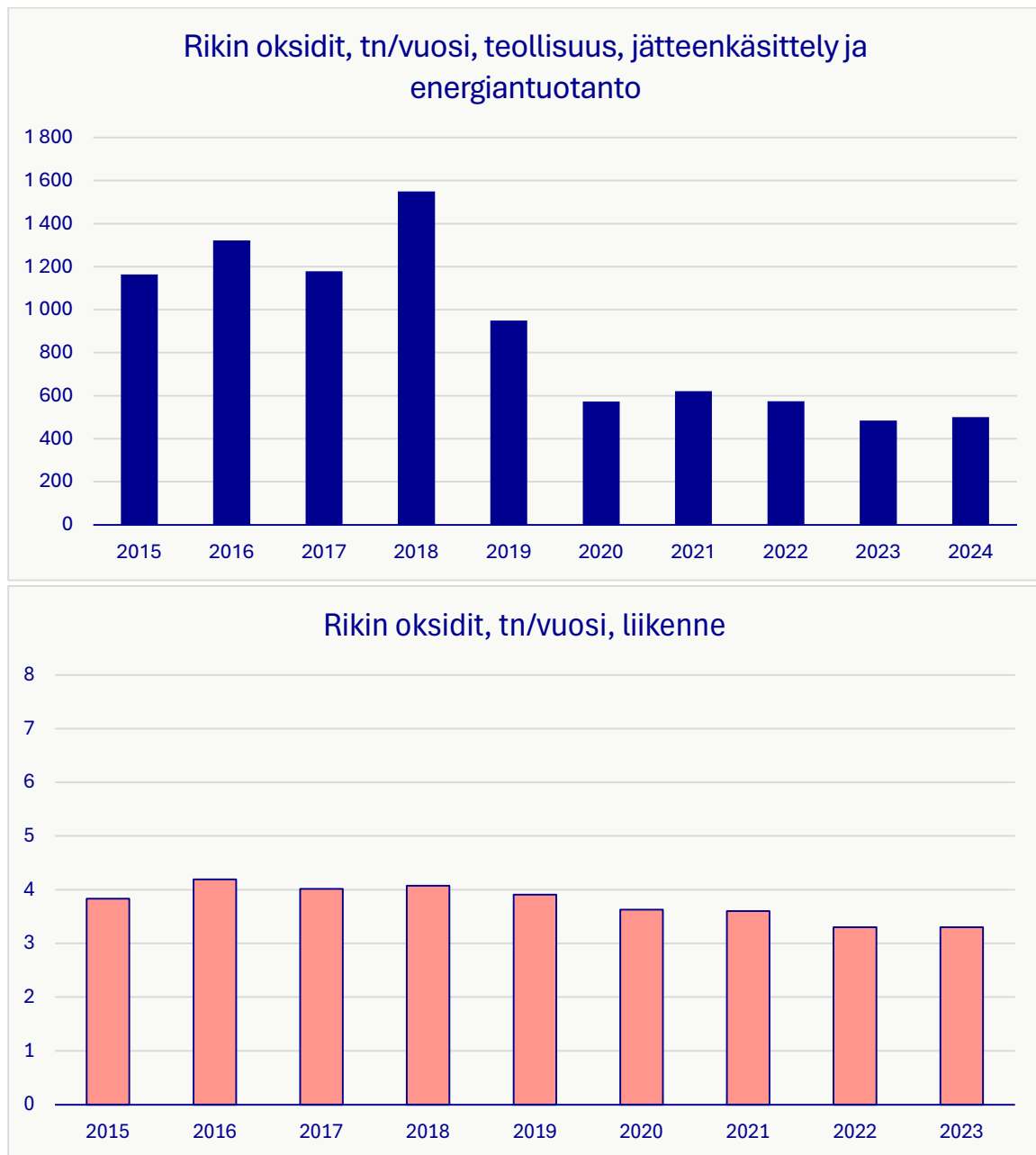
Merkittävimmät päästölähteet (hiukkaset, SO_x, NO_x)



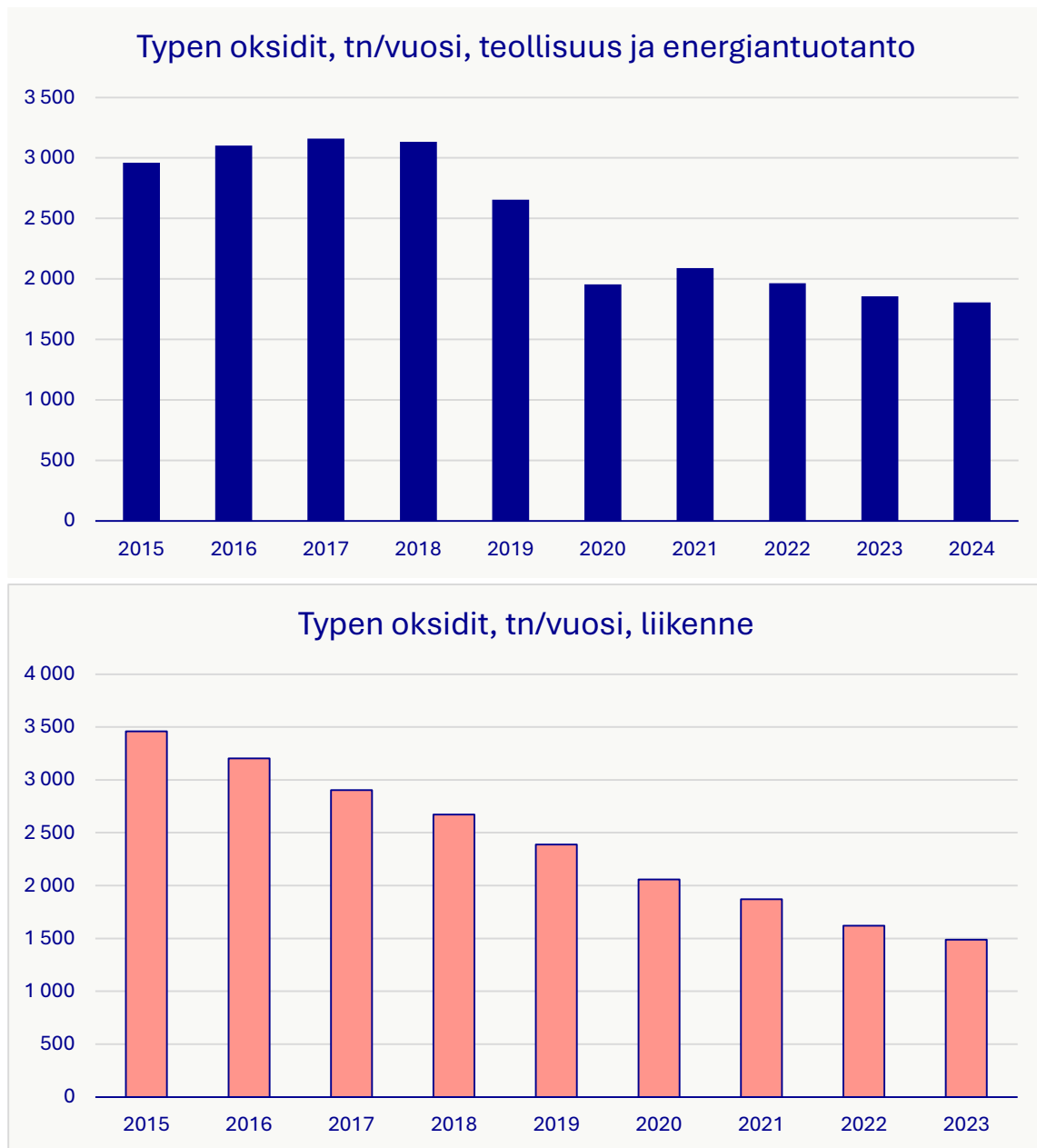
Kuva 2-11. Alueen merkittävimmät päästölähteet toiminnan päätoimialan mukaan.

Päästöjen kehityksen tarkastelu tehtiin vuodesta 2015 eteenpäin. Rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästömäärien kehitys vuosina 2015–2024 on esitetty kuvissa alla (Kuva 2-12-Kuva 2-14). Kuvia tarkastellessa on huomioitava, että liikenteen osalta päästömäärät on esitetty vain vuoteen 2023 saakka. Vuoden 2024 päästötiedot on laskettu eri laskentajärjestelmällä kuin aikaisempina vuosina, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Tämän vuoksi niitä ei ole käytetty raportissa. Typen oksidien kokonaispäästöt ovat laskeneet tarkastelujaksolla 2015–2021 tasaisesti. Myös hiukkaspäästöt ovat laskeneet vuosina 2015–2020. Vuonna 2021 kokonaishiukkaspäästöt hieman nousivat. Rikkidioksidipäästöjen kokonaismäärässä on ollut tarkastelujakson aikana vaihtelua, mutta määrä on tasaantunut viime vuosina.

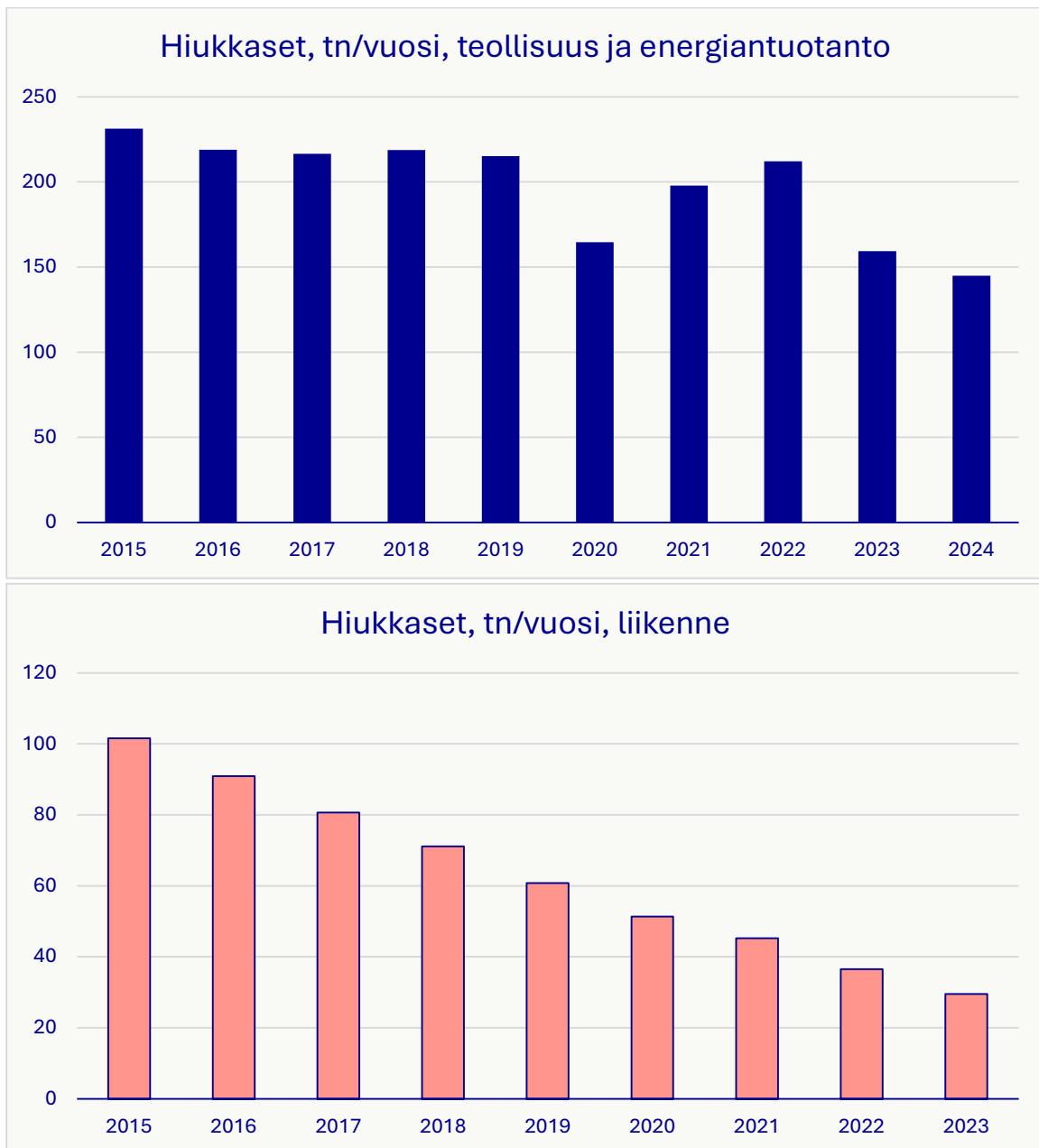
Tieliikenteen päästöjen osuus rikkipäästöistä on hyvin pieni (0,25–0,68 %) (Kuva 2-12). Tieliikenteen osuus typen oksidien kokonaispäästöistä tarkastelujaksolla 2015–2023 on ollut noin puolet (Kuva 2-13) ja hiukkaspäästöjen osuus noin 20–30 % (Kuva 2-14). Liikenteen typpi- ja hiukkaspäästöt ovat tasaisesti laskeneet tarkastelujaksolla. Suurimmat teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt tarkastelujaksolla syntyivät vuonna 2018, jonka jälkeen määrä on laskenut ja tasaantunut. Teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon typpipäästöt ovat lievästi kasvaneet vuosina 2015–2018, mutta sen jälkeen päästömäärä on lähtenyt hienoiseen laskuun. Teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon aiheuttamat hiukkaspäästöt ovat pysyneet tasaisina vuosina 2015–2019, jonka jälkeen päästöt laskivat vuonna 2020. Tämän jälkeen päästömäärät nousivat vuosina 2021–2022 ja vuosina 2023–2024 hiukkaspäästöjen määrä on taas ollut laskussa.



Kuva 2-12. Tutkimusalueen teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon aiheuttamat rikin oksidien päästöt (tn/v) vuosina 2015–2024 ja tieliikenteen päästöt vuosina 2015–2023.



Kuva 2-13. Tutkimusalueen teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon aiheuttamat typen oksidien päästöt (tn/v) vuosina 2015–2024 ja tieliikenteen päästöt vuosina 2015–2023.

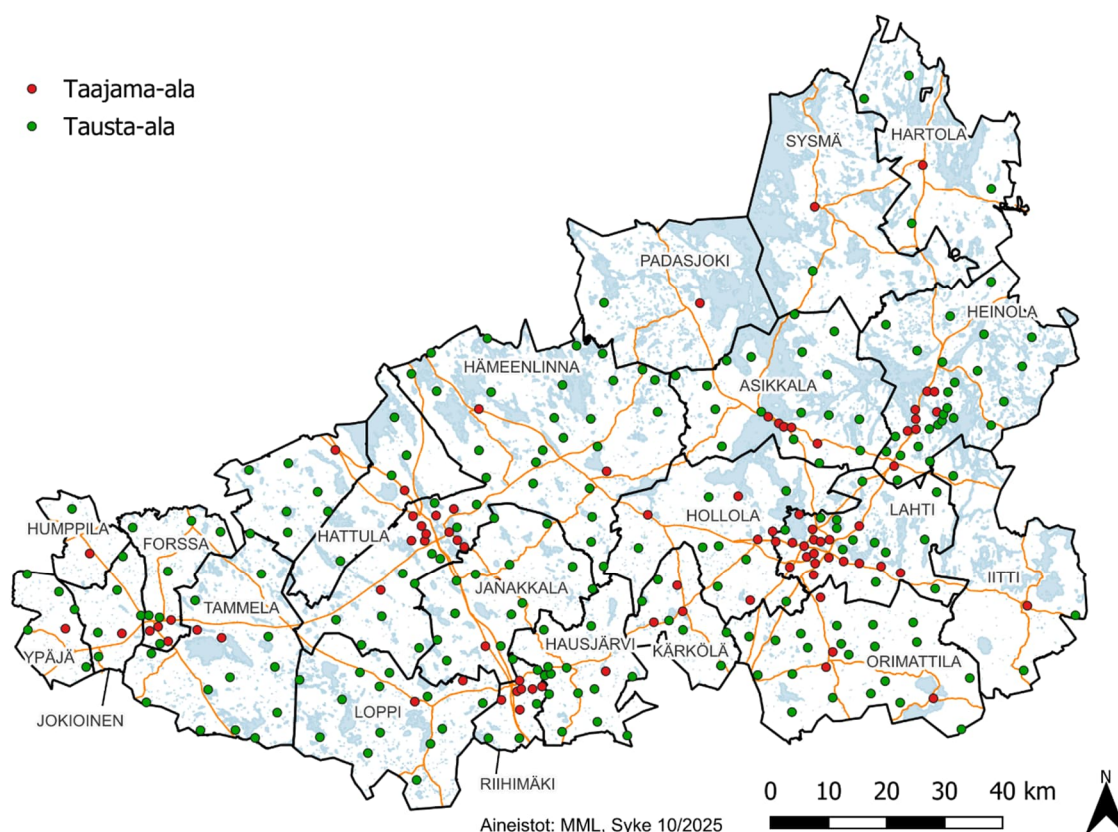


Kuva 2-14. Tutkimusalueen teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon aiheuttamat hiukkaspäästöt (tn/v) vuosina 2015–2024 ja tieliikenteen päästöt vuosina 2015–2023.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Havaintoalat

Vuonna 2025 männyn runkojäkäletutkimus tehtiin yhteensä 303 havaintoalalta. Lisäksi kerättiin sammal- ja humusnäytteitä, joista analysoitiin alkuainepitoisuuksia. Sammalnäytteitä kerättiin 104 havaintoalalta ja humusnäytteitä 105 havaintoalalta. Lisäksi seitsemän havaintoalan humusnäytteistä analysoitiin dioksiinit ja furaanit. Tutkimusalojen sijainnit on esitetty kuvassa alla (Kuva 3-1). Tutkimusalat on jaettu tausta- ja taajama-aloihin hyödyntämällä vuoden 2014 tietoja ja Suomen ympäristökeskuksen taajamarajausta vuodelta 2024 (Suomen ympäristökeskus 2025a) sekä karttatarkastelun perusteella. Suomen ympäristökeskuksen taajamarajauksessa taajamalla tarkoitetaan vähintään 200 asukkaan taajaan rakennettua aluetta. Rajauksessa huomioidaan asukasluvun lisäksi rakennusten lukumäärä, kerrosala ja keskittyneisyys. Taulukossa alla (Taulukko 3-1) on esitetty tutkimusalojen lukumäärät kunnittain. Alojen tarkemmat tiedot on koottu liitteeseen 24.



Kuva 3-1. Tutkimusalojen sijainti ja luokittelu tausta- ja taajama-aloihin tutkimusalueella vuonna 2025.

Taulukko 3-1. Tutkimusalojen lukumäärä kunnittain vuonna 2025.

Kunta	Jäkäläalat	Sammal- ja humusalat	Dioksiini- ja furaanialat
Asikkala	22	3	
Forssa	11	6	1
Hartola	5	2	
Hattula	5	1	
Hausjärvi	13	6	1
Heinola	33	11 *	1
Hollola	13	4	1
Humppila	2	1	
Hämeenlinna	56	22	1
Iitti	4	2	
Janakkala	15	4	
Jokioinen	6	2	
Kärkölä	9	4	
Lahti	32	12	2
Loppi	15	3	
Orimattila	24	6	
Padasjoki	2	1	
Riihimäki	13	9	
Sysmä	2	1	
Tammela	15	3	
Ypäjä	6	2	
YHTEENSÄ	303	105	7

Vuonna 2025 perustettiin kuusi täysin uutta havaintoalaa Iitin (4 alaa) ja Humppilan (2 alaa) alueelle. Nämä kunnat eivät olleet tutkimuksen piirissä aiemmilla tutkimuskerroilla. Ennen maastokartoituksia havaintoalaverkostosta poistettiin kuusi alaa (Hämeenlinna 2 alaa, Asikkala 2 alaa, Orimattila 1 ala, Heinola 1 ala), jotta alojen kokonaismäärä olisi tutkimuksen hankinnan tarjouspyynnön mukainen ja pysyisi samana edellisen tutkimuksen havaintoalojen lukumäärään nähden.

Vanhoilla tutkimusaloilla kartoitus pyrittiin tekemään samoilla havaintopuilla kuin vuoden 2014 tutkimuksessa, mutta hakkuiden tai maankäytön muutosten vuoksi vanhoista aloista osa perustettiin uudestaan. Maastokäyntien yhteydessä todettiin, että 41 kappaletta vuoden 2014 havaintoaloista oli täysin tuhoutunut ja niiden tilalle perustettiin uudet alat. Osa aloista oli osittain tuhoutunut eli joitakin tutkimusrunkoja oli jäljellä, mutta osa piti korvata uusilla. Näitä aloja oli yhteensä 83 kappaletta. Lisäksi Hämeenlinnassa sijaitseva ala 408 todettiin maastossa tuhoutuneeksi, eikä läheltä löytynyt sopivaa korvaavaa alaa. ELY-keskuksen päätöksellä alaa ei perustettu uudelleen.

Uusien alojen valinnassa tärkein kriteeri oli alan soveltuvuus jäkäläkartoitukseen. Vanhan tuhoutuneen tutkimusalan tilalle pyrittiin perustamaan uusi ala lähimmälle jäkäläkartoituksen kriteerit täyttävälle paikalle. 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 eliminoidaan luontaiset jäkälälajiston koostumukseen sekä vaurioihin vaikuttavat mikroilmastolliset tekijät, joista tärkein on valoisuuden ja varjoisuuden suhde. Uusia tutkimusmetsiköitä valittaessa pyrittiin 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.

Näytealan sijainti määritettiin GPS-laitteella, ja jokaisesta havaintoalasta täytettiin taustatietolomake, johon merkittiin alan etsintäohje ja puiden sijainti. Havaintoalan metsätyyppi, puuston kehitysluokka, ikä ja pituus sekä valtalajien pohjapinta-alat ja havaintoalan topografia kirjattiin ylös. 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. Puuston ikä ja pituus määritettiin silmämääräisesti.

Tutkimusalojen jakaantuminen luokkiin taustamuuttujien suhteen on esitetty taulukossa alla (Taulukko 3-2) Suurin osa tutkimusaloista oli soveltuvuudeltaan hyviä (80 %). Yleisimmin tutkimusalat sijaitsivat mustikkatyyppin (MT) tuoreilla kankailla (63 % tutkimusaloista). Puolukkatyyppin (VT) kuivahkoilla kankailla sijaitsi 26 % tutkimusaloista ja kanervatyyppin (CT) kuivilla kankailla 4 % aloista. Lehtomaisilla kankailla (OMT) tai lehdoissa (OMaT) sijaitsevia aloja oli yhteensä 7 % aloista. Suurin osa aloista oli kehitysluokaltaan kypsää (71 % aloista) ja loput varttunutta metsää. Suurin osa tutkimuspuista oli iältään alle 80 vuotta (57 %) ja toiseksi yleisin ikäluokka oli 80–100 vuotta (36 %). Tutkimuspuiden keskimääräinen pituus oli 20–25 metriä. Valtaosalla aloista valtalajina oli mänty ja toinen valtalaji oli useimmiten kuusi tai koivu. Muita tutkimusaloilla havaittuja valtalajeja olivat haapa ja pihlaja.

Taulukko 3-2. Tutkimusalojen jakaantuminen luokkiin taustamuuttujien mukaan.

Tunnus		Kpl	%
Metsätyyppi	OMT	22	7
	MT	190	63
	VT	78	26
	CT	13	4
	CIT	0	0
Soveltuvuus	hyvä	241	80
	kohtalainen	61	20
	huono	0	0
Kehitysluokka	kypsä	214	71
	varttunut	86	28
	nuori	2	<1
1. valtalaji	mänty	274	90
	kuusi	28	9
	koivu	2	<1
2. valtalaji	mänty	28	10
	kuusi	229	80
	koivu	25	9
	pihlaja	4	<1
	pähkinäpensas	1	<1
Valtapuiden pituus	< 15	2	<1
	15-20	16	5
	20-25	137	45
	25-30	123	41
	>30	25	8
Valtapuiden halkaisija (cm)	< 25	11	4
	25-30	75	25
	30-35	80	26
	35-40	76	25
	>40	61	20
Puuston ikä (v)	<80	173	57
	80-100	110	36
	100-120	18	6
	>120	2	<1



3.2 Tutkimusryhmä ja maastotöiden ajankohta

Jäkäläkartoitukset sekä sammal- ja humusnäytteiden keruu tehtiin 2.6.-21.8.2025.

Työhön osallistuivat näytteenottajat Jani Ala-Kyyny (luontokartoittaja EAT) ja Jani Virtanen (FM, ympäristötiede ja -teknologia) sekä ympäristöasiantuntija Anni Maja (FM, biologia) sekä Stiina Lehmus (FM, biologia).

3.3 Havupuiden epifyyttijäkälät

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 herkiksi ilman epäpuhtauksien vaikutuksille. Altistus tapahtuu pääasiassa siten, että epäpuhtaudet kiinnittyvät sieniosakkaan soluseinämien proteiineihin. Talviaikana ilmassa on yleensä enemmän epäpuhtauksia, eikä runkojäkälien päälle kerry epäpuhtauksilta suojaavaa lumikerrosta. (Osmala ym. 2022a, Ruuth ym. 2016a, SFS 5670).

Ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyvät muutoksina jäkälien morfologiassa, peittävydessä sekä lajikoostumuksessa (Lodenius 2002). Morfologiset muutokset näkyvät muun muassa jäkälien sekovarren koon pienemisenä sekä liuskaisuuden ja värin muuttumisena. 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 jäkäliin vaikuttava ilman epäpuhtaus on rikkidioksidi, mutta myös typpiyhdisteillä ja alkalisilla päästöillä, esimerkiksi teollisuus- ja liikenneperäisellä mineraalipölyllä, on vaikutusta. Alkaliset päästöt muuttavat erityisesti havupuulla kasvavien jäkälien normaalisti hapanta kasvualustaa emäksisemmäksi. (Osmala ym. 2022a.)

Kanta- ja Päijät-Hämeen bioindikaattoritutkimuksessa kullakin mäntyhavaintoalalla toteutettiin männyn rungoilla esiintyvien 12 jäkälälajin kartoitus standardin SFS 5670 mukaisesti. Lajien erityispiirteitä sekä niiden indikaattoriarvot on kuvattu taulukossa alla (Taulukko 3-3). Kartoitus toteutettiin viideltä puulta, kuten myös edeltävässä vuonna 2014 toteutetussa tutkimuksessa. Tutkimus tehtiin 50–200 cm korkeudelta lieriönmuotoiselta alalta ja standardista poiketen kunkin lajin runsaus arvioitiin kolmiasteisella luokituksella (Taulukko 3-4) kuten aikaisemminkin. Vuoden 2025 tutkimuksessa sormipaisukarpeen ja yleisen vaurioasteen luokittelu perustui jäkäläkartoitusstandardiin SFS 5670, jossa vaurioaste arvioidaan viisiportaisella kokonaislukuihin perustuvalla asteikolla. Vuonna 2014 tehdyssä tutkimuksessa luokittelussa käytettiin standardista poiketen kokonaislukujen lisäksi myös puolikkaita arvoja. Tämä ero luokittelutavassa voi vaikuttaa tulosten vertailtavuuteen ja tulkintaan siten, että tulokset voivat asettua joko heikompaan tai parempaan luokkaan käytetyn asteikon mukaan.

Taulukko 3-3. Standardin SFS 5670 mukaiset jäkälälajit ilmanlaadun indikaattoreina. Indikaattoriarvon luokitus: +++ hyvä, ++ kohtalainen, + pieni, - huono. Seuralaislajien lukumäärät perustuvat Uudenmaan vuoden 2009, Pohjois-Karjalan vuoden 2010, Kokkolan ja Pietarsaaren vuoden 2012 sekä Etelä-Karjalan vuoden 2012 bioindikaattoritutkimusten yhdistetyistä aineistoista (Huuskonen ym. 2010, Lehtonen ym. 2011, Huuskonen & Lehtonen 2013 ja Lehtonen ym. 2013) Lehtonen ym. 2013 mukaan. Lajikuvaukset Laita ym. 2008 ja lajikuvat © Tiina Osmala.



Sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*)

+++ Sormipaisukarve on käytetyistä indikaattorilajeista kestävin ja yleisin laji, joka sietää eniten ilman epäpuhtauksia. Sormipaisukarpeen esiintymis-frekvenssi eli peittävyys pienentyy vasta voimakkaasti kuormitetuilla alueilla. Sormipaisukarve on hyvä ilmanlaadun indikaattori, sillä myös sekovarren näkyvät vauriot kuvastavat ilman epäpuhtauksien kuormitusta. Seuralaislajien lukumäärä on 4,92.



Keltatyvikarve (*Parmeliopsis ambigua*) +++

Keltatyvikarve sietää myös hyvin ilman epäpuhtauksia ja sen esiintymisfrekvenssit noudattavat ilman epäpuhtauksien kuormitusvyöhykkeitä. Keltatyvikarve viihtyy parhaiten sulkeutuneissa kosteissa metsissä (Pihlström & Myllyvirta 1995). Keltatyvikarvetta esiintyy hyvin yleisesti, ja se on ilman epäpuhtauksia kestävä, hyvä indikaattorilaji. Seuralaislajien lukumäärä 4,92



**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 valoisia kalliomänniköitä. Seuralaislajien lukumäärä 5,33.



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 typpilaskeuman rehevöittävää vaikutusta. Seuralaislajien lukumäärä 5,29.



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 6,27.



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 6,22.



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 5,88.



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 5,32.



Ruskoröyhelö (*Cetraria chlorophylla*) –

Ruskoröyhelö on yleensä 12 indikaattorilajin joukossa yksi harvinaisimmista lajeista. Sen esiintyminen vaihtelee usein hyvin satunnaisesti ja sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuiltakin alueilta. Ilmanlaadun indikaattorina ruskoröyhelö on huono. Seuralaislajien lukumäärä 6,94.



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. Indikaattorina se on kohtalainen. Rannikon läheisyys suosii hankakarpeen esiintymistä. Seuralaislajien lukumäärä 5,80.



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 6,25.



Viherlevä ja vihersukkulajäkälä (Algae & *Scoliciosporum*) +++

Viherleväpeite lisääntyy lähinnä kasvaneen tyyppilaskeuman vaikutuksesta eli se on ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori. Viherleväpeite ja vihersukkulajäkälä ovat hyviä tyyppikuormituksen indikaattoreita. Seuralaislajien lukumäärä 4,86.

Taulukko 3-4. Jäkälän runsauden luokittelu. Leväpeite ja seinäsuomujäkälä luokitellaan peittävyytensä (%), muut lajit sekovarsien lukumäärän perusteella.

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

Eri jäkälälajit reagoivat ilman epäpuhtauksiin eri tavoin. Usein vaikutukset näkyvät ensin herkimmissä lajeissa, joiden peittävyys puiden rungoilla pienenevät, kunnes laji ei enää pysty menestymään kasvupaikallaan. Herkimpien lajien kadottua kestävämmät lajit saattavat vallata vapautunutta elintilaa. Osa lajeista voi myös hyötyä kuormituksen lisääntymisestä ja runsastua puiden rungoilla. Standardin SFS 5670 mukaisessa jäkäläkartoituksessa käytettävien jäkälälajien kestävyys ilman epäpuhtauksille on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 3-5). On huomattava, että ilmansaasteiden sietokyvyn lisäksi jäkälälajien esiintymiseen vaikuttavat lajien luontaiset kasvupaikkavaatimukset. (Osmala ym. 2022a.)

Taulukko 3-5. Tutkittujen jäkälälajien herkkyydet rikkidioksidille (Kuusinen ym. 1990 mukaan).

Lajin herkkyys	Lajin nimi	Lajin tieteellinen nimi
Kestävä, hyötyvä	seinäsuomujäkälä	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
	leväpeite	<i>Algae + Scoliosporum</i>
Melko kestävä	sormipaisukarve	<i>Hypogymnia physodes</i>
	keltatyvikarve	<i>Parmeliopsis ambigua</i>
	ruskoröyhelö	<i>Cetraria chlorophylla</i>
	keltaröyhelö	<i>Vulpicida pinastri</i>
Melko herkkä	harmaatyvikarve	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>
	harmaaröyhelö	<i>Platismatia clauca</i>
	hankakarve	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
	raidanisokarve	<i>Parmelia sulcata</i>
Herkkä	lupot	<i>Bryoria sp.</i>
	naavat	<i>Usnea sp.</i>

Sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*) on erityisen hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori, sillä se kestää hyvin suuriakin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, mutta indikoi niitä morfologisilla muutoksilla. Morfologisia muutoksia arvioidaan vaurioasteluokituksen 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 peittävyiden kasvamisena 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).

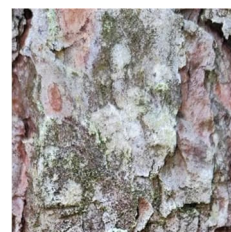
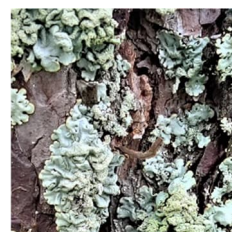
Jäkälien morfologisia muutoksia arvioitiin tässä tutkimuksessa yleisen vaurioasteen sekä sormipaisukarpeen vaurioasteen avulla. Jokaisen tutkimuspuun sormipaisukarpeen ja jäkälien yleiset vaurioasteet arvioitiin viisiportaisella luokituksella puolen vaurioluokan tarkkuudella. Yleisessä vaurioasteessa eritellään kasvutavaltaan pensasmaisiksi lupot, naavat ja hankakarve, loput lajit ovat lehtimäisiä. Vaurioluokitukset perustuivat standardin SFS 5670 mukaisiin luokitteluperusteisiin (Taulukko 3-6Taulukko 3-7). Sormipaisukarpeen eriaisteisia vauriotasoja on esitetty kuvassa alla (Kuva 3-2). Alakohtaisina vaurioluokituksina käytettiin viiden tutkimuspuun vaurioluokitusten keskimääräistä arvoa.

Taulukko 3-6. Yleinen vaurioasteluokitus (SFS 5670).

Vaurio	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

Taulukko 3-7. Sormipaisukarpeen vaurioasteluokitus (SFS 5670).

Vaurio	Näkyvät muutokset
I normaali	Jäkälät terveitä tai lähes terveitä
II lievä vaurio	Lievästi kitukasvuisia, lieviä värimuunnoksia
III selvä vaurio	Jäkälät kitukasvuisia, vihertyneitä tai tummuneita tai kumpaakin
IV paha vaurio	Jäkälät pieniä, ryppyisiä, vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin
V kuollut tai puuttuu	



I = terve

II = lievä vaurio

III = selvä vaurio

IV = paha vaurio

V = kuollut/puuttuu

Kuva 3-2. Sormipaisukarpeen vaurioluokitus. Vaurioastekuvat Osmala ym 2022a, ©Tiina Osmala.

Jäkäläyhteisöjen lajikoostumuksen muutoksia arvioitiin lajilukumäärän sekä ilmanpuhtausindeksin avulla. Peittävyksiä arvioitiin sormipaisukarpeen ja luppojen (*Bryoria sp.*) osalta pistefrekvenssimenetelmällä, jossa käytetään apuna sadan pisteen systemaattista otantaa. 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. Tämän takia lajeja saattoi olla puuta tai alaa kohti enimmillään 10. Lajimäärän perusteella alat tai puut luokiteltiin jäkälälajistoltaan normaalista erittäin selvästi köyhtyneeseen (Taulukko 3-8). Sormipaisukarpeen ja luppojen (*Bryoria sp.*) esiintymisfrekvenssit laskettiin sapluunaruudukolta 100-200 cm:n korkeudelta itäkoillisesta ja länsilounaasta. Esiintymisfrekvensseistä laskettiin kullekin puulle näiden lajien suhteellinen peittävyys.

Taulukko 3-8. Jäkälälajiston luokitus lajilukumäärän perusteella.

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

Kullekin havaintoalalle laskettiin paikan jäkäläkasvillisuutta kuvaava IAP-indeksi (*Index of Air Purity*) (LeBlanc ja DeSloover 1970). IAP-indeksi yhdistää eri jäkälälajien esiintymisfrekvenssit yhteen lukuarvoon ottamalla huomioon myös eri lajien herkkyydet (Polojärvi 2005). IAP-indeksi kuvaa jäkälälajiston tilaa, eli mitä suurempi indeksiluku on, sitä runsaampi on jäkälälajisto ja sitä enemmän esiintyy ilman saasteille herkkiä lajeja. Indeksia laskettiin kullekin havaintoalalla seuraavasti:

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

Q = Kunkin jäkälälajin keskimääräinen seuralaislajien lukumäärä rungolla

f = Lajin suhteellinen esiintymisfrekvenssi näytealalla (0–1)

n = Jäkälälajien lukumäärä ($n = 10$)

Indeksiä laskettaessa käytettiin kymmentä standardin SFS 5670 mukaista ilman epäpuhtauksista kärsivää jäkälälajia. Ilman epäpuhtauksista hyötyvien seinäsuomujäkälän, levän sekä vihersukkulajäkälän esiintymiset huomioitiin seuralaislajien lukumäärissä. IAP-indeksin laskentatavasta ei ole yhdenmukaista käytäntöä, minkä takia indeksille ei ole esitetty yleisesti käytettävää luokitusta. Tässä selvityksessä indeksin arvo luokiteltiin oheisen taulukon (Taulukko 3-9) mukaisesti. Tutkimusten vertailukelpoisuuden takia tässä selvityksessä käytettiin samoja seuralaislajimääriä kuin vuoden 2014 tutkimuksessa. Seuralaislajien lukumäärät on laskettu Uudenmaan vuoden 2009, Pohjois-Karjalan vuoden 2010, Kokkolan ja Pietarsaaren vuoden 2012 sekä Etelä-Karjalan vuoden 2012 bioindikaattoritutkimusten yhdistetyistä aineistoista, joka käsittää 7885 puuta (Huuskonen ym. 2010, Lehtonen ym. 2011, Huuskonen ym. 2013, Lehtonen ym. 2013).

Taulukko 3-9. Jäkälälajiston luokitus IAP-indeksin perusteella.

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

3.4 Sammalet ja humukset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin metallien ja ravinteiden pitoisuuksia ja kertymistä seinäsammalessa (*Pleurozium schreberi*) sekä maaperän humuksessa. Sammalnäytteitä kerättiin 104 havaintoalalta ja humusnäytteitä 105 havaintoalalta. Lisäksi selvitettiin humuksen kemiallisia ominaisuuksia (happamuutta, kationinvaihtokapasiteettia ja vaihtohappamuutta). Humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuudet määritettiin seitsemältä, päästölähteen lähellä sijaitsevalta, alalta. Tutkitut muuttujat kuvaavat paitsi kuormituksen alueellista jakaumaa, myös tutkimusmetsiköiden ravinnetilaa sekä maaperän ominaisuuksia.

Metallien louhiminen, sulattaminen ja jalostaminen sekä niiden käyttö erilaisiin tarkoituksiin on saanut aikaan raskasmetallien mobilisoitumista ja leviämistä ilmakehässä erilaisissa fysikaalisissa ja kemiallisissa muodoissa. Metallien liikkuminen ja muuntuminen sekä poistuminen ilmakehästä kuiva- ja märkälasseumana riippuvat metallien esiintymismuodoista ja niiden ominaisuuksista.

Tutkitut alkuaineet olivat samat kuin edellisinä tutkimusvuosina ja ne on kuvattu seuraavassa lyhyesti.

Elohopea voi esiintyä luonnossa sekä alkuainemuodossa, että erilaisina epäorgaanisina ja orgaanisina yhdisteinä. Suomen luonnossa elohopeapitoisia mineraaleja esiintyy luontaisesti eniten mustaliuskepitoisessa kallioperässä. Elohopeaa on käytetty laajalti mm. paristoissa, sähkölaitteissa, kloorin elektrolyytissä tuotannossa, maaleissa sekä torjunta-aineena. Elohopean ilmapäästöjä syntyy mm. energiantuotannossa sekä epäorgaanisessa kemianteollisuudessa (kloorialkalitehtaat). (Reinikainen 2007.)

Kadmiumia esiintyy luonnossa erityisesti sulfidimalmeissa, ja se on maaperässä suhteellisen helposti kulkeutuvaa, riippuen maaperän happamuudesta ja mm. orgaanisen aineksen määrästä. Kadmium kertyy sekä eläimiin että kasveihin, ja voi aiheuttaa vaikutuksia ravintoketjussa jo suhteellisen pienissäkin ympäristön pitoisuuksissa. Kadmiumia on käytetty mm. raudan pintakäsittelyssä, väripigmenteissä sekä paristoissa ja akuissa. (Reinikainen 2007.)

Kromia esiintyy luonnossa hapetusasteilla +3 ja +6. Kallio- ja maaperässä suurin osa kromista esiintyy varsin pysyvissä ja niukkaliukoisissa oksidimineraaleissa. Kuudenarvoinen kromi on syöpävaarallista ja eliöille kolmenarvoista kromia haitallisempaa, mutta sitä ei luontaisesti ole Suomen maaperässä tavattu. Kolmenarvoinen kromi on ihmiselle välttämätön hivenaine. Kromia on käytetty erityisesti ruostumattoman teräksen valmistuksessa sekä esim. nahka- ja kemianteollisuudessa sekä puunsuojauksessa. (Reinikainen 2007.)

Kupari on eläimille ja kasveille välttämätön hivenaine, mutta suurina pitoisuuksina se on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Ihmistoiminnan seurauksena maaperään joutunut kupari on usein liukoisemmassa muodossa kuin maaperän mineraaleihin sitoutunut kupari. Maaperän happamuus ja kuparia sitovien aineiden vähäisyys lisäävät kuparin kulkeutuvuutta. Liian korkea kuparipitoisuus voi männyillä aiheuttaa mangaanin puutosta (Rautjärvi ja Raitio 2003). Suomessa kuparia on käytetty mm. teollisuuden metalliseoksissa, väripigmenteissä ja puutavaran kyllästysaineissa. (Reinikainen 2007.) Myös fossiilisten polttoaineiden käytöstä pääsee ilmaan kuparia (Rautjärvi ja Raitio 2003).

Lyijyä esiintyy tavallisesti kertyneenä maaperän orgaaniseen pintakerrokseen. Lyijyn kulkeutuvuus maaperässä on yleensä heikkoa, mutta hapettavat ja happamat olosuhteet sekä kompleksoituminen liukosiin yhdisteisiin lisäävät lyijyn liukoisuutta ja kulkeutuvuutta. Lyijy kertyy ihmisen ravintoketjuun, ja on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Lyijyä on käytetty runsaasti mm. elektroniikkateollisuudessa sekä aikaisemmin bensiinin lisäaineena. Maaperän paikallista lyijykuormitusta ovat aiheuttaneet mm. ampumaratojen haulit ja luodit, kuparisulattojen kuonat sekä autojen akut. Kohonneita lyijypitoisuuksia voivat aiheuttaa myös energiantuotannon polttoprosessien ilmalaskeuma. (Reinikainen 2007.)

Nikkeliä esiintyy Suomen kallio- ja maaperässä luontaisesti mm. nikkelisulfidimineraaleissa. Nikkelin liikkuvuutta maaperässä säätelevät pH sekä orgaanisen aineksen ja alumiinipitoisten savimineraalien määrä. Nikkeli on välttämätön hivenaine, joka on kuitenkin tiettyinä yhdisteinä erittäin myrkyllinen vesieliöille. Nikkeliä käytetään mm. ruostumattoman teräksen ja metalliseosten valmistuksessa, metallien galvanoinnissa sekä paristoissa. Nikkelin päästölähteitä ovat mm. kaivos- ja metalliteollisuus ja kivihiilen ja öljyn poltto. (Reinikainen 2007; Melanen ym. 1999.)

Sinkki on luonnossa yleinen metalli, jota esiintyy luontaisesti runsaasti sulfidipitoisen kallioperän alueella (mustaliuskealueet) ja sulfidimailla, jotka ovat yleisiä Pohjanmaalla. Maaperän happamoituminen ja alumiinin liukoisuuden kasvu lisäävät sinkin kulkeutuvuutta. Sinkki on eläimille ja kasveille tarpeellinen hivenaine, mutta tietyt sinkkiyhdisteet ovat hyvin myrkyllisiä vesieliöille. Korkeat sinkkipitoisuudet voivat johtaa fosforin puutteeseen (Reinikainen 1998). Sinkkiä käytetään runsaasti metalliteollisuudessa, esim. raudan ja teräksen pinnoituksessa ja messinkiseoksissa. (Reinikainen 2007.)

Vanadiinia esiintyy Suomen kallio- ja maaperässä luontaisesti niukkaliukoisina oksidimineraaleina tai kiillemineraaleihin sitoutuneena. Vanadiini kuuluu ihmisille tarpeellisiin hivenaineisiin. Vanadiinia käytetään seosaineena mm. teräksessä, raudattomissa metalliseoksissa sekä kemikaaleissa. (Reinikainen 2007, 102.) Vanadiinipäästöjä syntyy mm. öljynpoltosta (Melanen ym. 1999).

3.4.1 Sammalen alkuainepitoisuudet ja niiden määrittäminen

Metsän yleisimpiä sammalia, kuten metsäkerrossammalta (*Hylocomium splendens*) ja tässä työssä analysoitua seinäsammalta (*Pleurozium schreberi*) on käytetty bioindikaattoriselvityksissä jo useiden vuosikymmenten ajan. Sammalten kemiallinen analyysi on hyvä menetelmä esim. raskasmetallilaskeuman tutkimiseen, sillä tiheä sammalmatto pidättää lähes kaiken hiukkasten muodossa tulevan laskeuman. Koska sammalilla ei ole juuria, ne ottavat tarvitsemansa veden ja ravinteet ilman kuiva- ja märkälasseumasta koko sekovartensa pinnan kautta suoraan solukoihinsa. Nämä ominaisuudet altistavat sammalet ilman epäpuhtauksille. Sammalten raskasmetallipitoisuuksien ja absoluuttisten laskeumamäärien välillä on todettu olevan tilastollisesti erittäin merkitsevä korrelaatio. Pohjoismaissa sammalet ovat laajasti käytetty eliöryhmä ilmanpäästöistä peräisin olevien raskasmetallipitoisuuksien tutkimiseen. (mm. Poikolainen ym. 2004, Rühling ym. 1987).

Suomessa sammalten alkuainepitoisuuksiin vaikuttaa pääosin kaukokulkeuma ja lähempänä sijaitsevat pistemäiset lähteet sekä liikenne. Useimpien raskasmetallien pitoisuudet sammalissa ovat laskeneet Suomessa vuosien 1985–2010 välillä (Metsäntutkimuslaitos 2012). Voimakkainta on ollut lyijypitoisuuksien lasku, mikä johtuu lyijyttömään bensiiniin siirtymisestä 1990-luvun alussa. Lyijyn ohella erityisesti kadmium- ja vanadiinipitoisuudet ovat laskeneet valtakunnallisella tasolla. Tekniikan kehittyminen ja päästörajojen tiukentaminen ovat vaikuttaneet siihen, että mm. kupari-, kromi-, sinkki- ja rautapitoisuudet ovat vähentyneet erityisesti suurimpien pistemäisten päästölähteiden läheisyydessä.

Vuonna 2025 tutkimus kattoi 105 sammalalaa. Yhdeltä alalta (ala 568) ei saatu otettua sammalnäytettä, koska sopivaa sammalkasvustoa ei löytynyt. Näin ollen näytteitä saatiin 104 alalta. Sammalnäytteenotto ja esikäsittely tehtiin standardin SFS 5671 mukaisesti Kanta- ja Päijät-Hämeen alueilla sijainneilta sammalaloilta kesä-elokuussa 2025. Kultakin näytealalta kerättiin vähintään viisi osanäytettä eri paikoista mahdollisimman puhtailta sammalkasvustoilta. Osanäytteet pyrittiin keräämään metsän aukkopaikoilta. Osanäytteet puhdistettiin maastossa roskista ja niistä leikattiin kolme nuorinta vuosikasvainta. Osanäytteet yhdistettiin yhdeksi havaintoalakohtaiseksi kokoomanäytteeksi. Näytteet pakastettiin ennen esikäsittelyä ja analysointia. Laboratoriossa sammalnäytteet kuivattiin lämpökaapissa n. 40°C lämpötilassa. Sammalen alkuaineiden pitoisuudet analysoitiin standardin EPA 3051A:2007 ja SFS-EN ISO 17294-2:2023 mukaisesti. Näytteistä määritettiin kadmiumin (Cd), kromin (Cr), kuparin (Cu), nikkelin (Ni), lyijyn (Pb), sinkin (Zn), vanadiinin (V) ja elohopean (Hg) pitoisuudet.

3.4.2 Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden määrittäminen

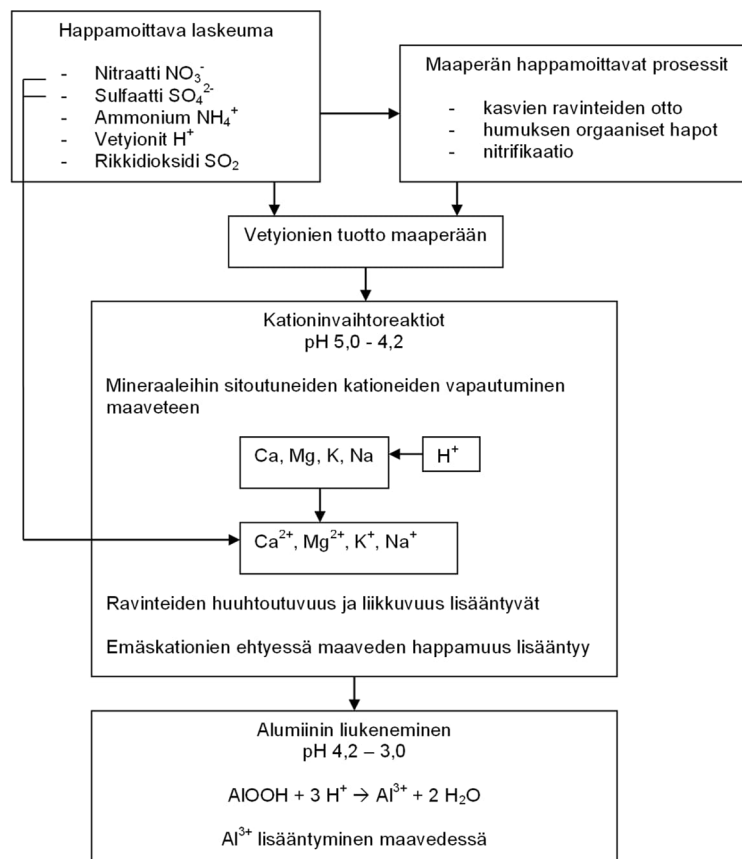
Maaperän alkuainepitoisuuksiin, ravinnetasoihin ja happamuuteen vaikuttavat luontaisten tekijöiden (esim. kivennäismaan geokemiallinen koostumus, maaperän ja humuskerroksen paksuus, maaperän raekoostumus, kivisyys, pohjaveden liikkuvuus, pohjavesipinnan korkeus, ilmastotekijät) lisäksi ihmisen toiminta, lähinnä ilman epäpuhtauksien aiheuttama laskeuma sekä erilaiset metsänkäsittelytoimet.

Metsäkasvillisuuden käytettävissä olevat ravinteet ovat sitoutuneet kivennäismaata peittävään humuskerrokseen. Humuskerroksen ominaisuuksiin vaikuttavat kasvillisuus sekä maaperän hajottajaeliöstön toimintaa säätelevät ympäristötekijät. (Tamminen 1998, Raitio ja Kärkkäinen 2002.) Maaperän ominaisuuksien ja kasvupaikan tuotoskyvyn välillä on havaittu riippuvuuksia, sen sijaan kasvupaikalle ominaisen puuston elinvoimaisuuden ja maaperän ominaisuuksien välillä yhteyttä ei ole havaittu, joitain ääreviä poikkeustapauksia lukuun ottamatta. (Tamminen 1998.)

Humuksen raskasmetallipitoisuuksien katsotaan kuvaavan sekä ilman kautta leviävää kuormitusta, että maaperästä peräisin olevien raskasmetallien määrää. Ilman kautta leviävä kuormitus voi olla peräisin kaukokulkeumasta, liikenteestä tai paikallisista päästölähteistä. Erityisesti humuskerroksesta analysoitujen kuparin ja lyijyn pitoisuuksien valtakunnallisten jakaumien on havaittu vastaavan hyvin sammalista analysoitujen pitoisuuksien jakaumia. (Tamminen 1998.) Laskeuman raskasmetallit kerääntyvät metsämaiden humuskerrokseen, jossa ne muodostavat yleensä vakaita kompleksiyhdisteitä. Metallien siirtyminen alapuolisiin maakerrokseen on riippuvaista orgaanisen aineksen liikkuvuudesta, jota happamoituminen kiihdyttää (Ulrich 1991). Raskasmetallit ovat mukana humuskerroksen ja kivennäismaan kationinvaihtoreaktioissa muuttaen maaperän kemiallista koostumusta. Kuolan niemimaalla voimakas raskasmetallilaskeuma Montsegorskin lähellä on mm. aiheuttanut maan pintakerroksen ravinteisuuden köyhtymistä (Derome ja Väre 1995). Vastaavanlaisia havaintoja on tehty myös Harjavallan seudulla (Jussila 1997) sekä Kokkolassa (Niskanen ym. 1998, Huuskonen ym. 2013).

Suomen metsämaat ovat luonnostaan melko happamia. Happamoitumista aiheuttavat luontaisesti mm. sade- ja maaveden hiilihappo, kasvien ravinteiden oton yhteydessä maahan siirtyvät vetyionit ja orgaanisen aineksen hajotessa syntyvät hapot. Neutraloivia prosesseja ovat puolestaan mineraalien rapautuminen sekä happamuuden muutoksia vastustavat puskurireaktiot. (Tamminen 1998.) Happamoittavaa laskeumaa aiheuttavat rikin ja typen oksidit, jotka muuttuvat ilmakehässä rikki- ja typpihapoksi. Laskeuma happamoittaa maaperää korvaamalla maahiukkasten pinnalla olevat vaihtuvat emäskationit vetyioneilla ja kiihdyttämällä happamoitumista puskuroivien emäskationien huuhtoutumista maaperästä. (Lindroos ja Derome 1998.) Maaperän emäskationivarastojen ehdyttyä maaveden vetyionien määrä lisääntyy, jolloin tietyssä vaiheessa myös maan silikaattimineraalien alumiini liukenee maaveteen (Kuva 3-3). Maaperän alumiini toimii osaltaan happamoitumisen puskurina. Happamuuden lisääntyessä sitoutunut alumiini vapautuu maaveteen liukoisena Al^{3+} :na, joka on korkeina pitoisuuksina esiintyessään haitallinen kasveille. Happaman laskeuman vaikutukset metsämaahan riippuvat paljolti maaperän ominaisuuksista, erityisesti emäskationien määrästä ja maaperän rapautumiskyvystä. Maaperän happamuus vaihtelee sekä ajallisesti (kasvukauden aikana ja vuodesta toiseen) että syvyysuunnassa. Humuskerroksen happamuudella on selvä yhteys kasvupaikan viljavuuteen. Happamoitumisella ei toistaiseksi ole Suomessa havaittu olevan suoria vaikutuksia puustoon, mutta happamoituminen vaikuttaa puustoon epäsuorasti mm. hidastamalla orgaanisen aineksen hajoamista. (Tamminen 1998.)

Maaperän pH on yksi tapa kuvata maan happamuutta, mutta se ei kerro maaperän kokonaishappamuutta. Maaperän vaihtohappamuus kuvaa maaperän happamuutta kuten pH-arvokin, mutta siinä missä pH-arvo kertoo vetyionikonsentraatiosta, saadaan vaihtohappamuutta mittaamalla tietoa myös mineraaleihin sitoutuneiden vetyionien määrästä. Kationinvaihtokapasiteetti kertoo kuinka paljon maahiukkanen voi pidättää positiivisesti varautuneita ioneja (kationeja) maa-aineksen pinnoille kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Tärkeimmät positiivisesti varautuneet ravinneionit ovat ammoniumtyyppi (NH_4^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}) ja magnesium (Mg^{2+}), minkä lisäksi myös monet hivenravinteet ovat positiivisesti varautuneita. Mitä suurempi kationinvaihtokapasiteetti, sitä enemmän maahan tai humukseen voi varastoitua (joitain) keskeisiä kasvinravinteita sähköisin varauksin ja sitä viljavampaa maa on. Raskasmetallit voivat heikentää humuksen ravinnepitoisuuksia. Esimerkiksi alumiinin kiinnittymisvoimakkuus, jolla alumiinikationi (Al^{3+}) kiinnittyy maapartikkelin pinnalle, on korkeampi verrattuna ravinnekationeihin, kuten kalium, kalsium ja magnesium. Alumiini syrjäyttääkin helposti esimerkiksi kaliumia jo melko pienillä pitoisuuksilla, kun taas alumiinin syrjäyttämiseen tarvitaan runsaasti kaliumia. (Mattila & Rajala 2018).



Kuva 3-3. Maaperän happamoitumiseen vaikuttavia tekijöitä ja happamoitumisen aiheuttamia muutoksia (Niskanen ym. 1998).

Vuonna 2025 tutkimus sisälsi yhteensä 105 humusala. Humusnäytteet kerättiin sovelletun standardin SFS 5671 mukaisesti. Jokaiselta näytealalta otettiin viisi osanäytettä humuskerroksesta, jotka yhdistettiin kokoomanäytteeksi. Näytteenotossa käytettiin muovihanskoja. Näytteistä poistettiin maastossa päälyskasvillisuus sekä isoimmat juuret. Näytteet pakastettiin näytteenoton jälkeen ennen esikäsittelyä ja analysointia. Näytteet kuivattiin 40 °C lämpötilassa ilmakuiviksi, jonka jälkeen ne jauhettiin ja seulottiin 2 mm seulalla. Näytteet ositettiin alkuainemäärittäystä sekä vaihtohappamuus ja kationinvaihtokapasiteetin määrittystä varten.

Alkuainepitoisuuksien määrittystä varten näytteet uutettiin ja analysoitiin samoilla menetelmillä kuin ja sammalnäytteetkin. Näytteistä määritettiin kadmiumin (Cd), kromin (Cr), kuparin (Cu), nikkelin (Ni), lyijyn (Pb), sinkin (Zn) ja vanadiinin (V) pitoisuudet.

Vaihtohappamuus ja kationinvaihtokapasiteetin määrittämiseen humusnäyte uutettiin 0,1 M BaCl₂-liuoksella (uuttosuhde 1:10). Näyte suodatettiin imusuodatuksella ja uutteen pH mitattiin. Näytteen vaihtohappamuus määritettiin titraamalla osanäyte 0,01M NaOH-liuoksella pH arvoon 8,2. Vaihtohappamuus laskettiin NaOH:n kulutuksen perusteella. Tulos on ilmoitettu cmol⁺/kg (= meq/100g). BaCl₂-uutteiden kationipitoisuudet analysoitiin ICP-OES menetelmällä ja saatujen tulosten perusteella määritettiin laskennallisesti Al(III), Ca(II), K(I), Mg(II), Na(I) pitoisuudet yksikössä cmol⁺/kg. Kationinvaihtokapasiteetti laskettiin titraamalla saadun vaihtohappamuuden sekä laskennallisten kationipitoisuuksien summana yksikössä cmol⁺/kg.

3.4.3 Humusten dioksiini- ja furaanimääritykset

Dioksiinit ja furaanit (PCDD/F-yhdisteet) ovat yhteisnimike 210 klooratulle orgaaniselle yhdisteelle, joista osa on erittäin myrkyllisiä. Dioksiini- ja furaanipäästöt syntyvät pääasiassa tahattomina sivutuotteina erilaisissa palamis- ja teollisuusprosesseissa. Nämä yhdisteet ovat kemiallisesti ja mikrobiologisesti erittäin pysyviä yhdisteitä, eivätkä juurikaan hajoa luonnossa. Ne sitoutuvat tiukasti maaperän orgaaniseen ainekseen eli humukseen ja kertyvät ravintoketjussa. Rasvaliukoisuuden takia ne kertyvät ihmisissä ja eläimissä rasvakudoksiin. Ne ovat syöpää aiheuttavia ja siten haitallisia ihmisten terveydelle. Yleisin altistus dioksiineille ja furaaneille tulee ravinnosta, etenkin kalan kautta. PCB-yhdisteet ovat kloorattuja aromaattisia hiilivetyjä, joita tunnetaan 209 yhdistettävä. Biologisesti 12 näistä on samankaltaisia kuin dioksiinit ja furaanit, minkä takia niitä kutsutaan dioksiinin kaltaisiksi PCB-yhdisteiksi. Myös nämä kestävät hyvin biologista ja kemiallista hajoamista luonnossa, ja kuten dioksiinit, ne kertyvät ravintoketjussa ylöspäin siirryttäessä suuremmiksi pitoisuuksiksi. (Eurofins Oy 2024).

3.4.4 Raja-arvot

Valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista koskevassa asetuksessa (VNA 214/2007) (PIMA-asetus) on säädetty maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Asetuksessa on annettu pitoisuuksille kynnysarvot sekä alemmat ja ylempät ohjearvot metalleille (Taulukko 3-10) sekä dioksiineille ja furaaneille ja dioksiinien kaltaisille PCB yhdisteille (Taulukko 3-11). Kynnysarvojen ylittyessä maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Maaperää pidetään pilaantuneena, jos ylempi kynnysarvo on ylittynyt teollisuus-, varasto- tai liikennealueella taikka muulla vastaavalla alueella. Alempia ohjearvoja sovelletaan muille alueille (4§). PIMA-asetuksen raja-arvoja voidaan verrata humuksen alkuaine- sekä dioksiini- ja furaanipitoisuuksiin.

Taulukko 3-10. Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettävät kynnys- ja ohjearvot metalleille (VNA 214/2007). Sarakkeissa e-kirjain viittaa ekologiseen riskiin, t-kirjain terveydelliseen riskiin.

Metalli	Luontainen pitoisuus (mg/kg)	Kynnys-arvo (mg/kg)	Alempi ohjearvo (mg/kg)	Ylempi ohjearvo (mg/kg)
Arseeni	1 (0,1-25)	5	50 (e)	100 (e)
Elohopea	0,005 (<0,005-0,05)	0,5	2 (e)	5 (e)
Kadmium	0,03 (0-01-0,15)	1	10 (e)	20 (e)
Koboltti	8 (1-30)	20	100 (e)	250 (e)
Kromi	31 (6-170)	100	200 (e)	300 (e)
Kupari	22 (5-110)	100	150 (e)	200 (e)
Lyijy	5 (0,1-5)	60	200 (t)	750 (e)
Nikkeli	17 (3-100)	50	100 (e)	150 (e)
Sinkki	31 (8-110)	200	250 (e)	400 (e)
Vanadiini	38 (10-115)	100	150 (e)	250 (e)

Taulukko 3-11. Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettävät kynnys- ja ohjearvot dioksiineille ja furaaneille (VNA 214/2007). Sarakkeissa e-kirjain viittaa ekologiseen riskiin, t-kirjain terveydelliseen riskiin.

	Kynnys-arvo (ng/kg)	Alempi ohjearvo (ng/kg)	Ylempi ohjearvo (ng/kg)
PCDD-PCDF-PCB*	10	100 (t)	1500 (e)

*Summapitoisuus WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitettuna sisältäen PCDD/F-yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet.

3.5 Paikkatietomenetelmät

Paikkatietoaineistojen käsittelyssä, tuottamisessa ja visualisoinnissa käytettiin QGIS ohjelmistoa (versiot 3.34 ja 3.24). Vyöhykekartat interpoloitiin kriging-menetelmä lineaarisella mallilla käyttäen QGIS:n Smart-Map-lisäosaa 1.5 (Pereira ym. 2022). 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. Autokorrelaatio tarkoittaa sitä, että toisiaan lähellä olevissa paikoissa vastemuuttujan arvot ovat keskenään keskimäärin samanlaisempia kuin toisistaan kaukana olevissa paikoissa.

Vyöhykekarttoja tarkasteltaessa tulee huomioida, että interpolointitulos 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 tutkimusalaverkon alueilla interpoloinnin tulokseen tulee huomattavasti enemmän epävarmuustekijöitä. Kun tutkimusalaverkosto on harva, yksittäisen alan tulos vaikuttaa laajempiin alueisiin kuin jos tutkimusalaverkko olisi tiheä Tämä voi korostaa yksittäisten pisteiden vaikutusta ja saada alueelliset vaihtelut näyttämään suuremmilta kuin mitä ne todellisuudessa ovat, minkä vuoksi vyöhykekarttoja tulee tulkita varauksella.

3.6 Tilastomenetelmät

Tilastomenetelmien avulla pyrittiin saamaan tietoa ilmanlaatu- ja taustamuuttujien vaikutuksesta tutkittuihin muuttujiin, muuttujien välisestä yhteisvaihtelusta sekä vuosien välisistä eroista. Tilastomenetelmin tutkittiin taustamuuttujien (metsikkötunnukset ja ilmanlaatu- ja päästöjä kuvaavat muuttujat) vaikutusta tutkittuihin muuttujiin sekä muuttujaryhmien välistä yhteisvaihtelua. Tilastollisten testien tekemiseen käytettiin tilasto-ohjelmaa R Statistics 4.3.3 (R Core team 2024) ja sen lisäosia Hmisc 5.2-5 (Harrell 2025), dunn.test 1.3.6 (Dinno 2024) ja tidyverse 2.0.0 (Wickham ym. 2019).

Vuosien välisiä eroja tutkittiin parittaisella t-testillä. Jos aineistot eivät olleet normaalijakautuneita, eroja tutkittiin vastaavalla parametrittomalla Wilcoxonin merkkitestillä. Muuttujien välistä yhteisvaihtelua tutkittiin Spearmanin järjestyskorrelaatioiden avulla. Kasvupaikkatyyppin vaikutusta indikaattorimuuttujiin tutkittiin Kruskal-Wallisparametrittomalla varianssianalyysillä ja Dunnin testillä. Muuttujien ja muuttujaryhmien välisiä yhteyksiä tutkittiin faktorianalyysin avulla käyttäen varimax-rotatiota. Taajama- ja tausta-alojen välisiä eroja tutkittiin Mann-Whitney U -analyysillä.

3.7 Virhelähteet ja luotettavuus

3.7.1 Männyn runkojäkälät

Jäkäläkartoituksen tulosten luotettavuuteen vaikuttavat erityisesti kartoituksen tekijöiden lajintuntemus sekä kokemus bioindikaattoritutkimusten tekemisessä. Standardissa SFS 5670 esitettyjen 12 indikaattorilajin lajintuntemuksen lisäksi tulee tuntea muut runkojäkälät, sillä muuten indikaattorilajit voivat sekoittua muihin lajeihin. Ilman epäpuhtaudet voivat myös aiheuttaa lajien ulkonäköön huomattavia muutoksia, minkä vuoksi pelkkä luonnontilaisten jäkälien tunteminen ei ole tutkimuksen kannalta riittävää.

Eri jäkälälajien esiintymisen kirjaaminen voi vaihdella eri arvioitsijoiden kesken, sillä muun muassa leväpeitteen ja seinäsuomujäkälän havainnointi on erityisen hankalaa niiden kasvutavan takia. Edellä kuvattujen lajien esiintyminen voi vaihdella pienestä laikusta tai yksittäisestä suomusta yhtenäiseen tiiviiseen peitteeseen. Tyvikarpeiden osalta esiintymiseksi kirjattiin vain selvästi erottuva sekovarsi, eikä kaarnan pinnalla olevaa kellertävää tai vaaleaa jauhomaista kasvustoa. Lajien esiintymisen kirjaamisen lisäksi subjektiivisiin arvioihin pohjautuva jäkälien näkyvien vaurioiden arviointi ja luokittelu aiheuttavat myös tutkijakohtaisia eroja jäkäläkartoituksen tuloksiin. Virhelähteiden pienentämiseksi maastoryhmän arviointitasot saatettiin samalle tasolle ennen maastokauden alkua. On kuitenkin hyvä huomioida, että vuoden 2025 tutkimukseen osallistuivat eri henkilöt kuin aiempiin alueilla tehtyihin tutkimuksiin.

Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen selvityksessä (Polojärvi ym. 2005) männyn epifyyttijäkälän 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 leväpeitetä esiintyi mäntyjen rungoilla hyvin pieninä vihertävinä laikkuina. Leväpeitteestä poiketen seinäsuomujäkälän havainnoinnissa ei eroja todettu. (Taulukko 3-12.)

Taulukko 3-12. Jäkälähavaintojen mittaustarkkuus 95 %:n luottamusvälillä.

	ARVIOINTITARKKUUS	ERO TULOKSISSA
<i>Sormipaisukarpeen vauriot</i>		
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
<i>Jäkälälajien lukumäärä</i>		
Yhden havainnoijan arvioiden välinen vaihtelu	11 - 23 %	0,9 - 1,6 lajia
Usean havainnoijan välinen vaihtelu yhdellä havaintoalalla	0 - 5 %	0 - 0,9 lajia
<i>Sormipaisukarpeen peittävyys</i>		
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.

3.7.2 Sammalet ja humus

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseurannan yhteydessä on arvioitu sammalen ja humuksen metallipitoisuuksien määrittämisen mittaustarkkuutta (Veijola ja Niskanen 1998). Selvityksessä analysoitiin erikseen samoilta kahdelta näytealoilta (Nuuksio ja Puolarmetsä) otetut 10 sammal- ja humusnäytettä kokoomanäytteen tarkkuuden arvioimiseksi. Mitattaville muuttujille arvioitiin luottamusvälit, kun kokoomanäytteet oletettiin koostuvan 5–15 osanäytteestä. Jotta muuttujan mittaustarkkuus olisi helpompi mieltää, esitettiin tulokset standardoimalla keskiarvo sadaksi. Käytännössä esim. luottamusväli 100 ± 40 voidaan tulkita niin, että eri alueiden tai vuosien välisen eron tulee olla suurempi kuin 40 %, jotta ne tilastollisesti eroaisivat toisistaan.

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseurannan sammalnäytteistä tutkittiin kadmiumin, lyijyn, vanadiinin, nikkelin, raudan, sinkin ja elohopean pitoisuudet ja humusnäytteistä kalsiumin, magnesiumin, kaliumin, natriumin ja alumiinin pitoisuudet. Taulukoissa alla (Taulukko 3-13 ja Taulukko 3-14) on verrattu 5 ja 10 osanäytteestä muodostetun kokoomanäytteen mittaustarkkuutta. Tulosten perusteella analysoitaessa useampia osanäytteitä saavutetaan pienempi vaihteluväli. Sammalten osalta paras mittaustarkkuus oli sinkillä, heikoin nikkelillä. Humusten osalta paras mittaustarkkuus oli magnesiumilla ja heikoin alumiinilla.

Taulukko 3-13. Sammalten metallipitoisuuksien 95 %:n luottamusväli, kun kokoomanäyte koostuu 5 tai 10 osanäytteestä (keskiarvo standardoitu 100:ksi).

5 osanäytettä			10 osanäytettä	
	Nuuksio	Puolarmetsä	Nuuksio	Puolarmetsä
Cd	100 ± 19	100 ± 19	100 ± 11	100 ± 11
Pb	100 ± 13	100 ± 23	100 ± 8	100 ± 13
V	100 ± 29	100 ± 28	100 ± 17	100 ± 16
Ni	100 ± 74	100 ± 48	100 ± 43	100 ± 28
Fe	100 ± 39	100 ± 29	100 ± 23	100 ± 17
Zn	100 ± 17	100 ± 10	100 ± 10	100 ± 6
Hg	100 ± 33	100 ± 40	100 ± 19	10 ± 23

Taulukko 3-14. Humuksen muuttujien 95 %:n luottamusväli, kun kokoomanäyte koostuu 5 tai 10 osanäytteestä. Keskiarvo on standardoitu 100:ksi. Metallipitoisuuksien yksikkönä käytettiin meq/dm^3 .

5 osanäytettä			10 osanäytettä	
	Nuuksio	Puolarmetsä	Nuuksio	Puolarmetsä
Ca	100 ± 55	100 ± 46	100 ± 32	100 ± 26
Mg	100 ± 31	100 ± 40	100 ± 18	100 ± 23
K	100 ± 45	100 ± 58	100 ± 26	100 ± 34
Na	100 ± 32	100 ± 49	100 ± 18	100 ± 28
Al	100 ± 56	100 ± 52	100 ± 32	100 ± 30



4 Tulokset

4.1 Mäntyjen runkojäkälät

Mäntyjen jäkälälajistoa kuvaavien muuttujien keskiarvot, suurin ja pienin arvo sekä keskihajonta on esitetty taulukossa alla (Taulukko 4-1). Kutakin jäkälälajistoa kuvaavaa muuttujaa on tarkasteltu tarkemmin seuraavissa luvuissa. Jäkälätutkimuksen tarkemmat tulokset on koostettu liitteisiin 26a ja 26b.

Taulukko 4-1. Männyn runkojäkälien ilmanpuhtausindeksin, alakohtaisen ja puukohtaisen lajimäärän, sormipaisukarpeen vaurioasteen, yleisen vaurioasteen, sormipaisukarpeen peittävyys, luppojen peittävyys ja levän yleisyyden keskiarvo, keskihajonta ja pienin ja suurin arvo vuonna 2025. Lajimääriä laskettaessa ei ole huomioitu levää ja seinäsuomujäkälää.

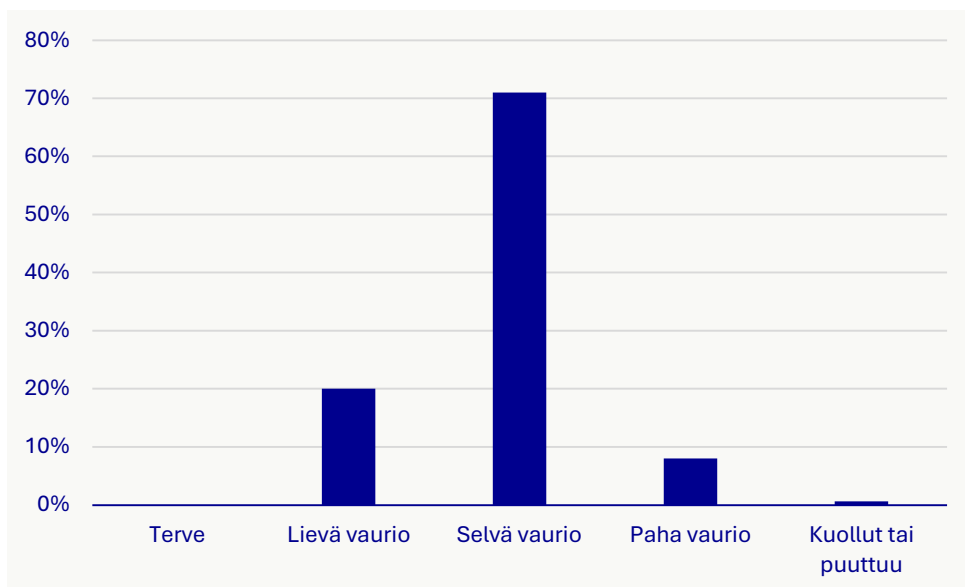
n=303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
IAP	2,1	0,2	4,1	0,63
Lajimäärä/näyteala	5,5	1	9	1,5
Lajimäärä/puu	3,9	0	8	1,4
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
Yleinen vaurioaste	3,6	2,2	4,6	0,4
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	10,1	0	44,6	8,6
Luppojen peittävyys (%)	0,07	0	2,8	0,3
Levän yleisyys	0,4	0	5	1,05

4.1.1 Sormipaisukarpeen vaurioaste

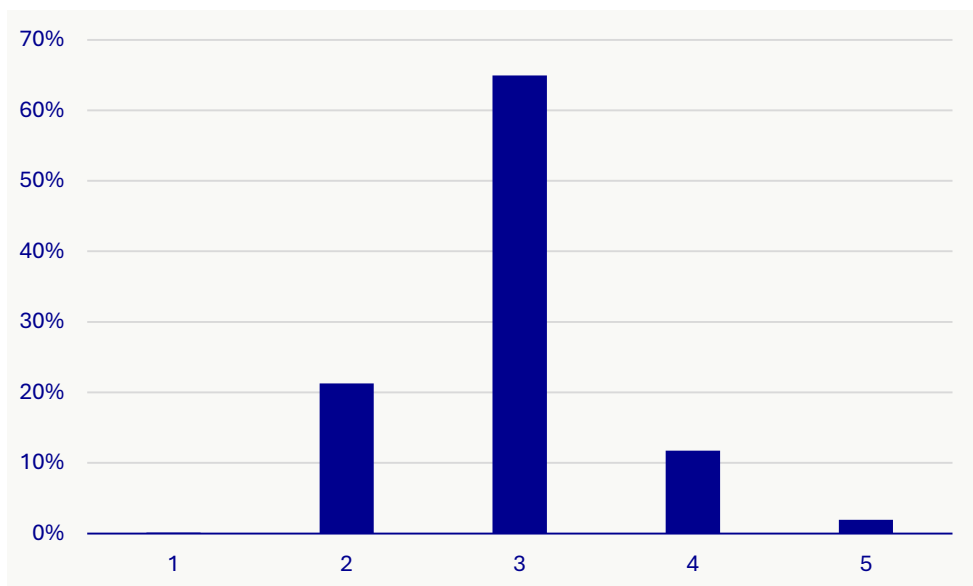
Sormipaisukarpeen vaurioasteita arvioitiin yhden vaurioluokan välein asteikolla 1-5 standardin SFS5670 mukaan (ks.Taulukko 3-7,Kuva 4-1), jossa vaurioluokka 1 = terve, 2 = lievästi vaurioitunut, 3 = selvästi vaurioitunut, 4 = pahasti vaurioitunut ja 5 = kuollut tai puuttuva. Vauriot arvioitiin runkokohtaisesti, minkä perusteella on laskettu tutkimusalan keskimääräinen vaurioaste.

Sormipaisukarpeen vauriot olivat tutkimusalueella keskimäärin selviä (keskimääräinen vaurioaste 2,9). Vaurioasteet vaihtelivat tutkimusalueella lievästi vaurioituneesta kuolleeseen tai puuttuvaan (Kuva 4-1). Vaurioiden jakaantumista koko aineistossa tutkittiin luokittelemalla vaurioasteet sekä havaintoaloittain että havaintopuittain (Kuva 4-1,Kuva 4-2). Suurimmalla osalla (71 %) havaintoaloista sormipaisukarve oli selvästi vaurioitunutta. Sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta 20 %:lla havaintoaloista ja pahasti vaurioitunutta 8 %:lla havaintoaloista. Sormipaisukarve puuttui kahdelta havaintoalalta.

Tutkimuspuittain tarkasteltuna sormipaisukarve oli melkein tervettä (vaurioaste alle 2) 0,13 %:lla havaintopuista. Suurin vaurioluokka oli selvästi vaurioitunut, johon kuului noin 65 % tutkimuspuista (vaurioluokka 3). Seuraavaksi eniten (21 %) tutkimuspuilla havaittiin lievästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta. Vaurioluokkaan paha kuului noin 12 % rungoista. Sormipaisukarve puuttui kokonaan 1,9 %:lla rungoista. Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu millään puulla.

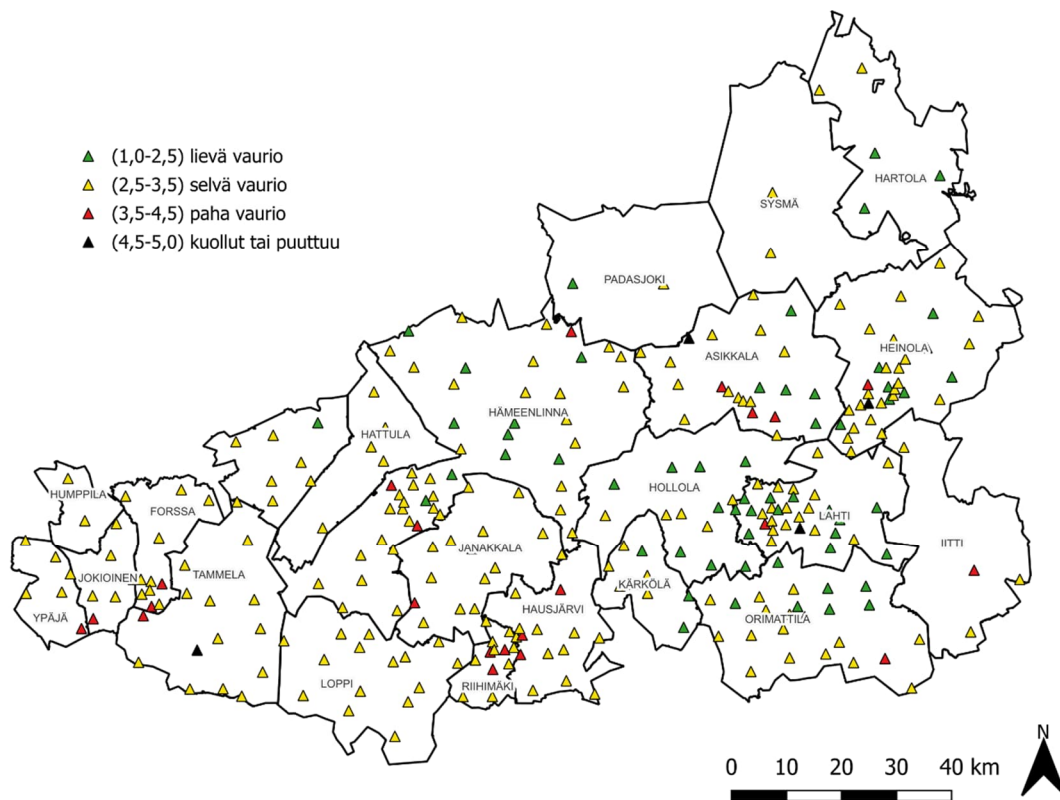


Kuva 4-1. Sormipaisukarpeen vaurioasteet havaintoaloilla luokittain vuonna 2025. N = 303.



Kuva 4-2. Sormipaisukarpeen vaurioasteet luokiteltuna rungoittain vuonna 2025. N = 1515.

Tutkimusalueella sormipaisukarve esiintyy pääosin lievästi tai selvästi vaurioituneena. Yleisimmän vaurioluokan muodostavat selvästi vaurioituneet esiintymät (vaurioluokka 2,5–3,5), joita havaittiin laajasti lähes koko tutkimusalueella. Lievästi vaurioituneita kohteita (1,0–2,5) esiintyy erityisesti Hollolan ja Lahden alueilla sekä paikoin Hämeenlinnan ja Padasjoen seuduilla, joissa sormipaisukarve on paikoin hyväkuntoisempaa. Pahasti vaurioituneet esiintymät (3,5–4,5) ovat tutkimusalueella selvästi harvinaisempia ja painottuvat taajamien, teollisuusalueiden ja vilkkaiden liikenneväylien läheisyyteen, muun muassa Lahden, Riihimäen, Forssan ja Heinolan seuduille. Lisäksi yksittäisiä kuolleita tai puuttuvia esiintymiä (4,5–5,0) havaittiin pistemäisesti eri puolilla tutkimusaluetta, painottuen alueille, joilla maankäyttö on voimakkaasti muokattua. Vaurioituneiden esiintymien sijoittuminen voisi viitata siihen, että paikalliset kuormitustekijät, kuten teollinen toiminta, energiantuotanto, liikenne ja muu intensiivinen maankäyttö, vaikuttavat sormipaisukarpeen vaurioasteeseen. Sen sijaan vähäisemmän kuormituksen alueilla sormipaisukarve esiintyy pääosin lievästi vaurioituneena. (Kuva 4-3.) Sormipaisukarpeen vaurioastetta tarkasteltaessa on huomioitava, että käytössä oleva arviointiasteikko sisältää standardin mukaisesti vain kokonaisluvut. Vuoden 2014 tutkimuksessa asteikkoon sisältyi myös puolikkaita arvoja ja tämä arviointitavan muutos näyttää vaikuttaneen vaurioasteeseen heikentävästi.



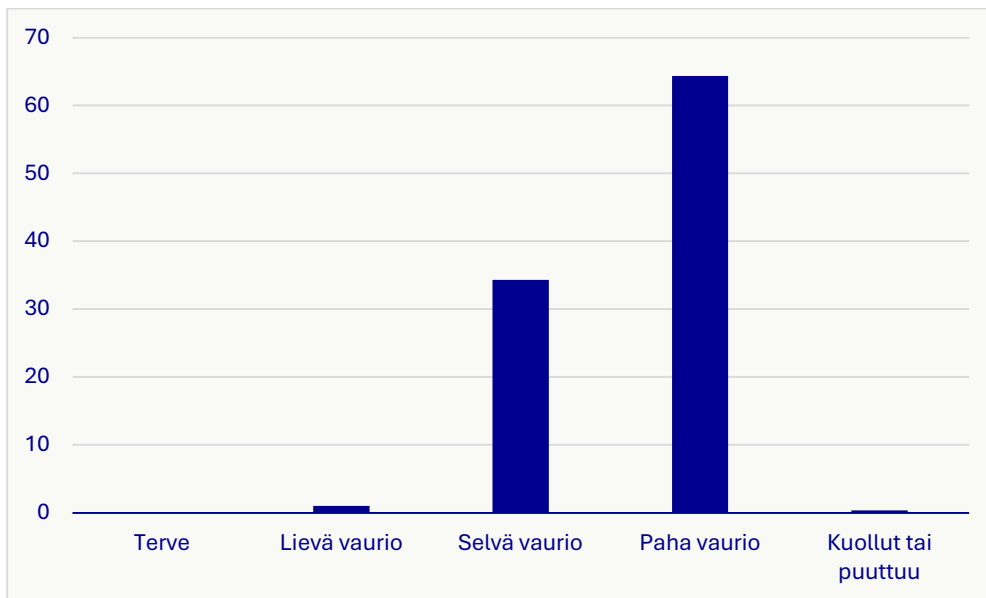
Kuva 4-3. Sormipaisukarpeen vaurioasteet havaintoaloilla vuonna 2025.

4.1.2 Yleinen vaurioaste

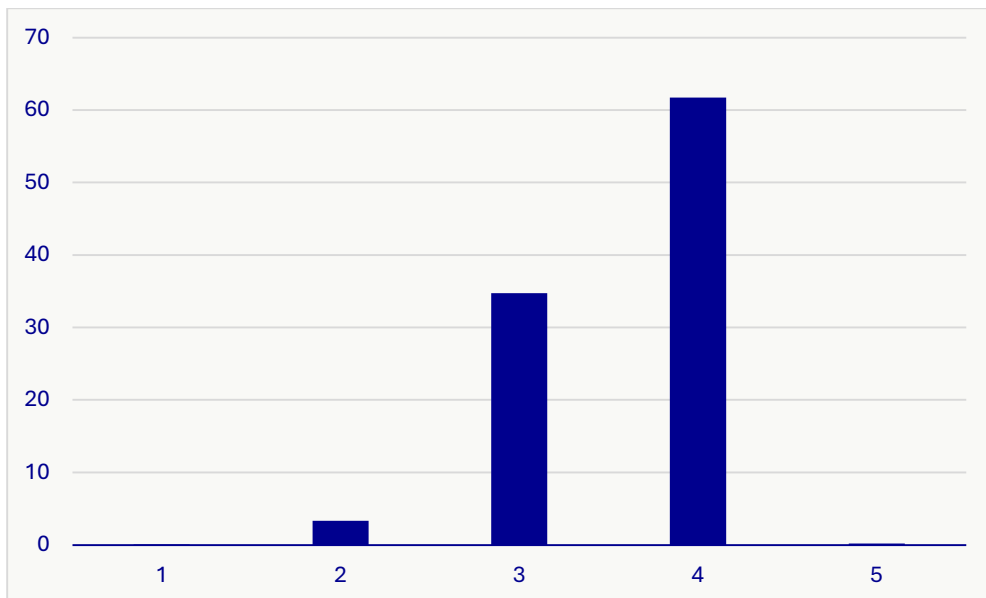
Yleinen vaurioaste arvioitiin yhden vaurioluokan välein asteikolla 1–5 (ks. Taulukko 3-6). Vauriot arvioitiin runkokohtaisesti, minkä perusteella on laskettu tutkimusalan keskimääräinen vaurioaste.

Yleinen vaurioaste oli keskimäärin 3,5, eli jäkälälajisto oli tutkimusalueella keskimäärin selvästi vaurioitunutta. Vaurioasteet vaihtelivat lievästä vauriosta kuolleeseen tai puuttuvaan (Kuva 4-4). Vaurioiden jakaantumista koko aineistossa tutkittiin luokittelemalla vaurioasteet sekä tutkimusaloittain että -puittain (Kuva 4-4 ja Kuva 4-5). Suurimmalla osalla (57 %) tutkimusaloista eli 174 tutkimusalalla jäkälät olivat pahasti vaurioituneita. Tätä selittää vaurion arviointiasteikko, jossa puu luokitetaan automaattisesti vaurioluokkaan 4, jos sillä ei kasva lainkaan pensasmaisia lajeja. Lisäksi suurella osalla (126 tutkimusalalla) aloista jäkälälajisto oli selvästi vaurioitunutta. Lievästi vaurioituneita aloja oli noin 1 % tutkimusaloista, täysin terveitä aloja ei ollut. Jäkälälajisto oli kuollutta 1 tutkimusalalla.

Tutkimuspuittain tarkasteltuna suurin ryhmä oli pahasti vaurioituneet, johon kuului 57 % tutkimuspuista, yhteensä 858 puuta. Seuraavaksi eniten tutkimuspuita kuului vaurioluokkaan kolme (40 %). Lievästi vaurioituneita puita oli noin 3 %. Yleisen vaurioasteen osalta lähes terveitä puita oli tutkimusalueella yksi, ja lajisto oli kokonaan tai melkein kuollut kolmella puulla. (Kuva 4-5.)

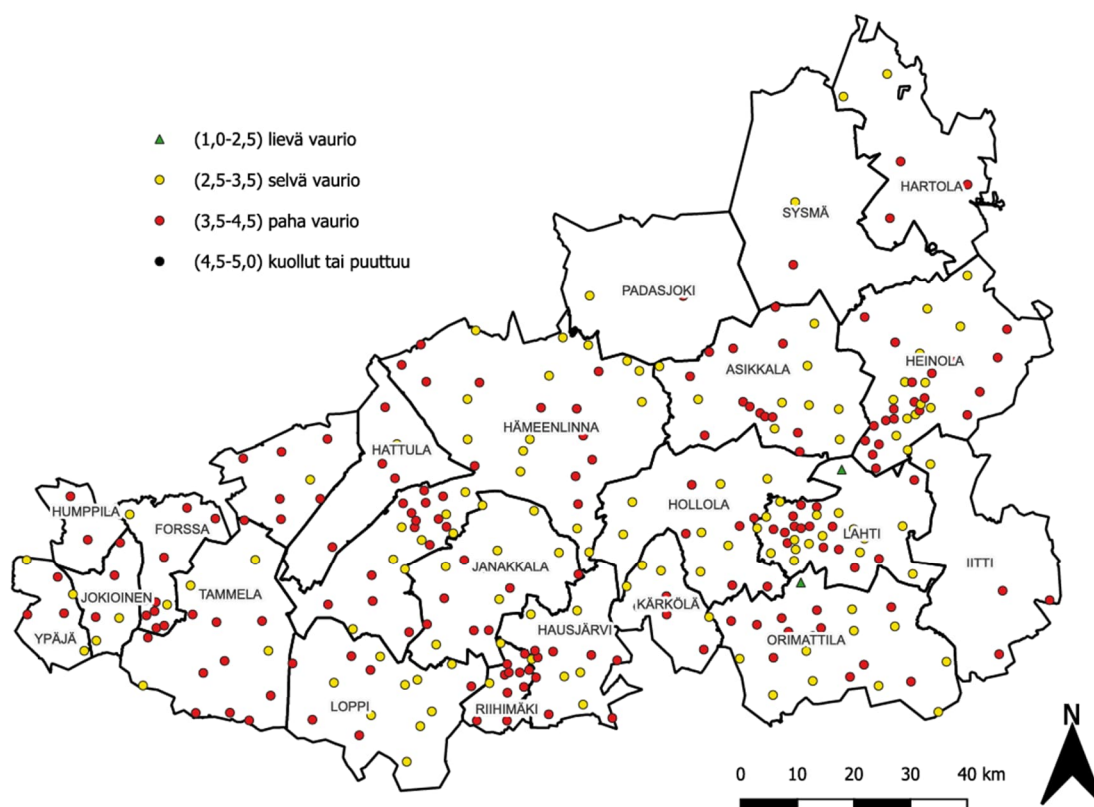


Kuva 4-4. Yleiset vaurioasteet luokiteltuna aloittain vuonna 2025. N = 303.



Kuva 4-5. Yleiset vaurioasteet luokiteltuna rungoittain vuonna 2025. N = 1515.

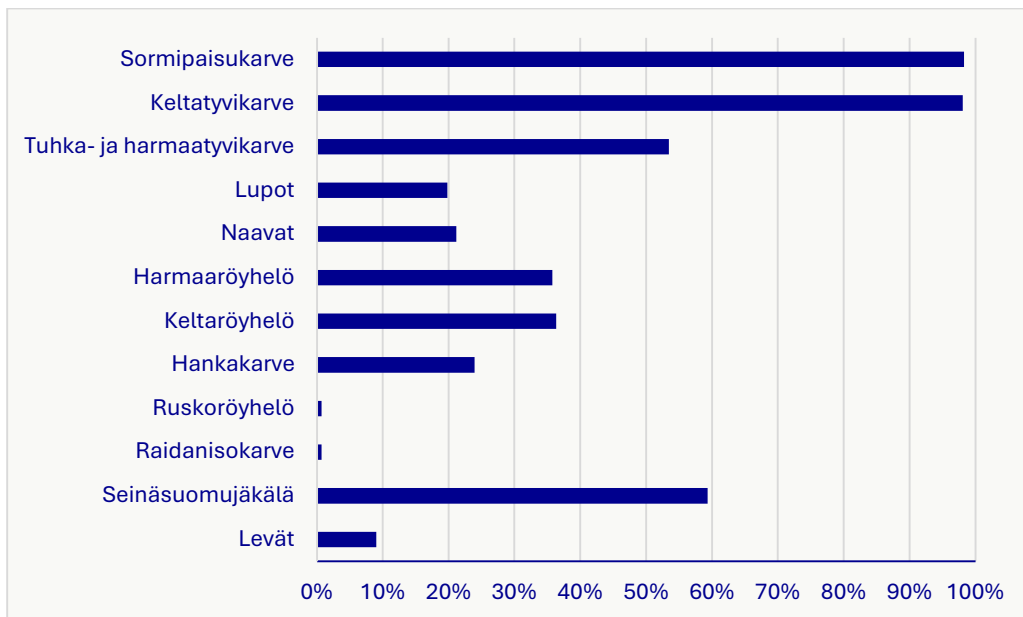
Jäkälälajiston yleiset vauriot painottuvat tutkimusalueella erityisesti selvän ja pahan vaurioluokan kohteisiin, jotka ovat yleisiä lähes koko alueella. Selvän ja pahan vaurioluokan vyöhykkeitä muodostuu paikoin Lahden, Hollolan, Hämeenlinnan, Riihimäen, Forssan ja Heinolan alueille, joissa vaurioituneet kohteet esiintyvät tiheinä keskittyminä. Lisäksi vauriot painottuvat Hämeenlinna–Padasjoki–Asikkala-suuntaiselle vyöhykkeelle, jossa havaitaan runsaasti selvästi ja pahasti vaurioituneita kohteita. Lievän vaurioluokan kohteita esiintyy tutkimusalueella vain yksittäisinä ja hajanaisinä pisteinä, eikä niistä muodostu laajoja yhtenäisiä alueita. Kuolleita tai puuttuvia kohteita havaittiin satunnaisesti eri puolilla tutkimusaluetta, mutta ne eivät muodosta selkeitä vyöhykkeitä. Vaurioiden alueellinen sijoittuminen viittaa siihen, että voimakas maankäyttö, kuten taajamarakenne, teollisuustoiminta, energiantuotanto ja vilkas liikenne, selittää monin paikoin havaittua vauriotasoa erityisesti Lahden, Kärkölen, Orimattilan, Hattulan ja Heinolan alueilla. (Kuva 4-6.)



Kuva 4-6. Yleinen vaurioaste havaintoaloilla vuonna 2025.

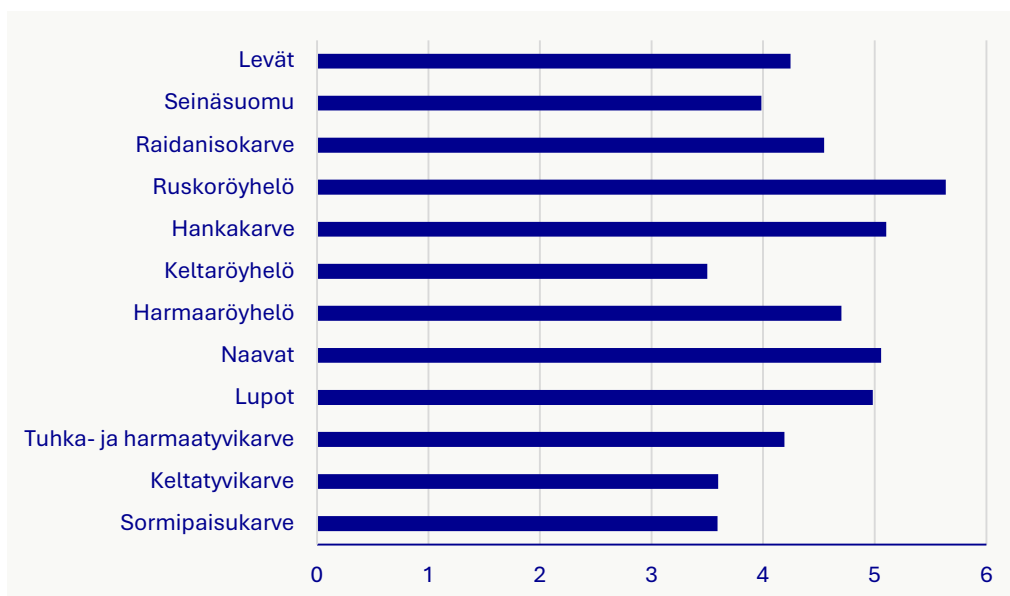
4.1.3 Jäkälälajien määrät ja yleisyys

Yleisimmät lajit tutkimusalueella olivat sormipaisukarve ja keltatyvikarve, joita esiintyi lähes kaikilla tutkimuspuilla. Muita yli puolella tutkimuspuista esiintyneitä lajeja olivat seinäsuomujäkälä (59 % tutkimuspuista) ja harmaa- ja tuhkatyvikarve (53 % puista). Ilman epäpuhtauksista hyötyvää levää havaittiin noin 8 %:lla tutkimuspuista. Ilman epäpuhtauksille herkkiä loppoja havaittiin 20 %:lla puista, ja naavoja 21 %:lla. Raidanisokarvetta tavattiin alle yhdellä prosentilla tutkimuspuista. (Kuva 4-7).



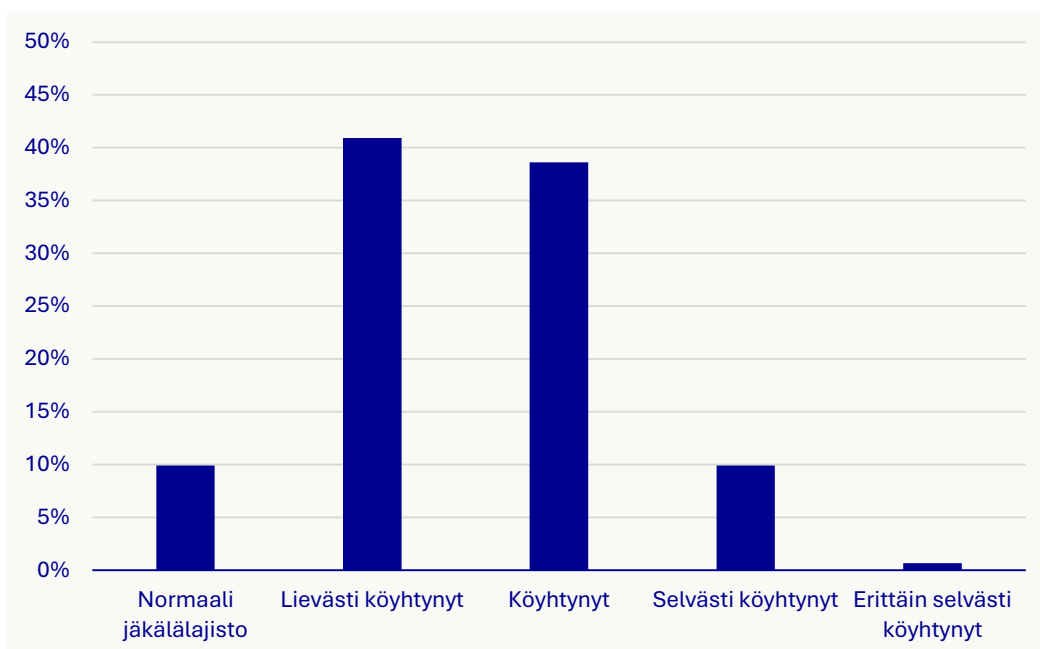
Kuva 4-7. Männyn runkojäkälien esiintymistiheys tutkimusalueella vuonna 2025. N = 1515.

Runkojäkäläien seuralaislajien, eli kyseisen lajin kanssa samalla rungolla esiintyvien muiden lajien määrät, on esitetty kuvassa alla (Kuva 4-8). Eniten seuralaislajeja (seuralaislajimäärät suluissa) oli ruskoröyhelöllä (5,6), hankakarpeella (5,1) ja naavoilla (5,1). Vähiten seuralaislajeja oli keltaröyhelöllä (3,5), sormipaisukarpeella (3,6) ja keltatyvikarpeella (3,6). Havaitut seuralaislajimäärät noudattavat melko hyvin oletuksia jäkälien herkkyystä ilman epäpuhtauksille.

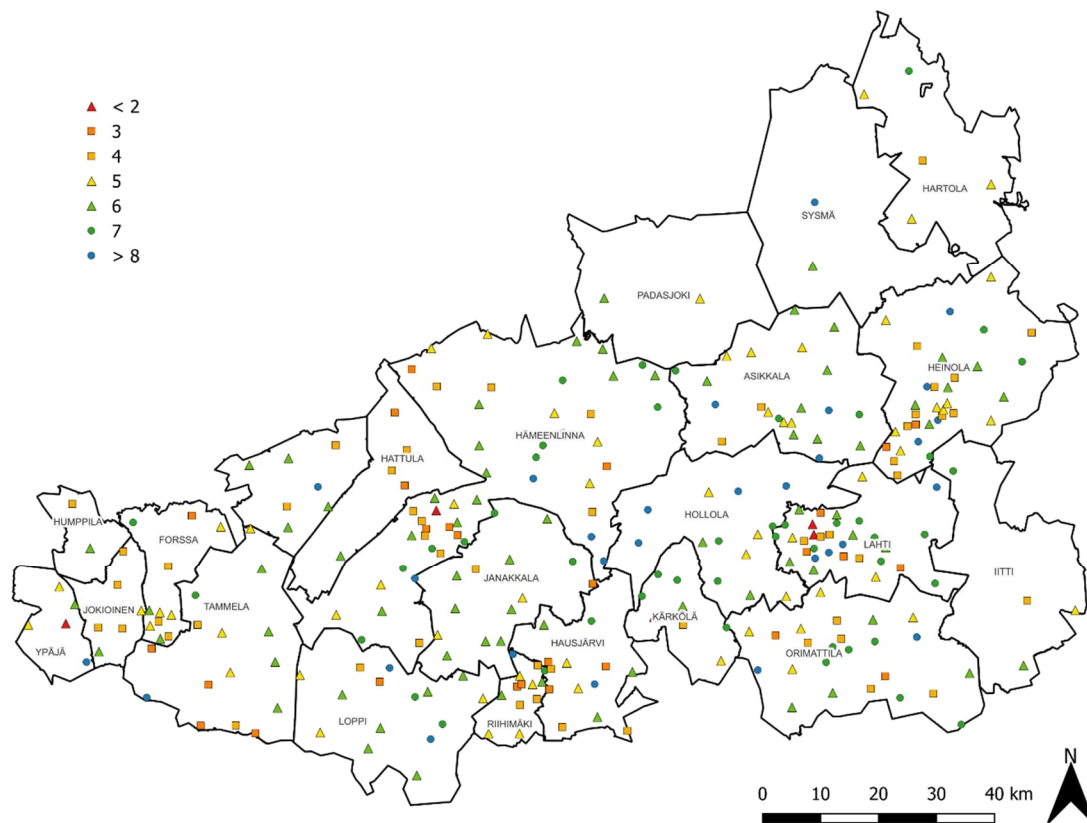


Kuva 4-8. Männyn runkojäkälien seuralaislajien lukumäärät tutkimusalueella vuonna 2025.

Tutkimusaloilla havaittiin keskimäärin 5,5 lajia lajilukumäärän vaihdellessa 1:n ja 9:n välillä. Tutkimuspuukohtainen keskimääräinen lajilukumäärä oli 4,6 lajia (vaihteluväli 0–9 lajia). Tutkimusalakohdaisen lajimäärän perusteella lajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyt, tutkimuspuukohtaisen lajimäärän perusteella köyhtynyt. Noin 41 % tutkimusaloista oli luokassa lievästi köyhtynyt (6–7 lajia) ja noin 39 % luokassa köyhtynyt (4–5 lajia). Erittäin selvästi köyhtyneitä aloja (0 tai 1 ilman epäpuhtauksista kärsivää lajia) oli tutkimusalueella vain 2 kappaletta, jotka sijaitsivat Lahden ja Hausjärven alueilla. Jäkälälajisto oli normaalia noin 10 %:lla tutkimusaloista (Kuva 4-9). Tällaisia aloja sijaitsi ympäri tutkimusaluetta, lukumääräisesti erityisen runsaasti Lahdessa ja Hämeenlinnassa (Kuva 4-10). Lajistoltaan köyhtyneet vyöhykkeet olivat melko pienialaisia ja sijoittuivat tutkimusalueella Lahteen, Riihimäen itäosaan sekä Hämeenlinnan keskiosaan. Myös Heinolan teollisuuskeskittymien lähistöllä lajisto oli köyhtyneempää. (Kuva 4-10).



Kuva 4-9. Tutkimusalojen jakaantuminen luokkiin lajilukumäärän perusteella vuonna 2025. N = 303.



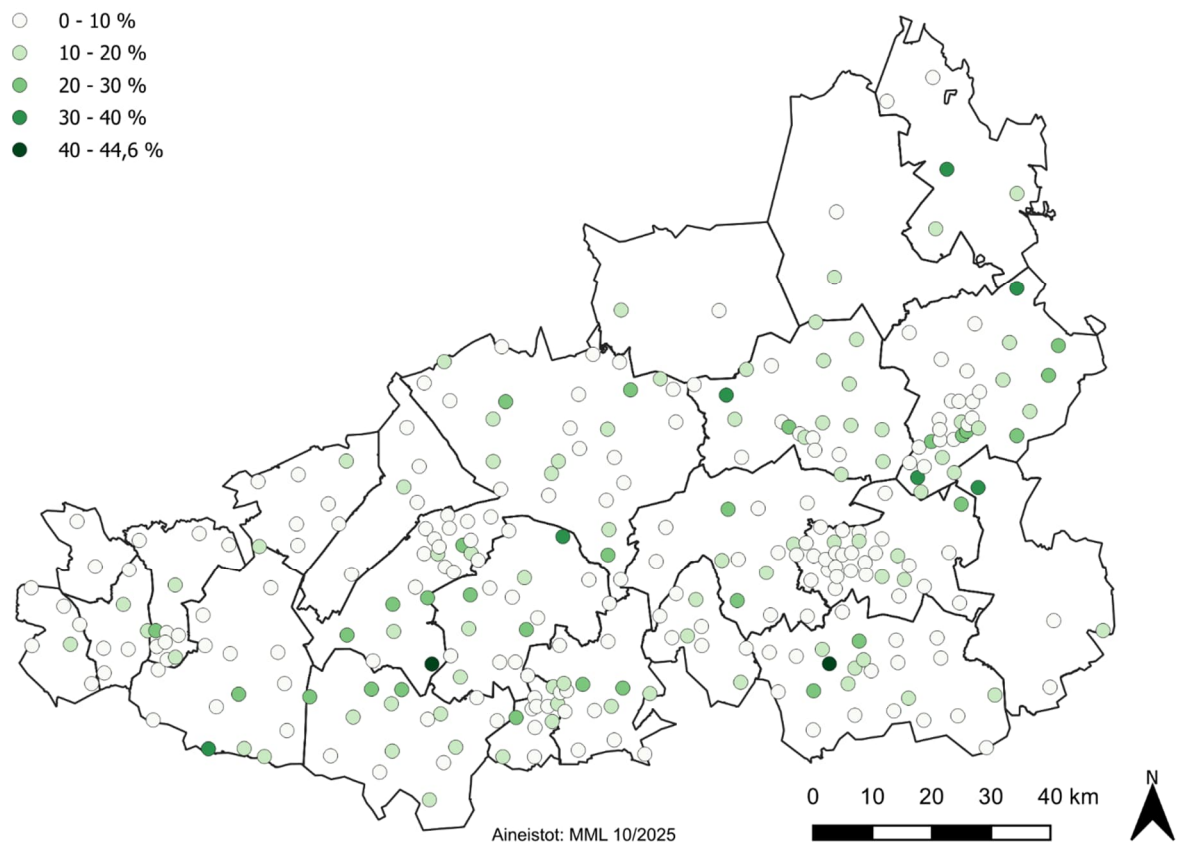
Kuva 4-10. Ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lukumäärät havaintoaloilla vuonna 2025.

4.1.4 Peittävyys

Karttakuvissa on esitetty sormipaisukarpeen sekä luppojen pistefrekvenssimenetelmällä lasketut peittävyysmäntien rungoilla havaintoalakohtaisista keskiarvoista yleistettyinä vyöhykkeinä tai symbolikarttana (Kuva 4-11 ja Kuva 4-12). Kartoja tarkasteltaessa on huomioitava, että erityisesti sormipaisukarpeen peittävyys reagoi ilman epäpuhtauksiin usein epälineaarisesti: lajin peittävyys saattaa ensin kasvaa epäpuhtauksien vaikutuksesta, ja kuormitustason edelleen kasvaessa peittävyys jälleen pienenee. Lisäksi luontaiset tekijät, erityisesti puuston ikä, vaikuttavat peittävyysiin merkittävästi.

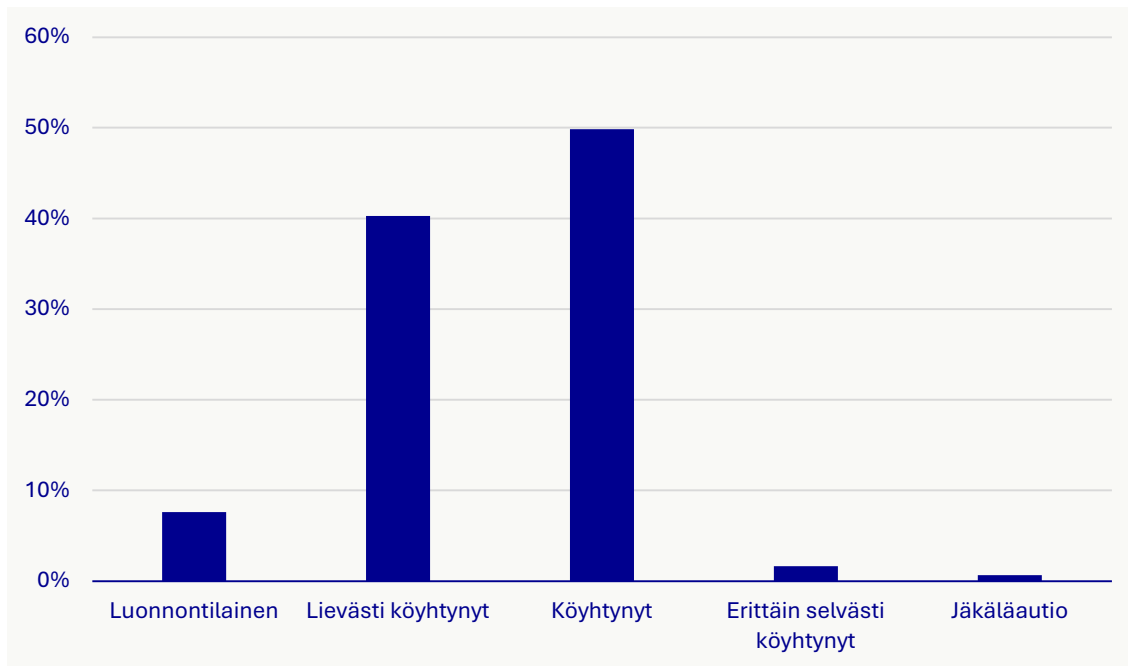
Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys oli 10,1 % (Taulukko 4-1).

Sormipaisukarpeen peittävyys jakautui melko tasaisesti läpi tutkimusalueen ja yksittäisillä alueilla Orimattilan länsiosassa, ja Hämeenlinnan eteläosassa peittävyys oli jopa yli 40 %. Myös 30–40 % peittävyksiä havaittiin useilla aloilla ympäri tutkimusaluetta. Eniten esiintyi aloja, joilla peittävyys oli 0–10 % tai 10–20 %. Kuitenkaan selkeitä suuremman tai pienemmän peittävyysvyöhykkeitä ei havaittu. (Kuva 4-11).



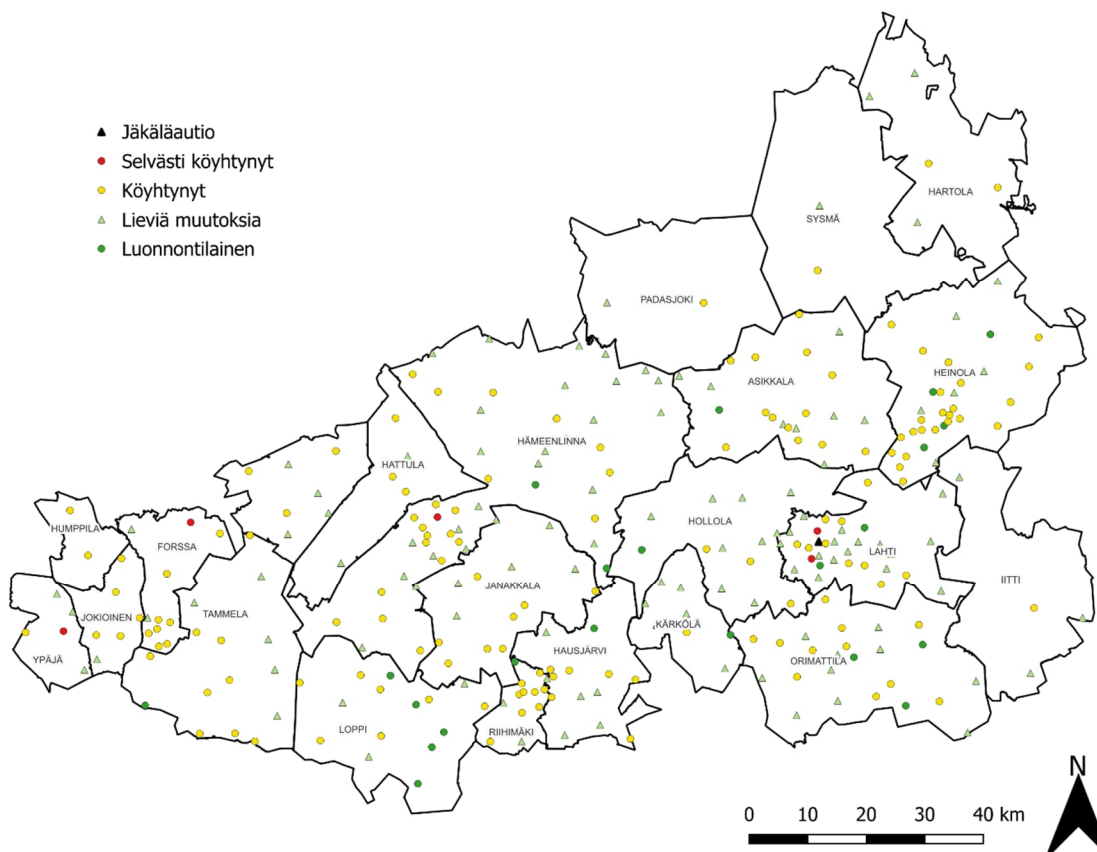
Kuva 4-11. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys (%) tutkimusalueella vuonna 2025.

Lupot esiintyivät runsaina vain yksittäisillä aloilla. Luppojen keskimääräinen peittävyys oli noin 0,07 %. Luppojen peittävyys oli yli 0:n 49 tutkimusalueella. Luppoja esiintyi harvakseltaan ympäri tutkimusaluetta, myös teollisuus- ja energiantuotantolaitosten lähialueilta esimerkiksi Heinolassa ja Riihimäen-Hausjärven rajalla (Kuva 4-12).



Kuva 4-13. IAP-indeksin jakauma havaintoaloittain vuonna 2025. N = 303.

Luonnontilaista tai vain lievästi muuttunutta jäkälälajistoa tavattiin tutkimusalueella laajasti ja melko tasaisesti, ja näitä kohteita esiintyi kaikissa kunnissa. Luonnontilaiset kohteet painottuivat erityisesti Lopen, Heinolan ja Orimattilan tausta-alueille ja niitä havaittiin yksittäisinä pisteinä myös taajamien läheisyydessä. Selvästi köyhtynyttä jäkälälajistoa esiintyi tutkimusalueella hajanaisesti ja pääosin pienialaisina keskittyminä. Köyhtyneen lajiston kohteet sijoittuivat erityisesti Lahden ja Riihimäen taajama-alueille sekä paikoin Forssa–Jokioinen-Tammela-alueelle, missä ne muodostivat paikallisia keskittyymiä. Lisäksi yksittäisiä selvästi köyhtyneitä kohteita havaittiin Forssan, Hämeenlinnan, Lahden ja Ypäjän alueilla. Jäkäläautioita havaittiin tutkimusalueella vain satunnaisesti, eikä niistä muodostunut merkittäviä alueellisia kokonaisuuksia. Kokonaisuutena jäkälälajiston tilassa korostuu paikallinen vaihtelu, jossa selvästi köyhtyneet ja jäkäläautiot kohteet sijoittuvat pääosin taajamien ja muun voimakkaan maankäytön yhteyteen, kun taas luonnontilaisempi lajisto on yleisempää vähemmän kuormitetuilla tausta-alueilla. (Kuva 4-14).



Kuva 4-14. IAP-indeksi tutkimusaloilla vuonna 2025.

4.2 Sammalet

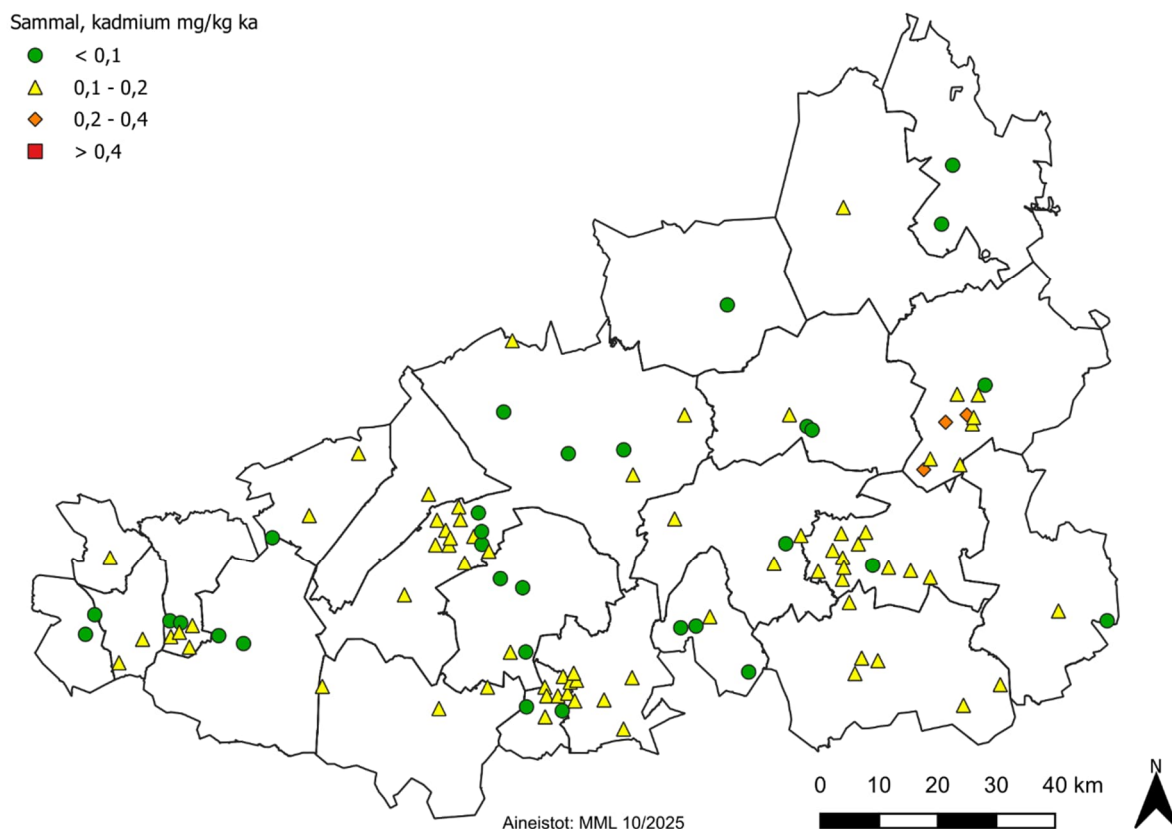
4.2.1 Sammalen alkuainepitoisuudet

Taulukossa alla (Taulukko 4-2) on esitetty sammalten alkuainepitoisuuksien keskiarvot ja pienimmät ja suurimmat arvot. Sammalen alkuainepitoisuudet vuodelta 2025 on esitetty kartoilla (Kuva 4-15, Kuva 4-22). Karttakuvien pitoisuusluokitus sekä symbolit kuvastavat tutkimuksessa mukana olevien alojen alkuainepitoisuuksien keskinäistä jakautumista. Luokittelu ei siis perustu pitoisuuksien haitta-asteeseen. Näytteenottajan havaintojen mukaan Hämeenlinnan aloilta 355 ja 448 oli vaikea löytää sammalta tarpeeksi näytettä varten. Niukalla näytemäärällä on voinut olla vaikutusta tulosten luotettavuuteen näiden alojen osalta. Sammalnäytteiden kaikki tulokset on koottu liitteeseen 27.

Taulukko 4-2. Sammalen alkuainepitoisuuksien keskiarvot, pienimmät ja suurimmat arvot koko alueella. N = 104.

	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg
Keskiarvo	0,13	3,68	6,77	0,045	2,57	1,55	1,045	40
Pienin	0,067	1,10	3,00	<0,03	0,85	0,57	0,39	21
Suurin	0,26	8,60	47	0,57	14	8,40	2,7	86

Kadmium tulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 0,13 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurin pitoisuus havaittiin Heinolassa Sinilähteen asuinalueen läheisyydessä alalla 566 (0,26 mg/kg). Myös Heinolan aloilla 555 (Vierumäki) ja 581 (Sahanniemi) havaittiin muita aloja korkeammat pitoisuudet (0,21–0,22 mg/kg). Kaiken kaikkiaan kadmiumtulokset olivat matalia ja eri alojen pitoisuuksien välinen vaihtelu pientä (Kuva 4-15.)



Kuva 4-15. Sammalen kadmiumpitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Cd mg/kg).

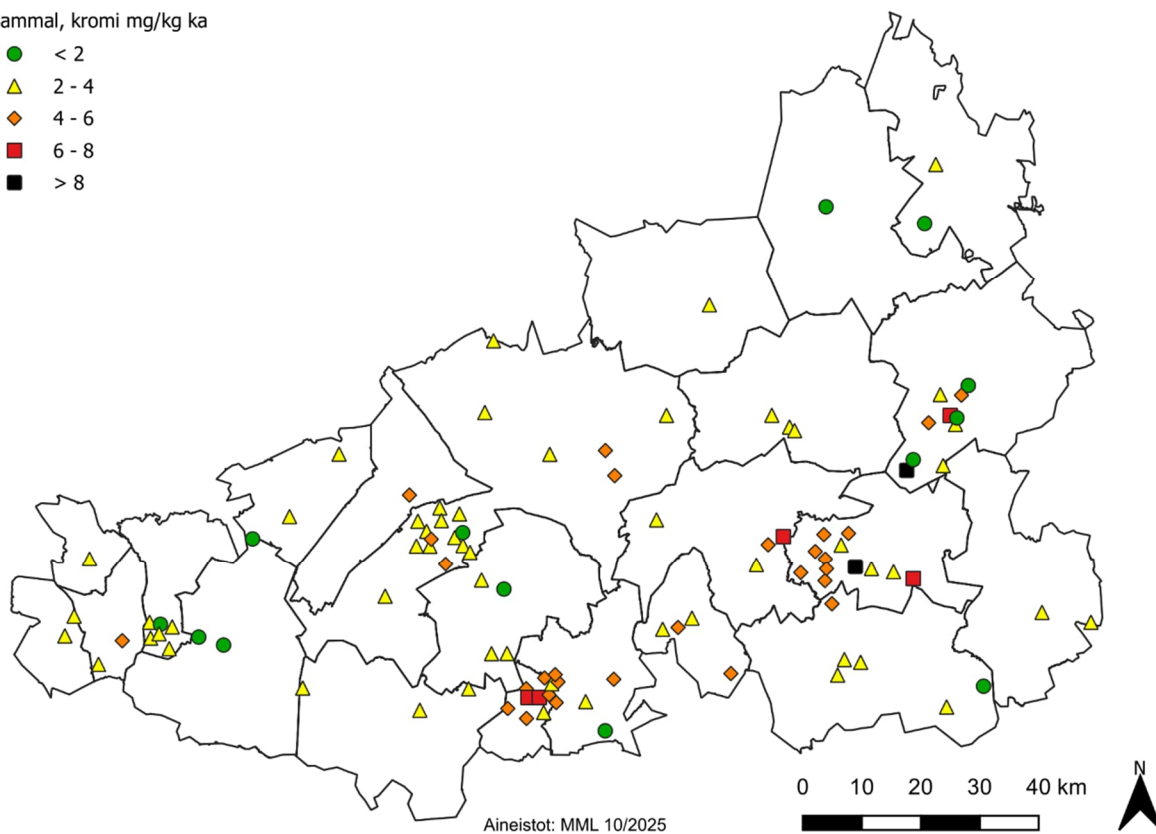
Kromi tulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 3,68 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurimmat pitoisuudet havaittiin Heinolassa Vierumäen alalla 555 (8,6 mg/kg) ja Lahdessa Kolavan alalla 534 (8,6 mg/kg). Myös Heinolan alalla 581, Lahden alalla 560 (Nastonharju), Hollolan alalla 488 sekä Riihimäellä aloilla 414 ja 417 havaittiin korkeampia pitoisuuksia (6–8 mg/kg). Suurimpia pitoisuuksia lukuun ottamatta, alojen kromipitoisuudet eivät kovin merkittävästi eronneet toisistaan.

Kuparin pitoisuuskeskiarvo vuonna 2025 oli 6,77 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurimmat kuparipitoisuudet havaittiin Hausjärvellä Apalisto-Karhin alueella aloilla 604 (47 mg/kg) ja 601 (34 mg/kg). Korkeampia pitoisuuksia esiintyi myös Riihimäen aloilla 420 (11 mg/kg) ja 423 (13 mg/kg). Myös Heinolassa aloilla 566 (15 mg/kg) ja 602 (9,5 mg/kg) kuparipitoisuudet olivat keskiarvoa korkeampia. Suurimpia pitoisuuksia lukuun ottamatta, alojen kuparipitoisuudet eivät kovin merkittävästi eronneet toisistaan.

Sammalen kromi- ja kuparipitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvissa alla (Kuva 4-16 ja Kuva 4-17.)

Sammal, kromi mg/kg ka

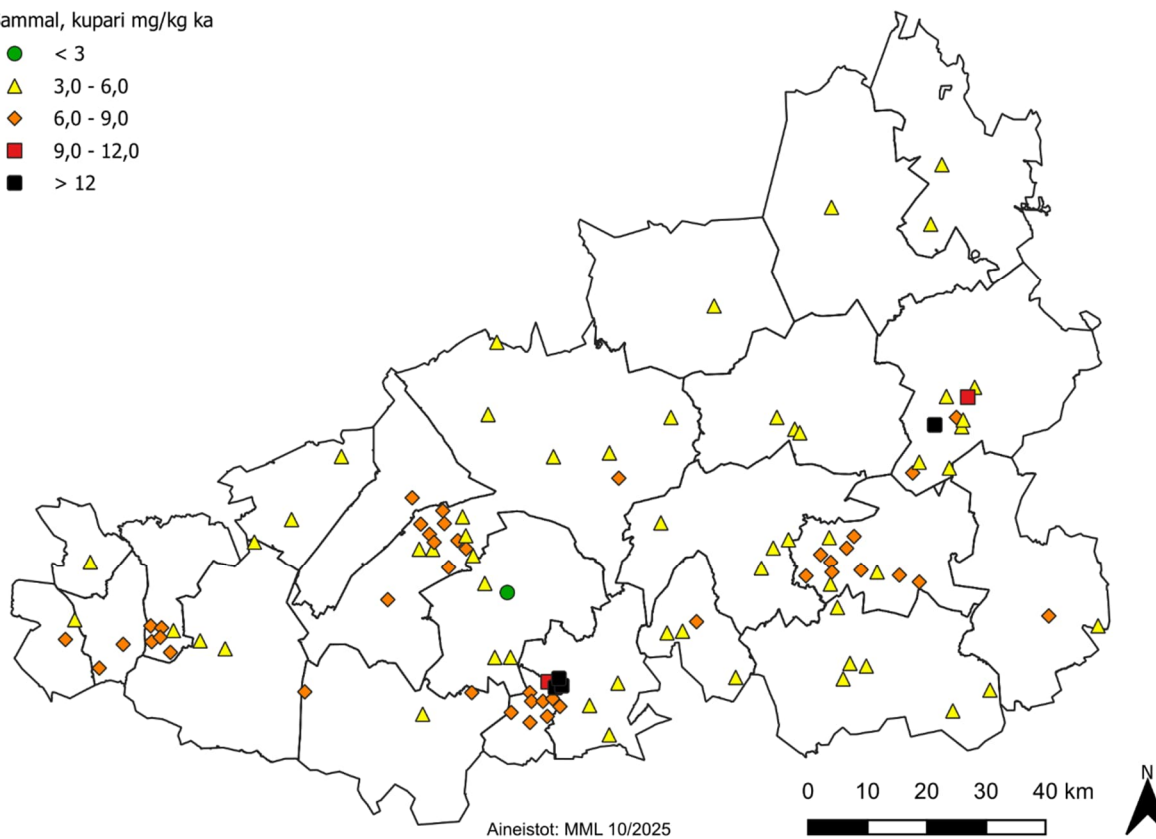
- < 2
- ▲ 2 - 4
- ◆ 4 - 6
- 6 - 8
- > 8



Kuva 4-16. Sammalen kromipitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Cr mg/kg).

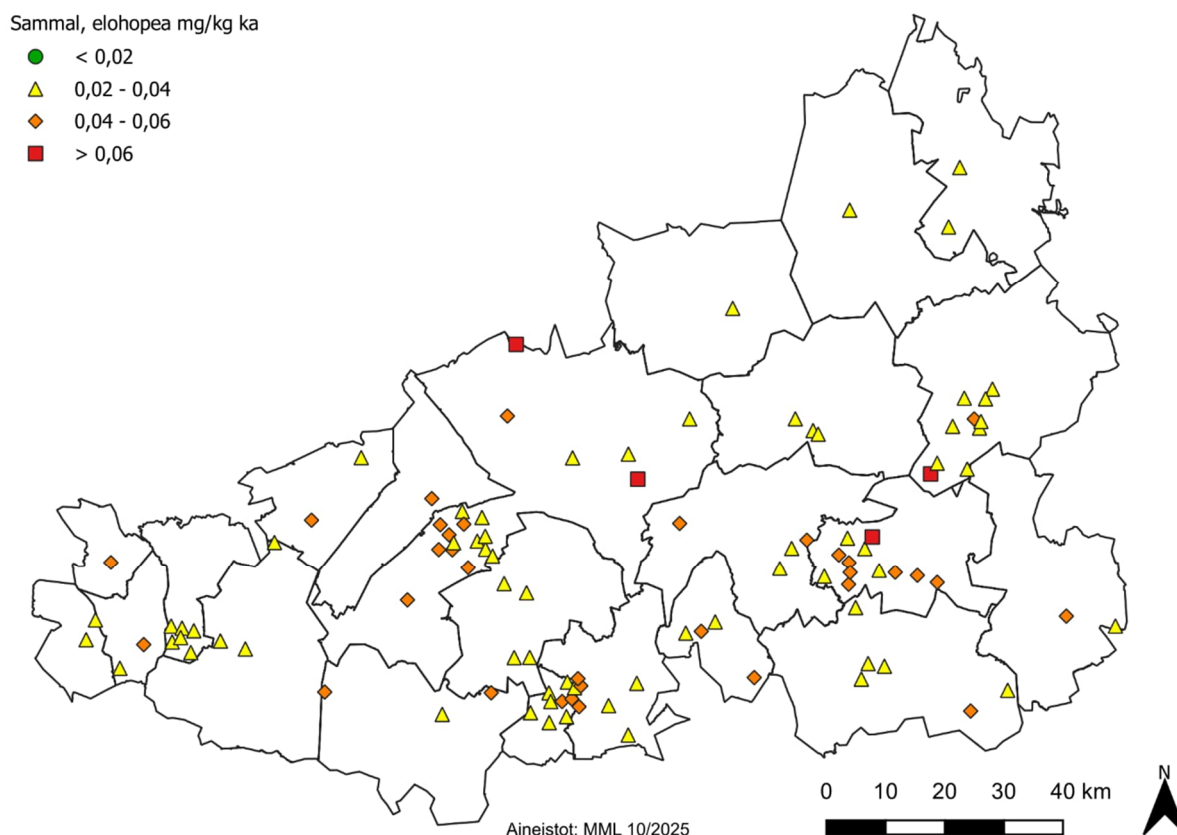
Sammal, kupari mg/kg ka

- < 3
- ▲ 3,0 - 6,0
- ◆ 6,0 - 9,0
- 9,0 - 12,0
- > 12



Kuva 4-17. Sammalen kuparipitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Cu mg/kg).

Elohopeatulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 0,045 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurin pitoisuus havaittiin Heinolassa Vierumäen alalla 555 (0,57 mg/kg). Seuraavaksi suurin pitoisuus mitattiin Hämeenlinnassa alalla 448 (0,073 mg/kg). Myös Hämeenlinnassa alalla 398 (0,065 mg/kg) sekä Lahdessa alalla 532 (0,061 mg/kg) mitattiin korkeampia pitoisuuksia. Sammalen elohopeapitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-18.)



Kuva 4-18. Sammalen elohopeapitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Hg mg/kg).

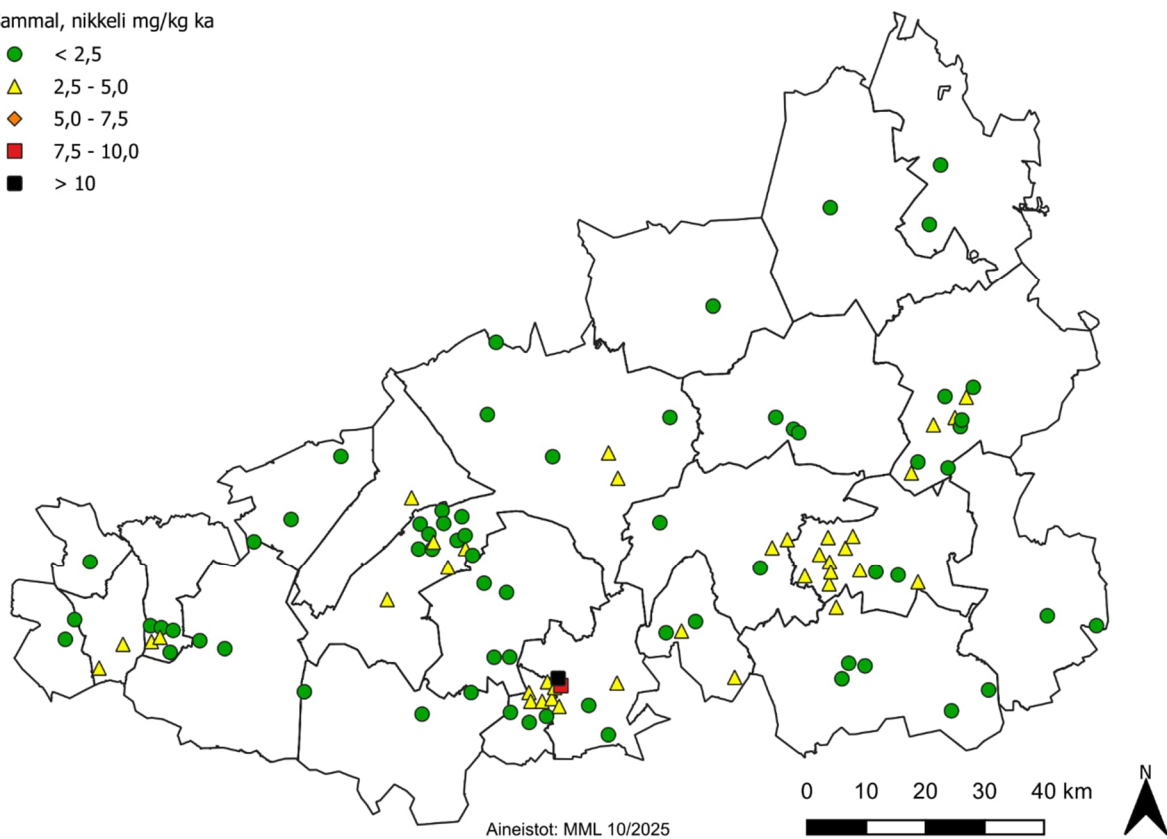
Nikkelitulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 2,57 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurimmat pitoisuudet havaittiin kuparin tapaan Hausjärvellä Apalisto-Karhin alueella aloilla 604 (14 mg/kg) ja 601 (9,9 mg/kg). Muutoin alojen välinen pitoisuusvaihtelu oli melko pientä.

Lyijytulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 1,55 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurin pitoisuus havaittiin Lahden kaupunkitaajamassa alalla 508 (8,4 mg/kg). Korkeita pitoisuuksia esiintyi myös Hausjärvellä alalla 604 (7,3 mg/kg) ja Heinolan Sahanniemessä alalla 581 (6,3 mg/kg) sekä Sinilähteen alalla 566 (5,6 mg/kg). Suurimmalla osalla aloista lyijypitoisuuksista jäi kuitenkin alle 2,5 mg/kg.

Sammalen nikkeli- ja lyijypitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvissa alla (Kuva 4-19, Kuva 4-20.)

Sammal, nikkeli mg/kg ka

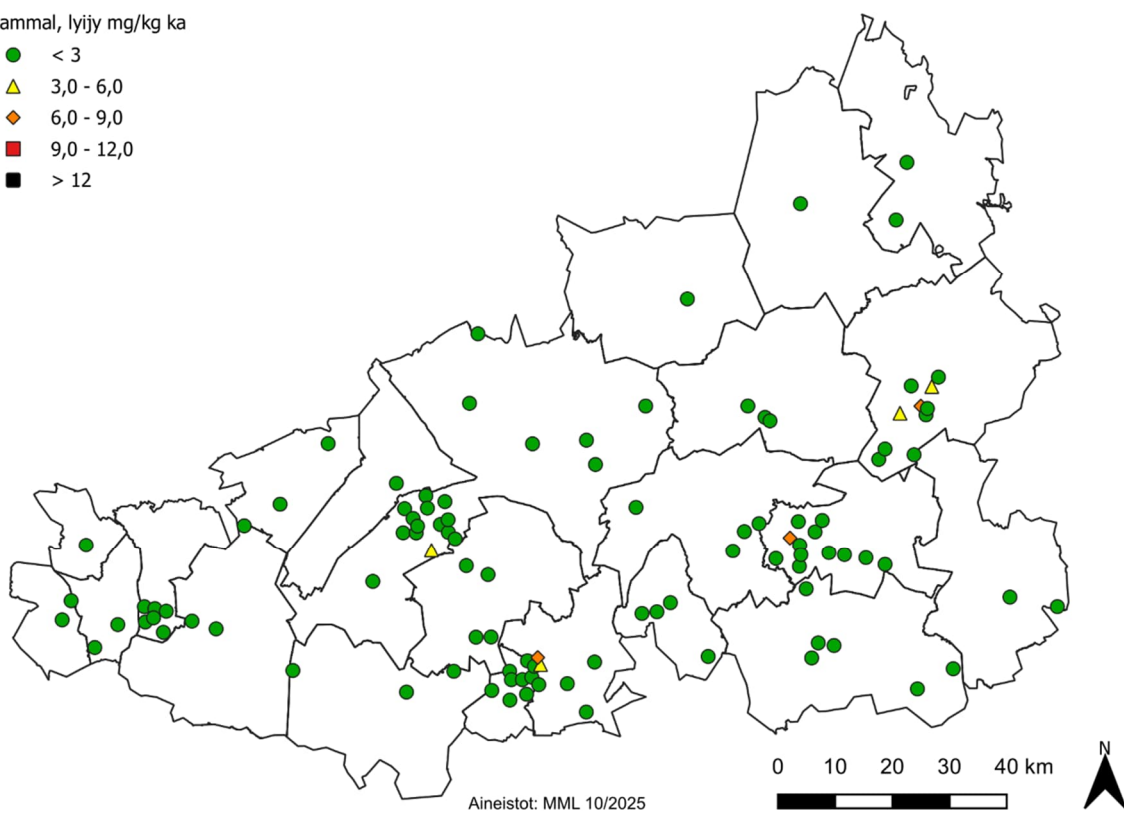
- < 2,5
- ▲ 2,5 - 5,0
- ◆ 5,0 - 7,5
- 7,5 - 10,0
- > 10



Kuva 4-19. Sammalen nikkelpitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Ni mg/kg).

Sammal, lyijy mg/kg ka

- < 3
- ▲ 3,0 - 6,0
- ◆ 6,0 - 9,0
- 9,0 - 12,0
- > 12

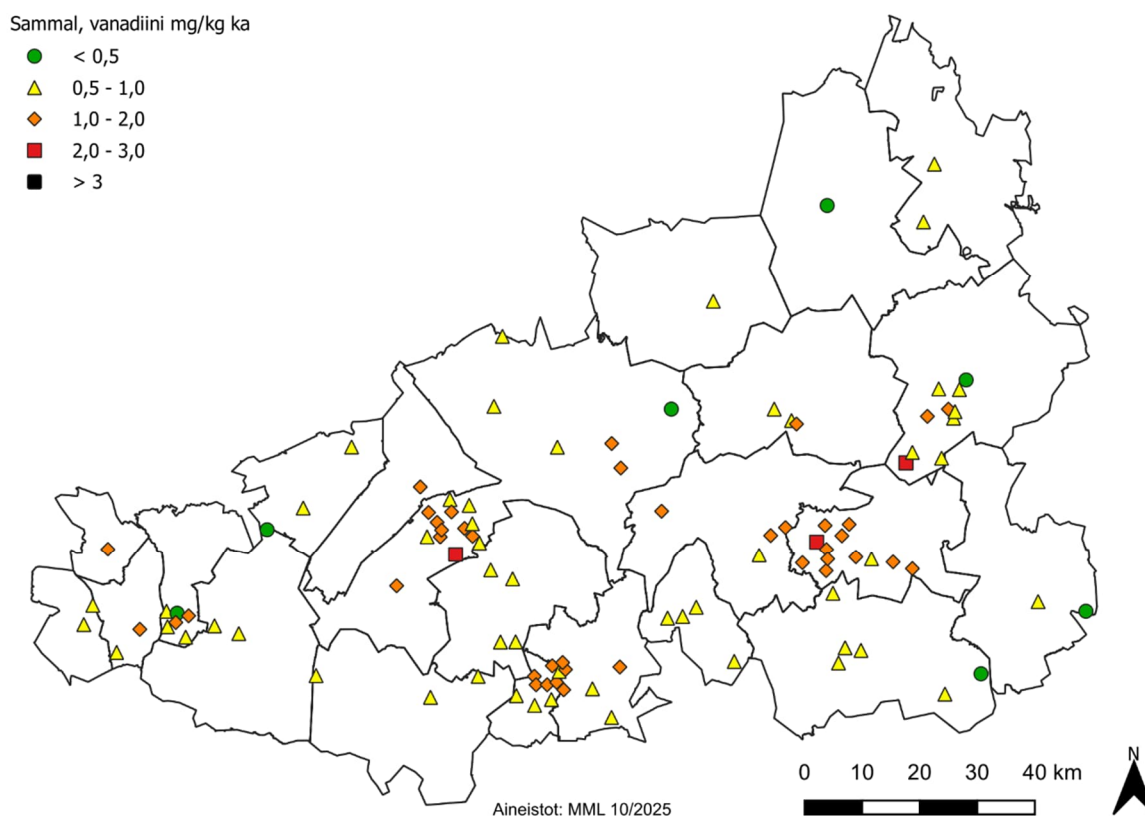


Kuva 4-20. Sammalten lyijypitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Pb mg/kg).

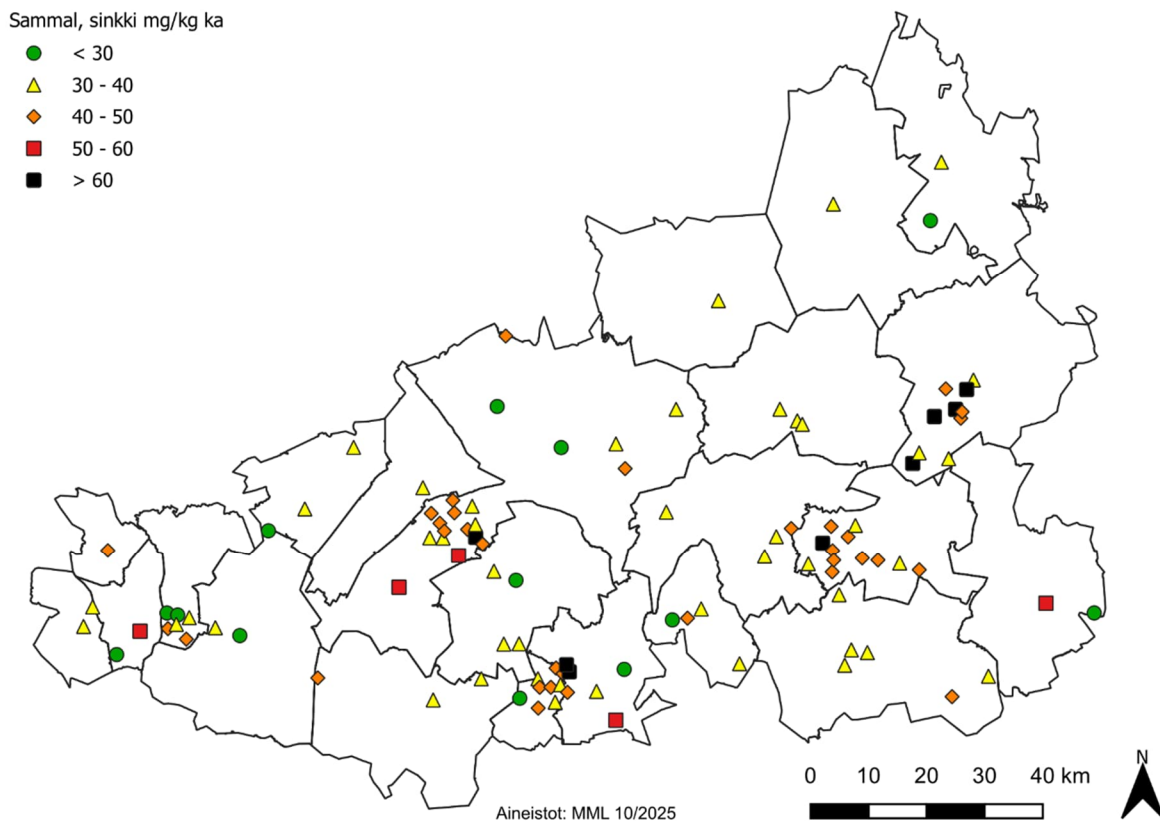
Vanadiinitulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 1,045 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurin pitoisuus havaittiin Heinolan Vierumäellä alalla 555 (2,7 mg/kg). Yli 2 mg/kg pitoisuudet havaittiin myös Lahden kaupunkitaajamassa Radiomäen alalla 508 (2,6 mg/kg) ja Hämeenlinnassa alalla 603 (2,2 mg/kg).

Sinkkitulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 40 mg/kg (Taulukko 4-2). Suurimmat pitoisuudet havaittiin Hausjärvellä Apaliston alueella alalla 604 (86 mg/kg) ja Heinolan Sinilähteellä alalla 566 (82 mg/kg). Korkeampia pitoisuuksia esiintyi myös Riihimäellä alalla 581 (68 mg/kg), Heinolassa alalla 555 (68 mg/kg) ja 602 (65 mg/kg), Lahdessa alalla 508 (75 mg/kg), Hausjärvellä alalla 601 (66 mg/kg) ja Hämeenlinnassa alalla 386 (66 mg/kg).

Sammalen vanadiini- ja sinkkipitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvissa alla (Kuva 4-21, Kuva 4-22)



Kuva 4-21. Sammalen vanadiinipitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (V mg/kg).



Kuva 4-22. Sammalen sinkkipitoisuudet tutkimusaloilla vuonna 2025 (Zn mg/kg).

4.2.2 Kooste sammalen alkuaineanalyysien tuloksista

Tutkimuksen suurimmat tai korkeat pitoisuudet keskittyivät pääsääntöisesti tietyille koealoille. Alojen läheisyyteen sijoittuu muun muassa erilaisia teollisuuden, jätteenkäsittelyn ja energiantuotannon toimintoja, ja useat esiin nousevista havaintoaloista sijaitsevat teiden läheisyydessä. Koska sammalten metallipitoisuuksiin vaikuttavat pistemäisten päästölähteiden lisäksi esimerkiksi laitosten päästökorkeudet, kaukokulkeuma, tieliikenne, maankäyttö sekä sääolosuhteet, on metallipitoisuuksien alkuperää hyvin vaikeaa määritellä tai eri päästölähteiden vaikutuksia tuloksiin arvioida. Lisäksi kattavaa tietoa laitosten metallipäästöistä ei ole ollut käytettävissä, minkä vuoksi yksittäisten laitosten vaikutuksia metallipitoisuuksiin ei voida arvioida. Tässä tulokoosteessa on yleisellä tasolla tarkasteltu, mitä teollisuuden ja energiantuotannon toimintoja alojen läheisyyteen sijoittuu sekä alojen sijoittumista suhteessa teihin. Näillä voi olla vaikutusta metallien kertymiseen tietyillä koealoilla yhdessä muiden edellä mainittujen tekijöiden kanssa.

Hausjärven alalla 604 sammalissa havaittiin tutkimuksen korkeimmat kupari, nikkeli ja sinkkipitoisuudet sekä kohonnut lyijypitoisuus. Korkeat kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet mitattiin myös alalta 601. Lisäksi Riihimäen aloilla 420 ja 423 mitattiin korkea kuparipitoisuus. Alojen läheisyydessä sijaitsee muun muassa energiantuotantoa, jätteenkäsittelylaitoksia ja kemianteollisuutta. Alat sijoittuvat myös Kantatien (54) molemmiin puoliin, noin 0,2–1 km etäisyydelle tiestä.

Heinolassa alalta 555 mitattiin tutkimuksen suurimmat kromi-, elohopea- ja vanadiinipitoisuudet ja lisäksi kohonneet pitoisuudet kadmiumia sekä sinkkiä. Alan läheisyydessä sijaitsee metsä- ja metalliteollisuuden toimintoja. Ala sijaitsee myös noin 30 metrin päässä Vierumäenraitista (tie nro 140) ja valtatie 4 lähialueella. Korkea kromipitoisuus mitattiin myös Lahdessa Kolavan alalta 534. Alueella sijaitsee muun muassa energiantuotantoa sekä rakennusteollisuus- ja jätteenkäsittelytoimintoja. Lisäksi ala sijoittuu noin 60 metrin päähän valtatie 12:sta. Heinola Sinilähteen asuinalueen läheisyydessä alalla 566 mitattiin puolestaan tutkimuksen suurin kadmiumpitoisuus sekä kohonneita pitoisuuksia kuparia, lyijyä sekä sinkkiä. Ala sijaitsee noin 250 metrin päässä valtatie 4:stä ja noin 1,5 kilometrin päässä sijaitsee myös jätteenkäsittelylaitos. Heinolan alalta 581 mitattiin kohonneita kadmium-, kromi, lyijy- ja sinkkipitoisuudet. Alan läheisyyteen, kilometrin säteelle, sijoittuu energiantuotantoa, metsäteollisuuden toimintoja sekä jätevedenpuhdistustoimintaa. Alalla 602 mitattiin kohonneet kupari- ja sinkkipitoisuudet. Ala sijaitsee Heinolassa Hevosvuorentien varrella ja sen läheisyydessä sijaitsee teollisuusjätekaatopaikka. Lahden kaupunkitaajamassa, Radiomäen alalla 508, mitattiin tutkimuksen suurin lyijypitoisuus sekä kohonneet vanadiini- ja sinkkipitoisuudet. Radiomäen ala sijaitsee Mannerheiminkadun (tie nro 41900) sekä Hollolankadun (tie nro 140) risteyksen läheisyydessä. Lisäksi kilometrin säteellä havaintoalasta sijaitsee energiantuotantolaitoksia.

Edellä mainittujen alojen lisäksi Lahden aloilta 560, 488 ja Riihimäen aloilta 414 ja 417 mitattiin korkeita kromipitoisuuksia. Alojen 560 ja 488 läheisyydessä sijaitsee energiantuotantoa sekä orgaanisia liuottimia käyttävää toimintaa. Alan 560 läheisyydessä on lisäksi metsäteollisuuden toimintoja. Alat 414 ja 417 sijaitsevat Riihimäen kaupungin taajamassa ja noin kilometrin päähän havaintoaloilta sijoittuu energiantuotantoa.

Kohonneet elohopeapitoisuudet mitattiin puolestaan aloilla 448, 398 ja 532. Ala 448 sijaitsee Hämeenlinnassa ja sen läheisyyteen sijoittuu energiantuotantoa. Ala 398 (Hämeenlinnan Kirkkokallio) sijaitsee kaukana päästölähteistä ja teistä kuten myös ala 532, joka sijaitsee Lahdessa Herrasmannin leirintäalueen läheisyydessä. Lisäksi alalta 386 mitattiin kohonnut sinkkipitoisuus. Ala sijaitsee Hämeenlinnassa Harvialantien (tie nro 290) välittömässä läheisyydessä. Lisäksi alueella on metalli- ja kemianteollisuutta.

4.3 Humukset

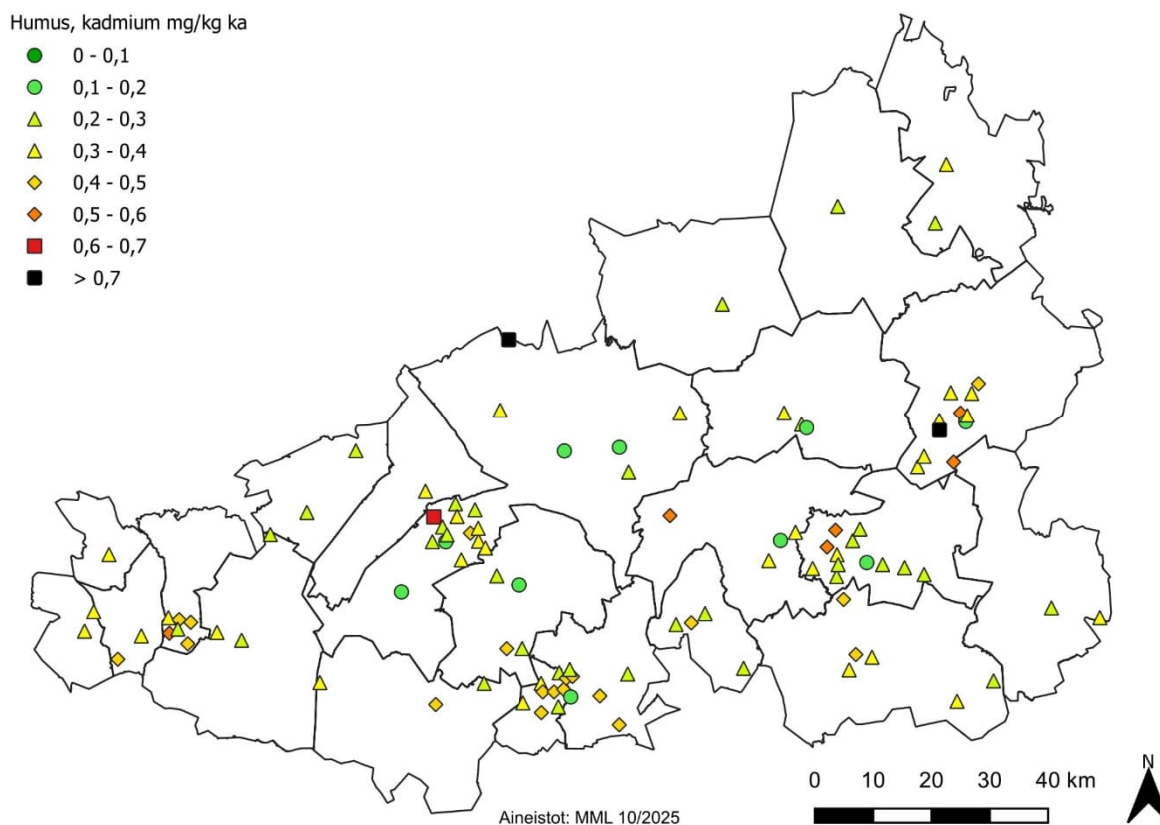
4.3.1 Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet

Taulukossa alla (Taulukko 4-3) on esitetty humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien tunnuslukuja Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimusaloilla vuonna 2025. Humuksen alkuainepitoisuuksia on verrattu PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) ohjearvoihin myöhemmin luvussa 4.3.2 *Humuksen alkuainepitoisuuksien vertailu PIMA-asetuksen ohjearvoihin*. Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemiallisten ominaisuuksien arvot vuodelta 2025 on esitetty kartoilla (Kuva 4-23-Kuva 4-32). Karttakuvien pitoisuusluokitus sekä symbolit kuvastavat tutkimuksessa mukana olevien alojen alkuainepitoisuuksien keskinäistä jakautumista. Luokittelu ei siis perustu pitoisuuksien haitta-asteeseen. Humusnäytteiden kaikki tulokset on esitetty liitteessä 28.

Taulukko 4-3. Humuksen alkuainepitoisuuksien keskiarvot, pienimmät ja suurimmat pitoisuudet (mg/kg), kemialliset ominaisuudet (VH = vaihto happamuus, KVK = kationinvaihtokapasiteetti (meq/100 g)) Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimusaloilla.

n = 105	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH	VH	KVK
keskiarvo	0,454	8,77	17,7	29,9	7,77	106	11,8	3,37	3,01	22,1
pienin	0,130	1,60	5,80	3,90	2,20	30,0	2,00	2,50	0,130	10,4
suurin	12,0	79,0	610	1100	100	3000	65,0	5,21	10,0	39,0

Kadmium tulosten keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 0,45 mg/kg. Suurin pitoisuus havaittiin Heinolan Myllyojalla alalla 568 (12,0 mg/kg). Toiseksi suurin pitoisuus havaittiin Hämeenlinnan alalla 398 (0,84 mg/kg), mutta tulos oli selkeästi alan 568 pitoisuutta matalampi. Kaiken kaikkiaan, alaa 568 lukuun ottamatta, kadmiumtulokset olivat matalia eikä alojen välillä esiintynyt merkittäviä pitoisuuseroja. Kadmium luontainen pitoisuus maaperässä vaihtelee PIMA-asetuksen mukaan välillä 0,01–0,15 mg/kg. Vuoden 2025 tutkimuksen kadmiumpitoisuudet ylittivät kolmea alaa (Asikkala 492, Hämeenlinna 443, Lahden Kolava 534) lukuun ottamatta luontaisen pitoisuuden ylärajan. Humuksen kadmiumpitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-23.)

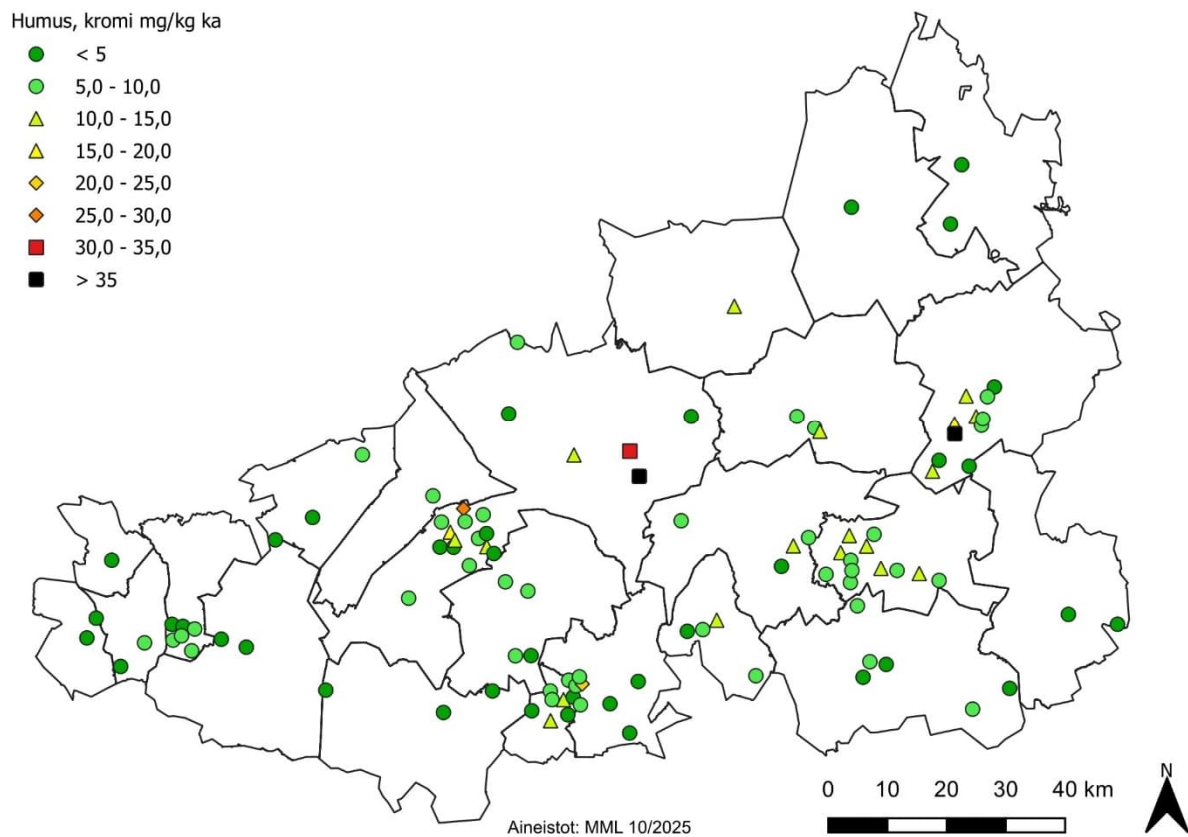


Kuva 4-23. Humuksen kadmiumpitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

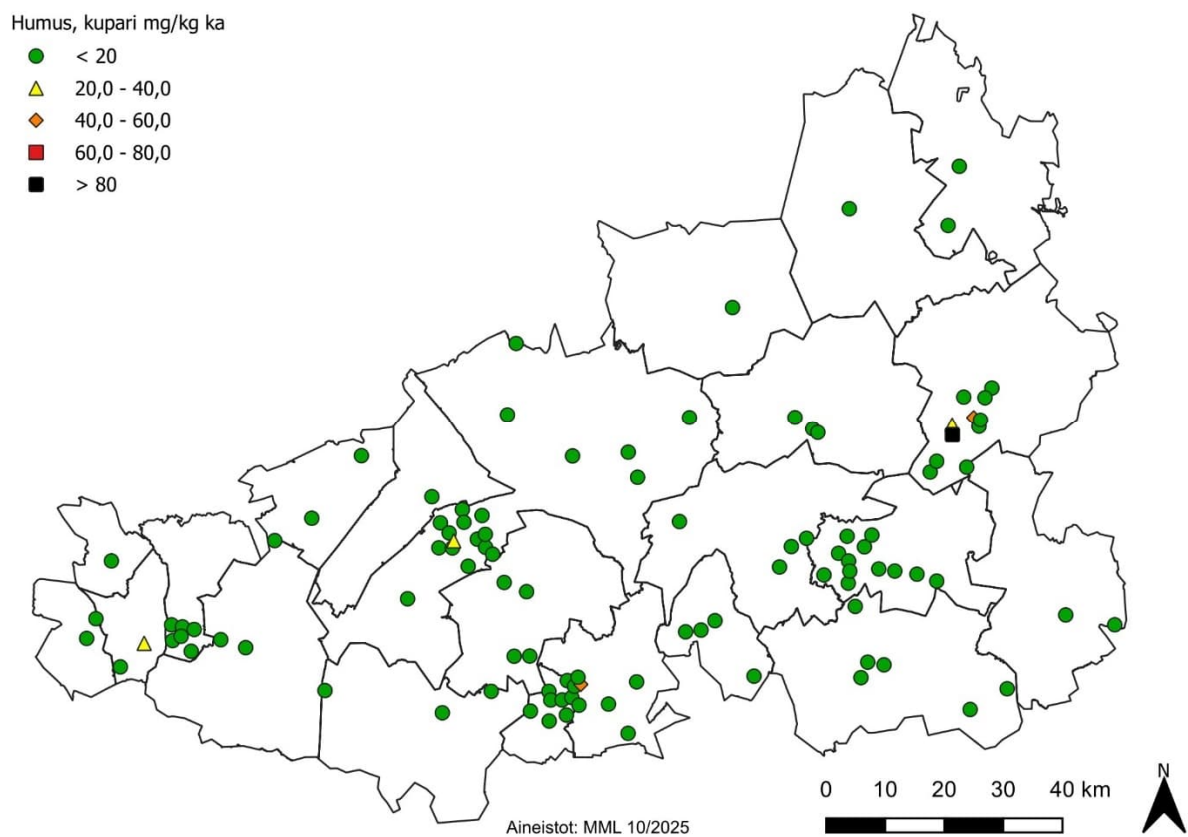
Kromin keskiarvopitoisuus vuonna 2025 oli 8,78 mg/kg. Suurin kromipitoisuus havaittiin kadmiumin tapaan Heinolan Myllyojan alalla 568 (79 mg/kg). Toiseksi suurin pitoisuus (52 mg/kg) havaittiin alalla Hämeenlinnassa alalla 448. Myös Hämeenlinnan aloilla 378, 443 ja Hausjärvellä alalla 601 mitattiin keskiarvoon verrattuna yli kaksinkertaisia kromipitoisuuksia (20–35 mg/kg). Suurin osa kromipitoisuuksista jäi kuitenkin alle 10 mg/kg. Kromin osalta pitoisuudet sijoittuivat PIMA-asetuksessa ilmoitetun luontaisen pitoisuuden raja-arvovälille (6–170 mg/kg).

Kuparin pitoisuuskeskiarvo vuonna 2025 oli 17,7 mg/kg. Suurin kuparipitoisuus havaittiin niin ikään Heinolan Myllyojalla alalla 568 (610 mg/kg). Toiseksi suurimmat pitoisuudet olivat selkeästi alan 568 pitoisuutta matalampia ja ne havaittiin Heinolassa alalla 581 (59 mg/kg) ja Hausjärven alalla 601 (44 mg/kg). Muilla aloilla kuparipitoisuudet olivat matalia, eikä alojen välillä ollut merkittäviä eroja. Alan 568 pitoisuutta lukuun ottamatta kuparin pitoisuudet sijoittuivat PIMA-asetuksen luontaisen pitoisuuden raja-arvovälille (5–110 mg/kg).

Kromin ja kuparin pitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvissa alla (Kuva 4-24 ja Kuva 4-25.)

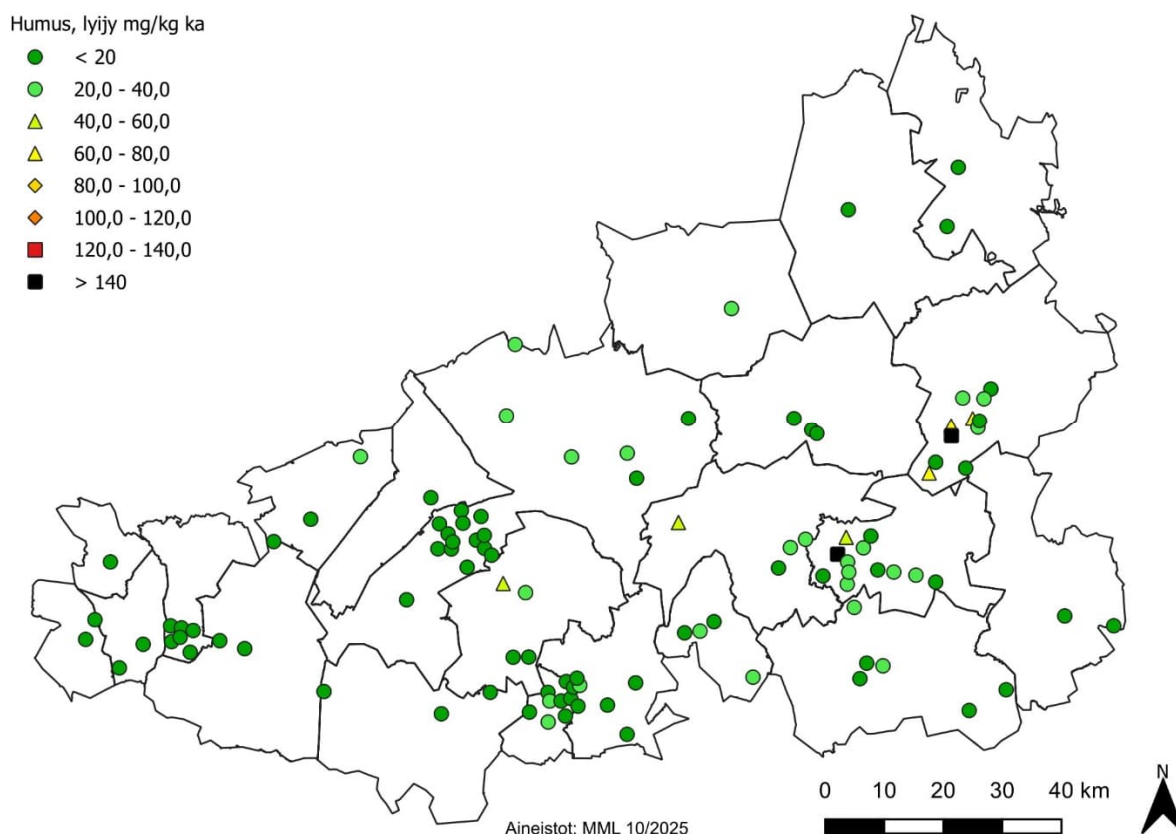


Kuva 4-24. Humuksen kromipitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.



Kuva 4-25. Humuksen kuparipitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

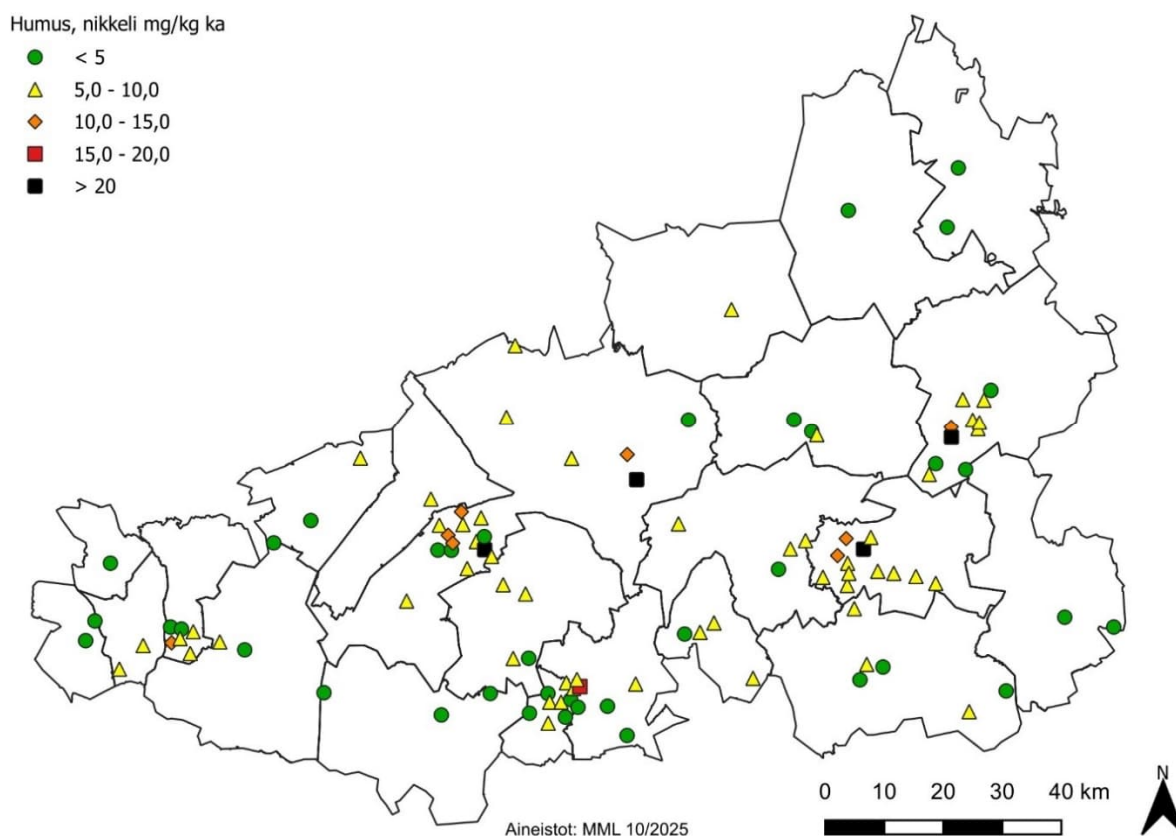
Lyijyn keskiarvopitoisuus vuoden 2025 tutkimuksessa oli 29,9 mg/kg. Myös lyijyn osalta selkeästi suurin pitoisuus (1100 mg/kg) havaittiin Heinolassa Myllyojan alalla 568. Toiseksi suurin pitoisuus (190 mg/kg) mitattiin Lahdessa Radiomäen alalla 508. Korkeahkoja pitoisuuksia (61–69 mg/kg) havaittiin myös Heinolassa aloilla 581, 566 ja 555. Aloja 460 ja 384 (Hämeenlinna), 457 (Kärkölä) ja 304 (Ypäjä) lukuun ottamatta kaikkien alojen lyijypitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksessa mainitun luontaisen pitoisuuden arvovälin (0,1–5 mg/kg) ylimmän arvon. Lyijypitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-26.)



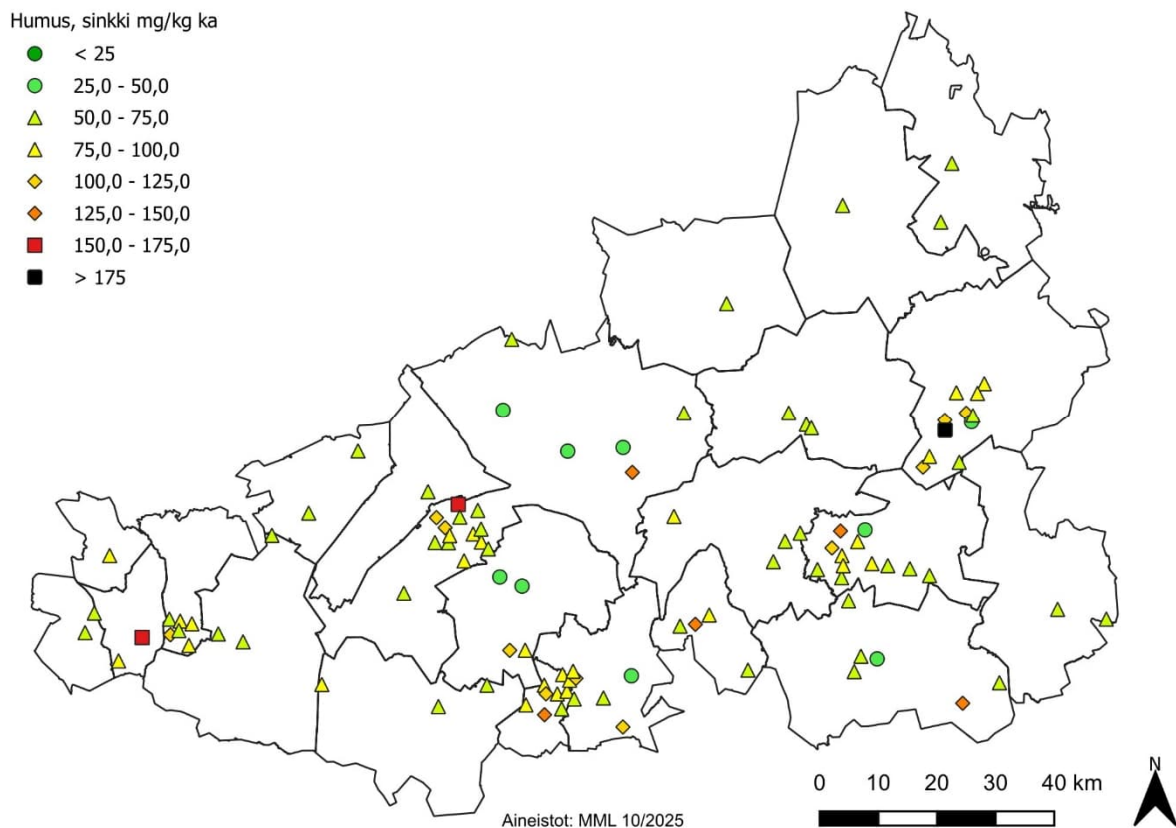
Kuva 4-26. Humuksen lyijypitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

Nikkelipitoisuuksien keskiarvo vuonna 2025 oli 7,77 mg/kg. Myös nikkelin osalta suurin pitoisuus mitattiin Heinolan Myllyojan alan 568 humuksesta (100 mg/kg). Lisäksi Hämeenlinnassa alalla 386 (29 mg/kg) ja alalla 448 (26 mg/kg), Lahdessa alalla Kymijärven voimalaitoksen alalla 524 (24 mg/kg) sekä Hausjärvellä alalla 601 (17 mg/kg) mitattiin keskiarvoon nähden yli kaksinkertaiset pitoisuudet. Muutoin pitoisuudet olivat noin 10 mg/kg tuntumassa eikä alojen välillä ollut merkittäviä pitoisuuseroja. Alan 568 suurin nikkelipitoisuus oli yhtä suuri, kuin nikkelille PIMA-asetuksessa esitetyn luontaisen pitoisuuden arvovälin (3–100 mg/kg) ylin pitoisuus. Muutoin nikkelin pitoisuudet sijoituivat luontaisen vaihteluvälin sisäpuolelle. Nikkelin pitoisuudet eri tutkimusaloilla on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-27.)

Sinkkipitoisuuksien keskiarvo oli 106 mg/kg. Myös sinkin suurin havaittu pitoisuus mitattiin Heinolassa Myllyojan alalta 568 (3000 mg/kg). Toiseksi suurimmat pitoisuudet olivat selkeästi alan 568 pitoisuutta matalampia ja ne havaittiin Hämeenlinnassa alalla 378 (170 mg/kg) ja Jokioisten keskusta-alueella alalla 309 (160 mg/kg). Yhteensä 11 alan (309, 366, 371, 378, 413, 448, 465, 510, 566, 568, 576) pitoisuus ylitti PIMA-asetuksessa esitetyn luontaisen pitoisuustason (8–110 mg/kg) ylärajan. Nämä alat sijoittuvat aiemmin mainittujen Heinolan, Hämeenlinnan ja Jokioisten lisäksi Riihimäelle, Kärkölään, Lahteen ja Orimattilaan. Sinkin pitoisuudet on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-28.)

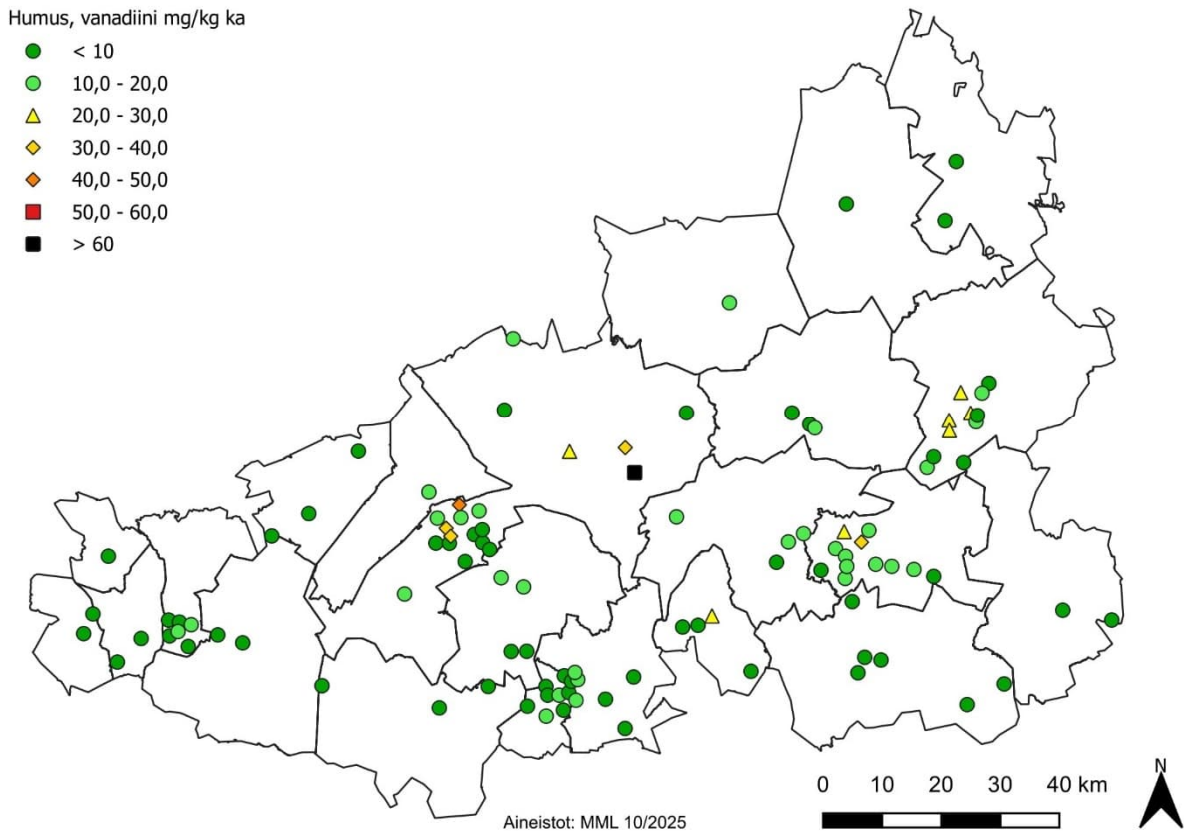


Kuva 4-27. Humuksen nikkelipitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.



Kuva 4-28. Humuksen sinkkipitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

Vanadiinipitoisuuksien keskiarvo vuonna 2025 oli 11,8 mg/kg. Suurin pitoisuus esiintyi Hämeenlinnan alalla 448 (65 mg/kg). Lisäksi korkeampia pitoisuuksia havaittiin niin ikään Hämeenlinnassa alalla 378 (43 mg/kg), 371 ja 443 (40 mg/kg) sekä 373 (31 mg/kg). Myös Lahdessa alalla 524 (Kymijärven voimalaitos) mitattiin keskiarvoa selkeästi suurempi pitoisuus (32 mg/kg). Vanadiinin kaikki pitoisuudet olivat PIMA-asetuksen luontaisen pitoisuuden vaihteluvälin (10–115 mg/kg) sisällä. Vanadiinin pitoisuudet on esitetty karttakuvassa alla (Kuva 4-29.)



Kuva 4-29. Humuksen vanadiinipitoisuudet (mg/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

4.3.2 Humuksen alkuainepitoisuuksien vertailu PIMA-asetuksen ohjearvoihin

Taulukossa alla (Taulukko 4-4) on esitetty Kanta- ja Päijät-Hämeen bioindikaattoritutkimuksessa humuksesta mitatut suurimmat pitoisuudet sekä PIMA-asetuksen ohjearvot (Taulukko 4-4). Ne metallit, joilla PIMA-asetuksen kynnysarvo tai ohjearvot ylittyivät yhdellä tai useammalla alalla, on merkitty taulukkoon värein. Alemman ohjearvon ylittävät arvot on merkitty oranssilla ja ylemmän ohjearvon ylittävät arvot punaisella.

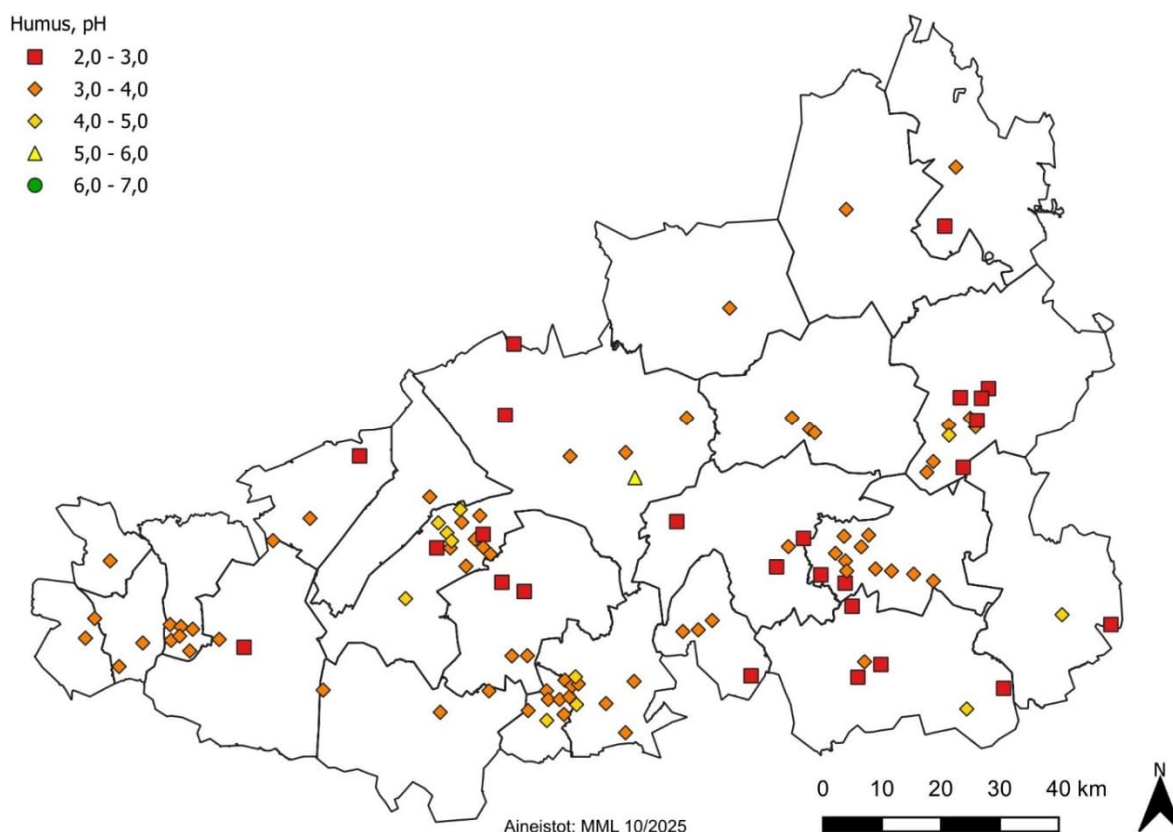
PIMA-asetuksen mukaiset kynnysarvot ylittyivät kadmiumin, kuparin, lyijyn, nikkelin ja sinkin osalta. Näistä kadmiumin, kuparin, nikkelin ja sinkin ylitys koski vain Heinolan Myllyojan tutkimusalaa 568 ja lyijyllä kynnysarvo ylittyi lisäksi Lahden Radiomäen alalla 508 sekä Heinolassa Vierumäen alalla 555, Sinilähteellä 566 ja Sahanniemellä 581. Alalla 568 kuparin, lyijyn ja sinkin ylempi ohjearvo ylittyi, kadmiumin alempi ohjearvo ylittyi ja nikkelin pitoisuus oli alemman ohjearvon tasolla. Alojen 508, 555, 566 ja 581 lyijypitoisuus ei ylittänyt alemmaa ohjearvoa. Maaperää pidetään pilaantuneena, jos ylempi ohjearvo on ylittynyt teollisuus-, varasto- tai liikennealueella taikka muulla vastaavalla alueella. Aempia ohjearvoja sovelletaan muille alueille. Ala 568 sijaitsee Heinolan Myllyojalla Kuusakoski Oy:n jätteenkäsittelylaitoksen ja valtatie 4 välisellä alueella. Tulosten perusteella alan maaperää voidaan pitää pilaantuneena.

Taulukko 4-4. Humuksen alkuainepitoisuuksien suurimmat pitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimusaloilla sekä PIMA-asetuksen raja-arvot. Alemman ohjearvon ylittävät arvot on merkitty oranssilla ja ylemmän ohjearvon ylittävät arvot punaisella.

n = 105	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
suurin	12,0	79,0	610	1100	100	3000	65,0
Kynnysarvo	1	100	100	60	50	200	100
Alempi ohjearvo	10	200	150	200	100	250	150
Ylempi ohjearvo	20	300	200	750	150	400	250

4.3.3 Humuksen vaihtohappamuus ja kationinvaihtokapasiteetti

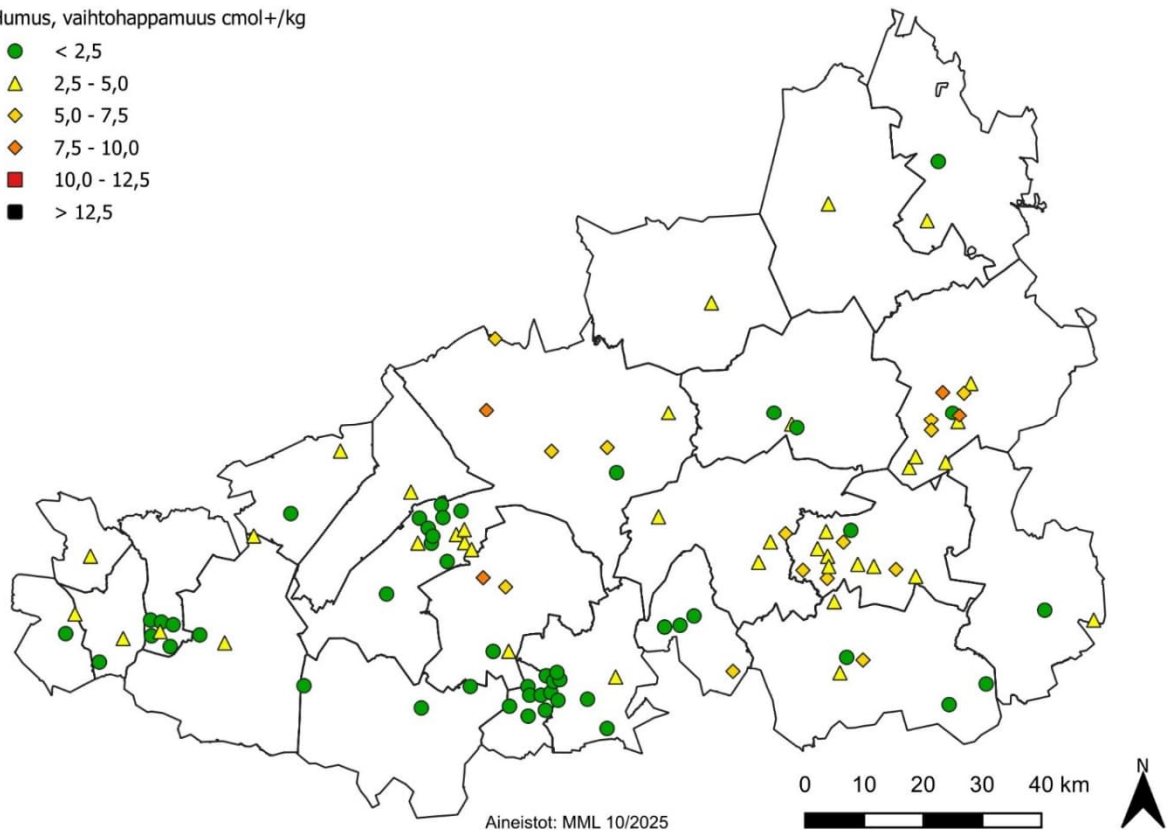
Tutkimusalueen humusnäytteiden **pH-arvot** vaihtelivat välillä 2,5–5,21. Humus oli siis hapanta koko tutkimusalueella. Matalimmat pH-arvot (pH 2–3) sijoittuivat tasaisesti ympäri tutkimusaluetta. Humuksen pH-arvo oli korkein (pH 5,21) alalla 448, joka sijaitsee Hämeenlinnan Untulanharjulla (Kuva 4-30.) Matalimmat **vaihtohappamuusarvot** (< 2,5 cmol+/kg) painoutuivat Forssan, Hämeenlinnan ja Riihimäen keskusta-alueille (Kuva 4-31.) **Kationinvaihtokapasiteetti** oli korkein Orimattilassa Artjärvellä sijaitsevalla alalla 576 ja Hämeenlinnassa Ahvenistonharjulla sijaitsevalla alalla 366 (Kuva 4-32).



Kuva 4-30. Humuksen pH tutkimusaloilla vuonna 2025.

Humus, vaihtohappamuus cmol+/kg

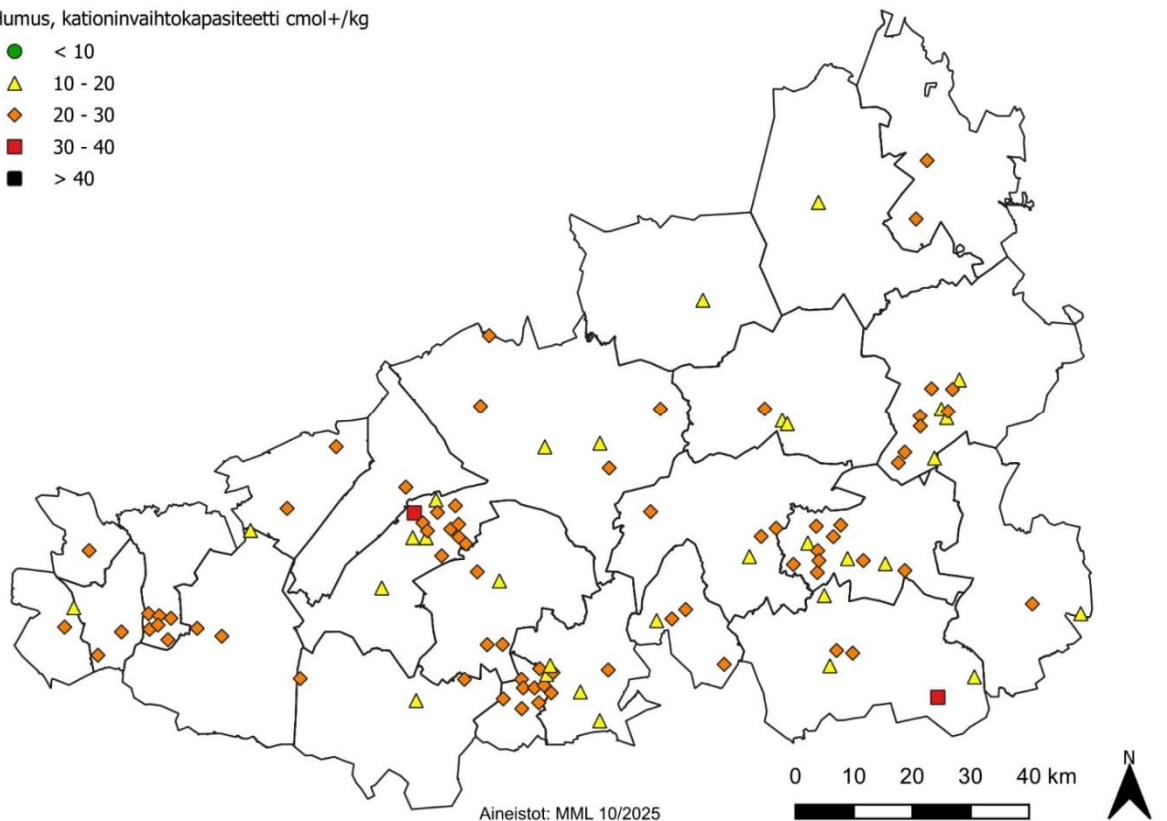
- < 2,5
- ▲ 2,5 - 5,0
- ◆ 5,0 - 7,5
- ◇ 7,5 - 10,0
- 10,0 - 12,5
- > 12,5



Kuva 4-31. Humuksen vaihtohappamuus (cmol+/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

Humus, kationinvaihtokapasiteetti cmol+/kg

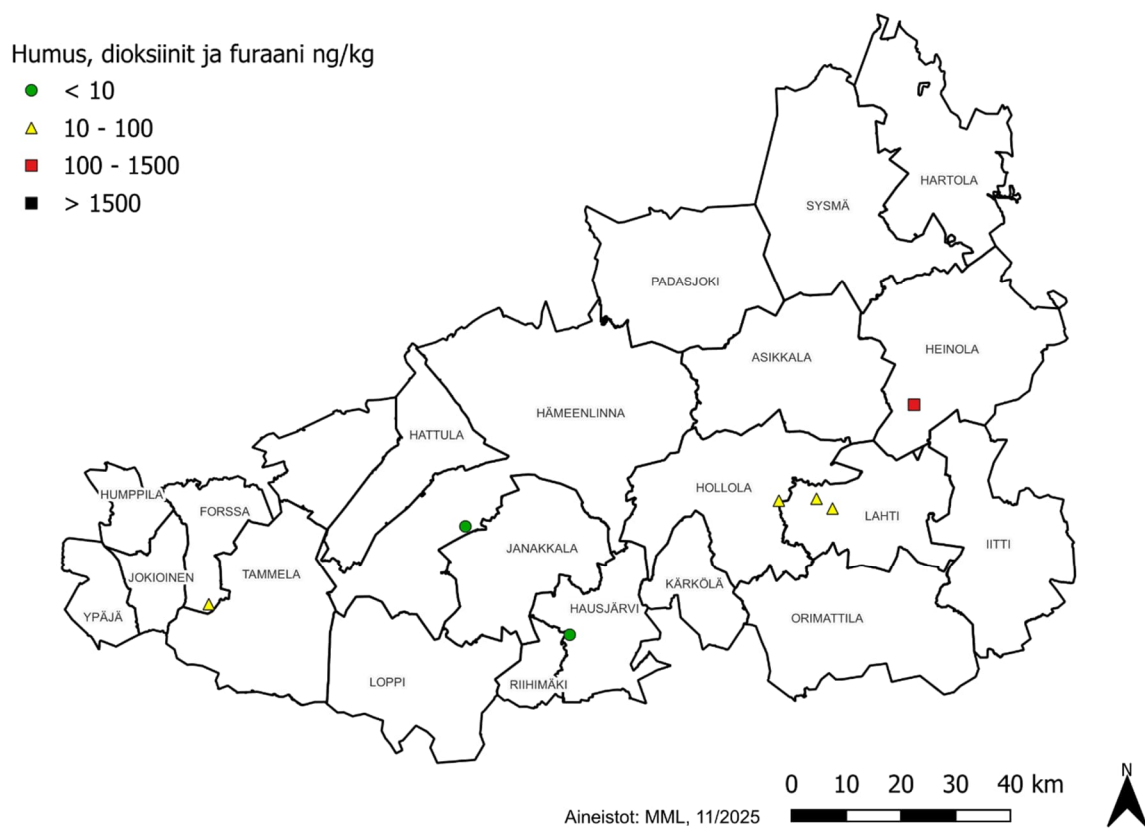
- < 10
- ▲ 10 - 20
- ◆ 20 - 30
- 30 - 40
- > 40



Kuva 4-32. Humuksen kationinvaihtokapasiteetti (cmol+/kg) tutkimusaloilla vuonna 2025.

4.3.4 Humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuudet sekä vertailu PIMA-asetuksen raja-arvoihin

Humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuuksia tutkittiin seitsemältä tutkimusalalta teollisuus- ja jätteenkäsittelytoimintojen läheisyydestä Forssasta, Heinolasta, Hollolasta, Hämeenlinnasta, Lahdesta ja Hausjärveltä (Kuva 4-33).



Kuva 4-33. Humuksen dioksiini- ja furaanipitoisuudet tutkimusaloilla (Summa WHO(2005)-PCDD/F-PCB TEQ (upper-bound)) vuonna 2025. Luokkaväleissä on hyödynnetty PIMA-asetuksen (214/2007) ohjearvoja.

Valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007) on pilaantuneisuuden ohjearvot määritetty dioksiineille, furaaneille ja dioksiinien kaltaisille PCB-yhdisteille käyttäen WHO:n toksisuusekvivalentteja. Humuksesta määritetyt PCDD- ja PCDF- sekä PCB-pitoisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 4-5). Taulukossa on lisäksi esitetty yhdisteiden summapitoisuus Maailman terveysjärjestön WHO:n toksisuusekvivalenttina sisältäen PCDD/F-yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet. Toksisuusekvivalentti perustuu WHO:n vuoden 2005 TEF-arvoihin ja kertoo yhdisteiden yhteisvaikutuksellisesta toksisuudesta (toxic equivalent, TEQ). TEQ arvo voidaan esittää niin, että alle määritysrajan olevat tulokset on summassa huomioitu puolikkaan määritysrajan suuruusina (middle bound) tai kokonaisen määritysrajan suuruusina (upper bound). Vuoden 2025 tuloksista on esitetty molemmat summat (Taulukko 4-5.) Taulukossa on esitetty myös Valtioneuvoston asetuksessa (VNA 214/2007) PCDD/F- ja dioksiinien kaltaisille PCB-yhdisteille annetut WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitetut kynnysarvot sekä ylemmät ohjearvot.

Kynnysarvojen ylittyessä maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Maaperää pidetään pilaantuneena, jos ylempi ohjearvo ylittyy teollisuus-, varasto- tai liikennealueella taikka muulla vastaavalla alueella. Alempia ohjearvoja sovelletaan muille alueille. Heinolan Myllyojan alalla 568 ja Lahdessa Kymijärven voimalaitoksen alalla 524 sekä Vesteråsin alalla 510 kynnysarvo ylittyi (sekä middle bound että upper bound arvo). Lisäksi alojen 488 (Hollola) ja 321 (Forssa) upper bound arvo oli samansuuruinen, kuin kynnysarvo. Alalla 568 ylittyi myös alempi ohjearvo. Muiden alojen osalta ohjearvot eivät ylittyneet. Ala 568 sijaitsee Kuusakoski Oy:n jätteenkäsittelylaitoksen ja valtatie 4 välisellä alueella.

Vuoden 2014 tutkimuksessa määritettiin vain PCDD/F-yhdisteet, joten kaikkia kynnys- ja ohjearvojen ylityksiä ei välttämättä havaittu. Vuonna 2025 analysoitiin myös dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet, joten vuoden 2014 ja 2025 tulokset eivät ole keskenään vertailukelpoiset.

Taulukko 4-5. Tutkimusalueelta mitatut dioksiini- ja furaanipitoisuudet sekä dioksiinin kaltaisten PCB-yhdisteiden pitoisuudet. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet ovat todellisia pitoisuuksina (ng/kg) ja summa-arvo WHO-TEF2005-toksisuusekvivalentteina (TEQ, ng/kg).

Havaintopiste	603	568	524	510	488	601	321
Yhdiste	ng/kg dw	ng/kg dw	ng/kg dw	ng/kg dw	ng/kg dw	ng/kg dw	ng/kg dw
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	110	240	33	170	23	11	6,7
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	150	370	86	1700	64	50	<4
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	<2	23	2,4	23	<2	<2	<4
1,2,3,4,7,8-HeksaCDD	<2	8,9	<2	8,1	<2	<2	<4
1,2,3,4,7,8-HeksaCDF	<2	57	7,3	39	4	2	<4
1,2,3,6,7,8-HeksaCDD	2,8	24	3,6	26	3,6	<2	<4
1,2,3,6,7,8-HeksaCDF	<2	46	8,1	40	3,7	<2	<4
1,2,3,7,8,9-HeksaCDD	<2	18	2,5	20	3	<2	<4
1,2,3,7,8,9-HeksaCDF	<2	<10	<2	<10	<2	<2	<4
1,2,3,7,8-PentaCDD	<2	11	<4	10	<2	<2	<4
1,2,3,7,8-PentaCDF	<2	34	6	32	3,3	<2	<4
2,3,4,6,7,8-HeksaCDF	2,6	45	9,8	52	4,1	2	<4
2,3,4,7,8-PentaCDF	<2	64	9,6	51	4,2	<2	<4
2,3,7,8-TetraCDD	<0,5	2	<0,5	3,2	<0,5	<0,5	<1
2,3,7,8-TetraCDF	0,68	65	6,7	57	4,4	1,5	1,9
OktaCDD	820	1100	98	350	58	33	27
OktaCDF	180	350	77	1600	59	66	<10
PCB 105	98	63000	270	540	300	350	120
PCB 114	4,3	4200	13	19	13	14	5,2
PCB 118	280	220000	770	2100	840	750	270
PCB 123	17	16000	59	160	62	59	20
PCB 126	8,9	1400	31	70	24	15	7,7
PCB 156	100	26000	190	1000	170	140	47
PCB 157	14	7400	36	160	34	31	9,4
PCB 167	44	11000	95	570	88	66	24
PCB 169	5,1	200	9,3	17	6,7	4,7	<4
PCB 189	19	2700	34	200	24	19	7
PCB 77	32	31000	94	180	80	120	47
PCB 81	<2	1300	<10	<20	<10	<10	<4
Summa WHO(2005)-PCDD/F-PCB TEQ (middle-bound)*	6,7	226	14	82	8,7	5,0	5,8
Summa WHO(2005)-PCDD/F-PCB TEQ (upper-bound)**	8,8	227	16	82	10	7,1	10
Vertailuarvot PCDD-PCDF-PCB							
Kynnysarvo	10	10	10	10	10	10	10
Alempi ohjearvo	100	100	100	100	100	100	100
Ylempi ohjearvo	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500

* summa sisältää puolikkaan mittausmenetelmän määritysrajan

** summaan sisältää mittausmenetelmän määritysrajan

4.3.5 Kooste humuksen tuloksista

Humuksen metallipitoisuuksiin sammalen tapaan vaikuttavat monet eri tekijät kuten alueen pistekuormitus ja laitosten päästökorkeudet, liikenne, kaukokulkeuma, maastonmuodot, maankäyttö sekä sääolosuhteet. Samat tekijät vaikuttavat myös maaperän dioksiini- ja furaanipitoisuuksiin. Eri lähteiden osuutta tuloksiin on hyvin vaikeaa arvioida tai erotella toisistaan (kts.4.2.2 *Kooste sammalen alkuaineanalyysien tuloksista*)

Sammalen tapaan myös humuksen suurimmat metallipitoisuudet painottuivat tietyille aloille vuoden 2025 tutkimuksessa. Vanadiinia lukuun ottamatta kaikkien tutkittujen metallien suurin havaittu pitoisuus esiintyi Heinolan Myllyojan alalla 568, joka sijaitsee jätteenkäsittelylaitoksen sekä valtatie 4:n välittömässä läheisyydessä. Alan 568 tulokset nostavat keskiarvotuloksia kaikkien metallien osalta. Myös dioksiini- ja furaanitutkimuksessa alan 568 tulokset olivat selkeästi suuremmat verrattuna muihin tutkimusaloihin. Samalta alalta mitattiin myös vuoden 2014 tutkimuksessa suuria metallipitoisuuksia sekä kohonneita dioksiini- ja furaanipitoisuuksia. Vanadiinin suurin pitoisuus esiintyi alalla 448, joka sijaitsee Hämeenlinnassa. Alan läheisyyteen, noin 400 metrin päähän, sijoittuu energiantuotantoa. Samalta alalta mitattiin myös koholla oleva nikkeli- ja kromipitoisuus.

Kohonneita metallipitoisuuksia havaittiin useilla eri aloilla. Alalla 378 havaittiin kohonneet kromi-, sinkki- ja vanadiinipitoisuudet. Ala sijaitsee Hämeenlinnassa lähellä Aulangon golf-kenttää, melko kaukana päästölähteistä ja isoista teistä. Hausjärvellä alalla 601 mitattiin kohonneet kromi-, kupari- ja nikkelipitoisuudet. Alan läheisyydessä on jätteenkäsittelytoimintaa. Heinolassa alalla 581 mitattiin kohonneet kupari- ja lyijypitoisuudet ja Lahdessa alalla 524 korkeat nikkeli- ja vanadiinipitoisuudet. Kilometrin säteellä alasta 581 on energiantuotantoa, metsäteollisuuden toimintoja sekä jätevedenpuhdistustoimintaa ja alasta 524 energiantuotantoa, kemianteollisuutta ja jätteenkäsittelytoimintaa. Ala 524 sijaitsee myös noin 300 metrin päässä Holman-Kymijärven maantiestä (tie nro 24) sekä noin 800 metrin päässä valtatie 4:stä. Alalla 443 Hämeenlinnan Kukkuramäessä havaittiin kromin- ja vanadiinin korkeampia pitoisuuksia. Ilmakuvien perusteella alan läheisyydessä on maanottoalue ja noin 700 metrin päässä sijaitsee Padasjoentie (tie nro 53).

Yksittäisiä korkeampia vanadiinipitoisuuksia mitattiin aloilla 371 ja 373, jotka sijaitsevat Hämeenlinnan taajama-alueella. Noin kilometrin säteelle aloista sijoittuu myös energiantuotantoa. Korkeita lyijypitoisuuksia havaittiin Lahden kaupunkitaajamassa Radiomäen alalla 508 sekä Heinolassa Sinilähteen asuinalueen läheisyydessä alalla 566 sekä Vierumäen alalla 555. Ala 508 sijaitsee Mannerheiminkadun (tie nro 41900) sekä Hollolankadun (tie nro 140) risteyksen läheisyydessä, kilometrin säteellä havaintoalasta sijaitsee energiantuotantolaitoksia. Ala 566 sijaitsee noin 250 metrin päässä valtatie 4:stä ja noin 1,5 kilometrin päässä sijaitsee myös jätteenkäsittelylaitos. Alan 555 läheisyydessä puolestaan sijaitsee metalli- ja metsäteollisuuden toimintoja sekä Vierumäenraitti ja valtatie 4. Hämeenlinnassa alalla 386 havaittiin korkea nikkelpitoisuus ja Forssassa alalla 309 korkea sinkkipitoisuus. Alan 386 läheisyydessä sijaitsee metalli- ja kemianteollisuutta sekä Harvialantie (tie nro 290). Ala 309 sijaitsee Jokioisen kaupunkitaajamassa.

Verrattaessa vuoden 2025 tuloksia PIMA-asetuksen metallien raja-arvoihin, ylittyi alalla 568 kuparin, lyijyn ja sinkin ylempi ohjearvo, kadmiumin alempi ohjearvo ja nikkelin pitoisuus oli alemman ohjearvon tasolla. Lyijyllä asetuksen kynnysarvo ylittyi lisäksi Lahdessa alalla 508 sekä Heinolassa aloilla 555, 566 ja 581. PIMA-asetuksen PCDD-PCDF-PCB-yhdisteille asetettu alempi ohjearvo ylittyi vuonna 2025 alan 568 humusnäytteessä. Lisäksi asetuksen kynnysarvo ylittyi Lahdessa aloilla 524 sekä 510 ja alojen 488 (Hollola) ja 321 (Forssa) upper bound arvo oli samansuuruinen, kuin kynnysarvo. Maaperää pidetään pilaantuneena, jos ylempi ohjearvo on ylittynyt teollisuus-, varasto- tai liikennealueella taikka muulla vastaavalla alueella. Alempia ohjearvoja sovelletaan muille alueille. Vuonna 2025 ylemmän ohjearvon ylityksiä havaittiin Heinolan Myllyojalla Kuusakoski Oy:n jätteenkäsittelylaitoksen ja valtatie 4 välisellä alueella sijaitsevan alan 568 metalleissa. Tulosten perusteella alan maaperää voidaan pitää pilaantuneena.

Matalimmat humuksen vaihtohappamuusarvot ($< 2,5 \text{ cmol}^+/\text{kg}$) painottuivat Forssan, Hämeenlinnan ja Riihimäen keskusta-alueille. Kationinvaihtokapasiteetti oli korkein Orimattilassa alalla 576 ja Hämeenlinnassa alalla 366.

5 Tulosten tilastollinen tarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan tilastollisten menetelmien avulla saatuja tuloksia ja niiden välisiä yhteyksiä, tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä ja muuttujien yhteisvaihtelua. Tuloksiin vaikuttavia tekijöitä tutkittiin taustamuuttujien avulla, joina käytettiin sekä luonnollisia, tutkimusmetsikköä kuvaavia muuttujia, että päästömääriä ja ilmanlaatua kuvaavia muuttujia. Tutkimusmetsikköä kuvaavat taustamuuttujat ja niiden mittausmenetelmät on esitelty luvussa 3. Tilastollisissa analyyseissä ns. luonnollisina taustamuuttujina käytetyt muuttujat olivat

- alan tutkimuspuiden keskimääräinen ikä (arvio vuosina)
- alan tutkimuspuiden keskimääräinen pituus (arvio metreinä)
- kasvupaikkatyyppi
- tutkimuspuiden halkaisija (mittaus, cm)

Päästöjä ja ilmanlaatua kuvaavat muuttujat voidaan jakaa kahteen ryhmään: 1) 5 km:n säteellä tutkimusalasta sijaitsevien lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisten päästölähteiden lukumäärä ja raportoitujen päästöjen (rikin oksidit, typen oksidit ja hiukkaset) keskiarvo vuosilta 2020–2024 sekä 2) etäisyys lähimpään ympäristölupavelvolliseen päästölähteeseen (viisi eri luokkaa). Ensimmäiseen ryhmään kuuluivat kaikki Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella päästönsä YLVA-järjestelmään raportoivat laitokset. Jälkimmäiseen ryhmään kuuluivat Lupa- ja valvontaviraston valvomat ympäristölupavelvolliset laitokset, jotka aiheuttavat tutkittaviin indikaattoreihin vaikuttavia ilman epäpuhtauksien päästöjä, mutta jotka eivät kuitenkaan kaikki raportoi päästömääriään. Ryhmän laitokset jaoteltiin viiteen luokkaan: energiantuotantolaitoksiin (12 laitosta), jätevedenpuhdistamoihin (20 laitosta), jätteenkäsittelytoimintoihin (38 laitosta), kotieläintalouteen (12 eläinsuojaa) sekä teollisuustoimintoihin (heterogeeninen luokka, joka sisältää elintarvike-, kemian-, metalli- ja puunjalostusteollisuuden sekä muun teollisuuden; yhteensä 34 laitosta).

Tilastollisessa tarkastelussa ei ole käytetty muita päästölähteitä, kuten liikennettä tai kaukokulkeumaa, koska niistä ei ole saatavilla samanlaista käyttökelpoista pisteaineistoa kuin aiemmin mainituista päästömuuttujista. Tarkastelun ulkopuolella olevat päästölähteet vaikuttavat kuitenkin ilmanlaatuun ja siten osaltaan myös tutkittujen muuttujien vaihteluun.

Luvussa 5.1 tarkastellaan jäkälämuuttujia, luvussa 5.2. sammalen alkuainepitoisuuksia ja luvussa 5.3 humuksen alkuainepitoisuuksia. Luvussa 5.4 tarkastellaan muuttujien yhteisvaihtelua sekä luvussa 5.5 taajama- ja tausta-alojen tuloksia. Lopuksi luvussa 5.6 vedetään yhteen johtopäätökset tulosten tilastotarkastelusta.

5.1 Jäkälämuuttujat

Tässä luvussa kuvataan jäkälämuuttujien yhteisvaihtelua sekä taustatekijöiden vaikutuksia jäkäliin. Jäkälämuuttujina käytetään seuraavia:

- sormipaisukarpeen vaurioaste (alan keskiarvo, 1–5)
- jäkälälajiston yleinen vaurioaste (alan keskiarvo, 1–5)
- tutkimusalan ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä (0–10)
- IAP-indeksi
- sormipaisukarpeen peittävyys (% rungosta)
- luppojen peittävyys (% rungosta)
- levän yleisyys (esiintyminen tutkimusalalla, 0–5)

5.1.1 Jäkälämuuttujien yhteisvaihtelu

Jäkälämuuttujien keskinäiset korrelaatiot on esitetty alla (Taulukko 5-1).

Korrelaatiotestinä on käytetty ei-parametrista Spearmanin järjestyskorrelaatiota.

Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot on merkitty tähdillä: melkein merkitsevä (sig. < 0,05) yhdellä tähdellä (*), merkitsevä (sig. < 0,01) kahdella tähdellä (**), joiden lisäksi erittäin merkitsevä (sig. < 0,001) on merkitty kahdella tähdellä (**) ja **lihavoitu**.

Sormipaisukarpeen vaurioaste korreloi erittäin merkitsevästi ja positiivisesti yleisen vaurioasteen kanssa sekä erittäin merkitsevästi ja negatiivisesti oman peittävyytensä kanssa. *Sormipaisukarpeen vaurioaste* korreloi myös merkitsevästi ja negatiivisesti IAP-indeksin, lajilukumäärän ja lupon peittävyyden kanssa. Toisin sanoen, mitä suurempi sormipaisukarpeen vaurio, sitä suurempi yleinen vaurio sekä pienempi lajilukumäärä, ilmanpuhtausindeksin arvo sekä sormipaisukarpeen ja lupon peittävyys. *Yleinen vaurioaste* korreloi em. sormipaisukarpeen vaurioasteen lisäksi erittäin merkitsevästi ja negatiivisesti lajilukumäärän, IAP-indeksin sekä lupon peittävyyden kanssa.

Lajilukumäärä korreloi lisäksi erittäin merkitsevästi ja positiivisesti IAP-indeksin ja lupon peittävyyden kanssa. *IAP-indeksi* korreloi erittäin merkitsevästi ja positiivisesti lupon peittävyyden kanssa sekä melkein merkitsevästi ja negatiivisesti levän esiintymisen kanssa. *Sormipaisukarpeen peittävyys* korreloi melkein merkitsevästi ja negatiivisesti levän esiintymisen kanssa.

Voimakkainta korrelaatio oli odotetusti lajilukumäärän ja IAP-indeksin välillä, sillä IAP-indeksi lasketaan lajien esiintymisen perusteella. Myös yleisen vaurioasteen yhteisvaihtelu lajilukumäärän ja IAP-indeksin kanssa oli odotettua, sillä yleisessä vaurioasteessa huomioidaan eri lajien esiintyminen puun rungolla. Niin ikään sormipaisukarpeen vaurioaste korreloi em. lajistoa kuvaavien muuttujien kanssa, muttei yhtä voimakkaasti. Sormipaisukarpeen peittävyys korreloi voimakkaasti vaurioasteensa kanssa ja heikosti levän esiintymisen kanssa.

Taulukko 5-1. Jäkälämuuttujien keskinäiset korrelaatiot (Spearman). *Hyp.* = sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*), *Bryoria* = lupot, *Alg.* = levä ja vihersukkulajäkälä (*Algae & Scoliciosporum* sp.).

	<i>Hyp.</i> vaurio	Yleinen vaurio	Lajilu- kumäärä	IAP	<i>Hyp.</i> peit.	<i>Bryoria</i> peit.	<i>Alg.</i> es.
<i>Hyp.</i> vaurio	1	0,232**	-0,179**	-0,187**	-0,382**	-0,137*	-0,07
Yleinen vaurio	0,232**	1	-0,81**	-0,811**	0,043	-0,417**	0,105
Lajilukumäärä	-0,179**	-0,81**	1	0,87**	0,025	0,325**	-0,099
IAP	-0,187**	-0,811**	0,87**	1	-0,007	0,353**	-0,123*
<i>Hyp.</i> peit.	-0,382**	0,043	0,025	-0,007	1	0,018	-0,113*
<i>Bryoria</i> peit.	-0,137*	-0,417**	0,325**	0,353**	0,018	1	-0,032
Levän es.	-0,07	0,105	-0,099	-0,123*	-0,113*	-0,032	1

5.1.2 Taustamuuttujien vaikutus jäkälämuuttujiin

Kruskal-Wallis testin perusteella *kasvupaikkatyyppi* vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi herkkien lajien lukumäärään ja IAP-indeksiin, merkitsevästi yleiseen vaurioasteeseen sekä melkein merkitsevästi levän esiintyvyyteen. Dunnin testin perusteella yleinen vaurioaste oli parempi, herkkiä lajeja esiintyi enemmän ja IAP-indeksi sai suurempia arvoja kuivilla kankailla kuin tuoreilla kankailla tai lehtomaisilla kankailla. Ero oli samansuuntainen myös kuivahkoihin kankaisiin, mutta pienempi ja tilastollisesti vähemmän merkitsevä. Levän esiintyvyydessä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri kasvupaikkatyyppien välillä, mutta tuoreilla kankailla sitä esiintyi kuivahkoja kankaita enemmän tilastollisesti melkein merkitsevällä tasolla.

Muiden luontaisten taustamuuttujien vaikutus jäkälälajistoon oli melko vähäistä Spearmanin korrelaatiokertoimien perusteella tarkasteltuna (Taulukko 5-2). Merkitsevien ja erittäin merkitsevien korrelaatioiden perusteella vanhemmilla tutkimuspuilla esiintyi vähemmän sormipaisukarvetta ja enemmän levää kuin nuoremmilla puilla. Levää esiintyi myös sitä enemmän mitä korkeampi tutkimuspuu oli. Tutkimuspuun halkaisija puolestaan vaikutti vähentävästi sormipaisukarpeen peittävyysasteeseen.

Taulukko 5-2. Jäkälämuuttujien ja luontaisten taustamuuttujien korrelaatiot (Spearman). *Hyp.* = sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*), *Bryoria* = lupot, *Alg.* = levä ja vihersukkulajäkälä (*Algae & Scoliciosporum* sp.).

	Ikä	Pituus	Halkaisija
<i>Hyp.</i> vaurio	-0,109	-0,032	0,133*
Yleinen vaurio	-0,131*	0,068	-0,075
Lajilukumäärä	0,074	-0,125*	0,059
IAP	0,049	-0,146*	0,018
<i>Hyp.</i> peit.	-0,338**	-0,127*	-0,245**
<i>Bryoria</i> peit.	0,028	-0,078	-0,026
<i>Alg.</i> es.	0,201**	0,197**	0,089

Ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavilla muuttujilla oli selvä yhteys suurimpaan osaan tutkituista jäkälämuuttujista (Taulukko 5-3). Tutkituista ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavista muuttujista ainoastaan etäisyydellä lähimpään kotieläinsuojaan (Lupa- ja valvontaviraston valvomat ympäristölupavervolliset kotieläinsuojat) ei ollut vaikutusta mihinkään tutkituista jäkälämuuttujista. Vahvimmin ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavat muuttujat yhdistyivät tutkituista jäkälämuuttujista levän esiintyvyyteen, joka korreloi tilastollisesti vähintään merkitsevästi kaikkien paitsi lähimmän kotieläinsuojan etäisyyden kanssa sekä IAP-indeksiin, joka korreloi vähintään merkitsevästi kaikkien paitsi lähimmän kotieläinsuojan ja lähimmän jätteenkäsittelytoiminnon etäisyyden kanssa. Sormipaisukarpeen vaurioaste ei korreloinut yhdenkään ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavan muuttujan kanssa, mutta yleinen vaurioaste sen sijaan korreloi vähintään merkitsevästi kaikkien ilmanlaatua kuvaavien muuttujien sekä lähimmän lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisen päästölähteen etäisyyden kanssa.

Lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisten päästölähteiden sijainnin ja päästömäärien perusteella johdetut muuttujat, jotka kuvaavat toisaalta päästömääriä 5 km:n etäisyydellä tutkimusalueelta ja toisaalta tutkimusalojen sijoittumista suhteessa päästölähteisiin, vaikuttivat jäkälämuuttujiin melko samansuuruisesti ja -suuntaisesti. Kaikki päästömäärien ja päästölähteiden muuttujat korreloivat vähintään tilastollisesti merkitsevästi yleisen vaurioasteen, lajilukumäärän, IAP-indeksin, lupon peittävyys ja levän esiintyvyyden kanssa.

Vaikutukset jäkälämuuttujiin olivat heikompia tarkasteltaessa etäisyyksiä erityyppisiin päästölähteisiin, joista kukin korreloi tilastollisesti merkitsevästi korkeintaan kolmen jäkälämuuttujan kanssa. Ero korostui etenkin energiantuotannon ja teollisuuden luokissa, joihin kuuluivat suurin osa edellisen kappaleen päästölähteistä. Lähimmän energiantuotantolaitoksen etäisyys oli yhteydessä IAP-indeksiin, sormipaisukarpeen peittävyteen sekä levän esiintyvyyteen, ja lähimmän teollisuustoiminnon etäisyys puolestaan IAP-indeksiin ja levän esiintyvyyteen. Heikommalla korrelaatiolla toimialoittain tarkasteltuna johtuvatkin todennäköisesti hajonnasta ja tarkasteluasetelmasta, joka aiheutuu toimialoittain jaoteltuna pienemmästä laitosten määrästä, jolloin hajontaa ja muiden tekijöiden aikaansaamia virhelähteitä tulee mukaan enemmän. Lähimmän jätevedenpuhdistamon etäisyydellä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys IAP-indeksiin ja levän esiintyvyyteen. Etäisyys lähimpään jätteenkäsittelytoimintoon korreloi merkitsevästi sormipaisukarpeen peittävyden sekä levän esiintyvyyden kanssa. Etäisyydellä lähimpään jätteenkäsittelytoimintoon oli tilastollisesti merkitsevä yhteys IAP-indeksiin sekä levän esiintyvyyteen.

Vaikka ilmanlaatua ja päästömääriä kuvaavat muuttujat ovat hieman keinotekoisia ja selitysvoimaltaan rajoittuneita, ne yhdistyivät jäkälämuuttujiin loogisella ja odotetulla tavalla. Analyysissä käytetyt ilmanlaatu- ja päästömuuttujat eivät ota huomioon esim. vallitsevia tuulensuuntia tai päästökorkeuksia, joilla on merkittävä vaikutus indikaattorilajien vasteisiin. Matalat päästökorkeudet, vaikka päästömäärät olisivat suhteellisen pieniä, voivat vaikuttaa jäkäliin lähellä päästölähdettä jopa voimakkaammin kuin vastaavalla etäisyydellä suurten päästömäärien mutta suurten päästökorkeuksien läheisyydessä.

Taulukko 5-3. Jäkälämuuttujien ja ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavien muuttujien korrelaatiot (Spearman). Hyp. = sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*), Bryoria = lupot, Alg. = levä ja vihersukkulajäkälä (*Algae & Scoliciosporum sp.*).

	Hyp. vaurio	Yleinen vaurio	Lajiluku- määrä	IAP	Hyp. peit.	Bryoria peit.	Alg. es.
SOx 5 km:n puskurilla	,008	,194**	-,224**	-,262**	-,148*	-,174**	,305**
NOx 5 km:n puskurilla	,04	,229**	-,246**	-,301**	-,154**	-,184**	,303**
Hiukkaset 5 km:n puskurilla	,034	,223**	-,237**	-,287**	-,112	-,192**	,253**
Päästölähteiden lkm 5 km:n puskurilla	,051	,217**	-,229**	-,281**	-,184**	-,186**	,276**
Lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyys	-,05	-,186**	,19**	,256**	,087	,151**	-,185**
Lähimmän energiantuotantolaitoksen etäisyys	-,042	-,095	,118*	,165**	,192**	,092	-,231**
Lähimmän jätevedenpuhdistamon etäisyys	,017	-,112	,162**	,206**	,146*	,087	-,158**
Lähimmän jätteenkäsittelytoiminnon etäisyys	-,018	-,122*	,108	,137*	,177**	,097	-,245**
Lähimmän kotieläinsuojan etäisyys	,034	,044	-,099	-,089	-,11	0	-,018
Lähimmän teollisuustoiminnon etäisyys	-,086	-,143*	,143*	,206**	,126*	,123*	-,182**



5.2 Sammalten alkuainepitoisuudet

Tässä luvussa kuvataan sammalen alkuainepitoisuuksien yhteisvaihtelua sekä taustatekijöiden vaikutuksia niihin. Sammalen alkuainepitoisuudet tutkittiin elohopean (Hg), kadmiumin (Cd), kromin (Cr), kuparin (Cu), lyijyn (Pb), nikkelin (Ni), sinkin (Zn) ja vanadiinin (V) osalta.

5.2.1 Sammalen alkuainepitoisuuksien yhteisvaihtelu

Sammalen alkuainepitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot on esitetty alla (Taulukko 5-4). Kaikki sammalista mitattujen alkuaineiden pitoisuudet korreloivat keskenään tilastollisesti merkitsevästi. Erityisen voimakkaita korrelaatioita oli nikkelillä ja vanadiinilla muiden alkuaineiden kanssa sekä keskenään. Eri metallien pitoisuuksien yhteisvaihtelu sammalessa on tyypillistä ja havaittu useissa eri bioindikaattoritutkimuksissa (esim. Osmala ym. 2022b). Mm. teollisuus-, energiantuotanto- ja jätteenkäsittelytoiminnoista aiheutuu useiden metallien päästöjä, jolloin näiden toimintojen läheisillä tutkimusaloilla havaitaan yleensä kohonneita pitoisuuksia useiden eri metallien osalta.

Taulukko 5-4. Sammalen alkuainepitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot (Spearman).

	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
Hg	1	0,638**	0,538**	0,465**	0,616**	0,595**	0,483**	0,634**
Cd	0,638**	1	0,461**	0,528**	0,694**	0,521**	0,748**	0,582**
Cr	0,538**	0,461**	1	0,529**	0,721**	0,884**	0,575**	0,808**
Cu	0,465**	0,528**	0,529**	1	0,514**	0,663**	0,63**	0,611**
Pb	0,616**	0,694**	0,721**	0,514**	1	0,756**	0,697**	0,697**
Ni	0,595**	0,521**	0,884**	0,663**	0,756**	1	0,623**	0,807**
Zn	0,483**	0,748**	0,575**	0,63**	0,697**	0,623**	1	0,671**
V	0,634**	0,582**	0,808**	0,611**	0,697**	0,807**	0,671**	1

5.2.2 Taustamuuttujien vaikutus sammalen alkuainepitoisuuksiin

Luontaisista taustamuuttujista Kruskal-Wallis testin parametrittoman varianssianalyysin perusteella *kasvupaikkatyypillä* oli vaikutusta ainoastaan sinkin pitoisuuksiin siten, että ne olivat muita kasvupaikkatyyppijä hieman korkeampia lehtomaisilla kuin kuivahkoilla kankailla. Muilla taustamuuttujilla (tutkimuspuun ikä, pituus ja halkaisija) ei ollut vaikutusta alkuainepitoisuuksiin (Taulukko 5-6).

Taulukko 5-5. Sammalten alkuainepitoisuuksien korrelaatiot luontaisten taustamuuttujien kanssa (Spearman).

	Ikä	Pituus	Halkaisija
Hg	0,173	0,172	0,11
Cd	0,076	-0,053	0,102
Cr	0,068	-0,021	-0,001
Cu	0,024	-0,049	0,02
Pb	0,103	-0,029	0,036
Ni	-0,003	-0,038	0,011
Zn	0,057	-0,029	0,042
V	0,053	0,05	0,122

Ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavat muuttujat korreloivat tilastollisesti merkitsevästi kaikkien alkuainemuuttujien kanssa elohopeaa ja kadmiumia lukuun ottamatta, ja niidenkin kanssa osin melkein merkitsevästi (Taulukko 5-6). Eniten ja vahvimpia tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita ilmanlaatu- ja päästölähdemuuttujien kanssa oli kuparilla, sinkillä ja vanadiinilla, jotka korreloivat tilastollisesti erittäin merkittävästi kahdeksan taustamuuttujan kanssa. Kaikilla ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavilla taustamuuttujilla oli yhteyksiä sammalten alkuainepitoisuuksiin – myös etäisyydellä lähimpään kotieläinsuojaan, joka korreloi tilastollisesti melkein merkitsevästi kromi- ja lyijypitoisuuksien kanssa. Päästölähdetyypeistä jätteenkäsittelytoiminnoilla oli eniten ja vahvimpia korrelaatioita alkuainepitoisuuksien kanssa. Voimakkaimmat korrelaatiot havaittiin päästölähteiden lukumäärällä 5 km:n etäisyydellä tutkimusalaista ja sammalten vanadiini- ja kuparipitoisuuksilla.

Taulukko 5-6. Sammalen alkuainepitoisuuksien korrelaatiot ilmanlaatua kuvaavien ja päästömuuttujien kanssa (Spearman).

	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
SOx 5 km:n puskurilla	,213*	,35**	,406**	,497**	,505**	,47**	,498**	,495**
NOx 5 km:n puskurilla	,206*	,336**	,446**	,597**	,464**	,51**	,53**	,534**
Hiukkaset 5 km:n puskurilla	,107	,247*	,29**	,43**	,295**	,299**	,394**	,385**
Päästölähteiden lkm 5 km:n puskurilla	,202	,318**	,428**	,601**	,379**	,476**	,45**	,602**
Lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyys	-,118	-,242*	-,352**	-,389**	-,371**	-,381**	-,451**	-,46**
Lähimmän energiantuotanto-laitoksen etäisyys	-,131	-,18	-,279**	-,452**	-,262**	-,33**	-,308**	-,416**
Lähimmän jätevedenpuhdistamon etäisyys	-,014	-,15	-,188	-,16	-,194*	-,141	-,134	-,296**
Lähimmän jätteenkäsittely-toiminnon etäisyys	-,166	-,262**	-,433**	-,521**	-,456**	-,479**	-,367**	-,447**
Lähimmän kotieläinsuojan etäisyys	-,018	,096	,196*	,123	,223*	,115	,103	,069
Lähimmän teollisuustoiminnon etäisyys	-,119	-,21*	-,306**	-,445**	-,258**	-,322**	-,38**	-,386**

5.3 Humuksen alkuainepitoisuudet ja kemialliset ominaisuudet

Tässä luvussa kuvataan humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien yhteisvaihtelua sekä taustatekijöiden vaikutuksia niihin. Humuksen alkuainepitoisuudet tutkittiin alumiinin (Al), kadmiumin (Cd), kaliumin (K), kalsiumin (Ca), kromin (Cr), kuparin (Cu), lyijyn (Pb), magnesiumin (Mg), natriumin (Na), nikkelin (Ni), raudan (Fe), sinkin (Zn) ja vanadiinin (V) osalta, sekä kemialliset ominaisuudet pH:n, vaitohappamuuden (VH) ja kationinvaihtokapasiteetin (KVK) osalta.

5.3.1 Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien yhteisvaihtelu

Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien välillä oli runsaasti yhteisvaihtelua (Taulukko 5-7). Voimakkaimmat korrelaatiot havaittiin vanadiinin, kromin ja nikkelin kesken. Eri metallien pitoisuuksien yhteisvaihtelu on tyypillistä ja havaittu useissa eri bioindikaattoritutkimuksissa (esim. Lappalainen & Leppänen 2019). Mm. teollisuus-, energiantuotanto- ja jätteenkäsittelytoiminnoista aiheutuu useiden metallien päästöjä, jolloin näiden toimintojen läheisillä tutkimusaloilla havaitaan yleensä kohonneita pitoisuuksia useiden eri metallien osalta.

Taulukko 5-7. Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot (Spearman). VH = vaitohappamuus, KVK = kationinvaihtokapasiteetti.

	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH	VH	KVK
Cd	1	-,143	,262**	,028	,011	,448**	-,2*	-,025	-,064	,351**
Cr	-,143	1	,545**	,655**	,879**	,419**	,934**	,453**	,036	,061
Cu	,262**	,545**	1	,268**	,654**	,563**	,476**	,362**	-,09	,239*
Pb	,028	,655**	,268**	1	,607**	,158	,745**	,027	,389**	,038
Ni	,011	,879**	,654**	,607**	1	,423**	,825**	,353**	,094	,195*
Zn	,448**	,419**	,563**	,158	,423**	1	,286**	,543**	-,396**	,431**
V	-,2*	,934**	,476**	,745**	,825**	,286**	1	,402**	,074	-,006
pH	-,025	,453**	,362**	,027	,353**	,543**	,402**	1	-,727**	,273**
VH	-,064	,036	-,09	,389**	,094	-,396**	,074	-,727**	1	-,187
KVK	,351**	,061	,239*	,038	,195*	,431**	-,006	,273**	-,187	1

5.3.2 Taustamuuttujien vaikutus humuksen alkuainepitoisuuksiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin

Kruskal-Wallisin parametrittoman varianssianalyysin perusteella koealan kasvupaikkatyypillä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus humuksen kromi-, nikkeli- ja vanadiinipitoisuuksiin sekä happamuuteen. Dunnin testissä alumiinipitoisuus oli lehtomaisilla kankailla korkeampi kuin kuivilla ja kuivahkoilla kankailla, mutta tilastollinen merkitsevyys jäi heikoksi. Kromin, nikkelin ja vanadiinin pitoisuudet sekä pH olivat korkeampia lehtomaisilla kankailla kuin kuivahkoilla kankailla ja yhteys oli tilastollisesti merkitsevä.

Tutkimuspuiden *ikä* korreloi tilastollisesti merkitsevästi ja positiivisesti humuksen lyijy- ja vanadiinipitoisuuksien kanssa (Taulukko 5-8). Ikä korreloi lisäksi melkein merkitsevästi humuksen kromipitoisuuden kanssa. Tutkimuspuiden *pituus* korreloi melkein merkitsevästi ja negatiivisesti humuksen kadmium- ja positiivisesti vanadiinipitoisuuksien kanssa. Tutkimuspuiden *halkaisija* korreloi merkitsevästi ja positiivisesti humuksen vanadiinipitoisuuden ja pH:n kanssa sekä melkein merkitsevästi ja positiivisesti humuksen nikkelipitoisuuden kanssa.

Taulukko 5-8. Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien korrelaatiot luontaisten taustamuuttujien kanssa (Spearman). VH = vaihtohappamuus, KVK = kationinvaihtokapasiteetti.

	Ikä	Pituus	Halkaisija
Cd	0,072	-0,214*	-0,178
Cr	0,216*	0,16	0,246*
Cu	0,145	-0,015	0,177
Pb	0,262**	0,139	0,122
Ni	0,189	0,142	0,196*
Zn	0,066	-0,172	0,035
V	0,278**	0,209*	0,3**
pH	0,158	0,128	0,317**
VH	0,065	0,074	-0,093
KVK	0,091	-0,032	-0,016

Ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavat muuttujat korreloivat kadmiumia lukuun ottamatta kaikkien alkuainepitoisuuksien kanssa vähintään tilastollisesti merkitsevällä tasolla (Taulukko 5-9). Kromi ja nikkeli korreloivat lähimmän kotieläinsuojan etäisyyttä lukuun ottamatta kaikkien muuttujien kanssa. Voimakkaimmat korrelaatiot havaittiin kromin ja lähimmän lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisen päästölähteen etäisyyden sekä SO_x- ja NO_x-päästöjen välillä. Lyijy korreloi voimakkaimmin SO_x-päästöjen kanssa. Eri päästölähdetyypeistä eniten korrelaatioita alkuaineiden ja kemiallisten ominaisuuksien kanssa oli lähimmän energiantuotantolaitoksen etäisyydellä, joka korreloi tilastollisesti erittäin merkitsevästi humuksen kromi- kupari, nikkeli-, sinkki- ja vanadiinipitoisuuksien sekä melkein merkitsevästi lyijypitoisuuden ja pH:n kanssa. Päästöjen ja päästölähteen läheisyys vaikuttavat lähes kaikkiin muuttujiin positiivisesti.

Taulukko 5-9. Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien korrelaatiot ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavien taustamuuttujien kanssa (Spearman). VH = vaihtohappamuus, KVK = kationinvaihtokapasiteetti.

	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH	VH	KVK
SOx 5 km:n puskurilla	,025	,516**	,388**	,413**	,458**	,312**	,494**	,325**	-,04	,102
NOx 5 km:n puskurilla	,044	,515**	,429**	,315**	,45**	,403**	,46**	,407**	-,173	,144
Hiukkaset 5 km:n puskurilla	,054	,375**	,289**	,207*	,33**	,313**	,332**	,376**	-,202*	,163
Päästölähteiden lkm 5 km:n puskurilla	,028	,49**	,432**	,252**	,424**	,362**	,444**	,363**	-,185	,153
Lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyys	-,053	-,52**	-,454**	-,271**	-,509**	-,398**	-,405**	-,315**	,045	-,113
Lähimmän energiantuotanto-laitoksen etäisyys	-,11	-,383**	-,417**	-,225*	-,387**	-,32**	-,38**	-,208*	,057	-,116
Lähimmän jäteveden-puhdistamon etäisyys	-,045	-,374**	-,235*	-,287**	-,334**	-,218*	-,389**	-,215*	,03	-,02
Lähimmän jätteenkäsittely-toiminnon etäisyys	-,137	-,382**	-,428**	-,23*	-,35**	-,341**	-,291**	-,247*	,088	-,141
Lähimmän kotieläinsuojan etäisyys	,107	-,067	-,202*	,058	-,13	,107	-,073	-,041	-,111	,048
Lähimmän teollisuustoiminnon etäisyys	-,087	-,323**	-,391**	-,174	-,36**	-,316**	-,274**	-,24*	,15	-,215*

5.4 Muuttujien yhteisvaihtelu

Tässä luvussa tarkastellaan muuttujien yhteisvaihtelua faktorianalyysien ja korrelaatioiden avulla. Muuttujien välisiä korrelaatioita kuvaavat taulukot on esitetty liitteessä 25. Faktorianalyysi tiivistää muuttujien vaihtelua, mikä tarkoittaa sitä, että samankaltaisesti vaihtelevat muuttujat latautuvat samoille faktoreille. Tulosten tulkinta perustuu muuttujien eri faktoreilla saamien latauksien tarkasteluun.

Faktoritarkastelussa (Taulukko 5-10) olivat mukana kaikki muuttujat ja ne 104 tutkimusala, joilta kaikki analyysit tehtiin. Varimax-rotatoitu faktorianalyysi tiivistä 31 muuttujan vaihteluun yhdeksään faktoriin, jotka selittivät yhteensä 72 % kokonaisvaihtelusta. Yksittäinen faktori selitti 3,2–13,0 % vaihtelusta. Faktorianalyysin uskottavuusosamäärätestin perusteella 9 faktoria ei riitä selittämään aineiston vaihtelua.

Ensimmäisellä faktorilla suurimmat latauksensa saivat sammalten kupari-, lyijy-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet sekä humuksen kuparipitoisuus. Muuttujat korreloivat tilastollisesti merkitsevästi lähimmän jätevedenpuhdistamon ja kotiseläinsuojan etäisyyttä lukuun ottamatta kaikkien päästömuuttujien kanssa. Faktoria voidaan siten pitää ilmanlaatua ja päästömääriä kuvaavana faktorina.

Toiselle faktorille latautuivat humuksen kromi-, nikkeli ja vanadiinipitoisuudet. Myös nämä muuttujat korreloivat tilastollisesti merkitsevästi lähes kaikkien päästömuuttujien kanssa, ja siten myös tätä faktoria voidaan pitää päästöjen kertymistä kuvaavana faktorina.

Kolmannen faktorin merkittävimmät lataukset olivat jäkälämuuttujista yleisellä vaurioasteella, lajilukumäärällä, IAP-indeksillä sekä lupon peittävyydellä, jonka lataus tosin oli verrattain pieni. Koska, kaikki muuttujat liittyvät läheisesti jäkälän lajilukumäärään, kuvaa kolmas faktori jäkälän lajirunsautta.

Neljännellä faktorilla merkittävimmät latauksensa saivat sammalten elohopea-, kromi ja vanadiinipitoisuudet. Kromi- ja vanadiinipitoisuudet korreloivat lähes kaikkien päästömuuttujien kanssa, mutta elohopeapitoisuus korreloi vain melkein merkitsevästi ja heikosti typen ja rikin oksidien päästöjen kanssa. Neljäs faktori on raskasmetallien päästöjä kuvaava faktori.

Viidennelle faktorille latautui niin sammalten kuin humuksen lyijypitoisuus sekä levän esiintyminen. Viides faktori kuvaa siten lyijyn päästöjä ja kertymää ympäristöön.

Kuudes faktori kuvaa humuksen happamuutta. Sille suurimmat latauksensa saivat humuksen pH sekä vaihtohappamuus.

Seitsemännellä faktorilla merkittävimmät lataukset olivat humuksen kadmium- ja sinkkipitoisuuksilla sekä kationinvaihtokapasiteetilla. Muuttujista ainoastaan sinkki korreloi päästömuuttujien kanssa, joten faktori ei kuvaa suoraan käytettyjen päästömuuttujien suuruutta. Alkuaineiden ja kemiallisten ominaisuuksien keskinäisissä korrelaatioista kadmium korreloi ainoastaan sinkin ja kationinvaihtokapasiteetin kanssa. Faktorilla kadmiumpitoisuus sai korkeimman latauksensa, joten faktori kuvaa kadmiumin kertymistä humukseen.

Kahdeksas faktori kuvaa sormipaisukarpeen terveyttä. Faktorille suurimmat latauksensa saivat sormipaisukarpeen peittävyys sekä vaurioaste.

Yhdeksännelle faktorille sai suurimman latauksen ainoastaan sammalten kadmiumpitoisuus. Faktori kuvaa siten sammaliin kertynyttä kadmiumia.

Taulukko 5-10. Kaikkien muuttujien faktorianalyysin varimax-rotatoitu komponenttimatriisi. Kunkin muuttujan yli 0,5:n olevat lataukset on lihavoitu ja solu, jossa muuttuja saa suurimman latauksensa, on värjätty punaiseksi. Faktorien kuvaukset on esitetty tekstissä.

Muuttuja\ Faktori	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hyp vaurio	0,123	-0,090	0,337	-0,040	-0,049	0,305	0,129	-0,529	0,005
Yleinen vaurio	0,104	0,084	0,806	0,064	0,066	0,212	0,028	0,004	-0,098
Lajilukumäärä	-0,147	-0,046	-0,888	-0,118	0,002	-0,031	-0,005	0,040	0,000
IAP	-0,075	-0,078	-0,926	-0,109	0,052	-0,109	-0,031	0,028	0,024
Hyp. peit.	0,015	-0,134	0,043	0,052	-0,078	0,079	-0,186	0,911	-0,030
Bryoria peit.	0,062	-0,090	-0,254	0,047	-0,005	-0,010	0,018	0,017	-0,100
Levän es.	0,175	0,178	0,016	0,179	0,443	-0,108	-0,174	-0,178	0,014
Sammal: Hg	0,020	0,069	0,033	0,473	0,024	-0,036	0,084	0,285	0,149
Sammal: Cd	0,320	0,213	0,035	0,376	0,201	0,202	0,192	-0,028	0,703
Sammal: Cr	0,330	0,131	0,048	0,855	0,166	0,053	-0,035	-0,088	-0,045
Sammal: Cu	0,948	0,058	0,070	-0,019	-0,023	0,130	0,001	-0,060	0,020
Sammal: Pb	0,685	0,088	0,033	0,176	0,606	0,050	0,062	-0,031	0,174
Sammal: Ni	0,901	0,116	0,041	0,303	0,074	0,070	-0,040	-0,034	-0,036
Sammal: Zn	0,622	0,204	0,110	0,318	0,309	0,078	0,298	0,098	0,332
Sammal: V	0,177	0,283	0,145	0,718	0,329	0,047	0,067	-0,033	0,130
Humus: Cd	0,053	-0,114	-0,100	-0,040	0,147	-0,044	0,642	-0,072	0,132
Humus: Cr	0,126	0,900	0,117	0,159	0,120	0,107	-0,098	-0,088	0,094
Humus: Cu	0,460	0,279	0,122	0,139	0,253	0,058	0,187	0,013	0,131
Humus: Pb	0,090	0,174	-0,034	0,183	0,878	-0,163	0,122	0,069	0,064
Humus: Ni	0,226	0,761	0,157	0,116	0,100	-0,077	0,175	0,060	-0,063
Humus: V	0,018	0,898	0,078	0,124	0,167	0,117	-0,169	-0,043	0,127
Humus: Zn	0,181	0,418	0,129	0,190	0,039	0,360	0,574	-0,062	0,079
Humus: pH	0,174	0,416	0,232	0,083	-0,001	0,780	0,116	-0,068	0,117
Humus: VH	-0,091	0,058	-0,150	0,020	0,179	-0,802	-0,119	-0,006	-0,033
Humus: KVK	-0,009	-0,032	0,102	0,088	-0,183	0,237	0,566	-0,167	-0,078
Osuus vaihtelusta	13,0 %	11,9 %	10,3 %	8,3 %	7,3 %	7,0 %	5,7 %	5,2 %	3,2 %

5.5 Tausta- ja taajama-alat

Tässä luvussa tarkastellaan taajama- ja tausta-alojen tuloksia. Tutkimusalat jaettiin taajama-aloihin (n = 84) ja tausta-aloihin (n = 219) niiden sijoittumisen mukaan (läheisyys asutuskeskuksiin, valtateihin ja lupavelvollisiin päästölähteisiin). Alan sijoittuminen em. luokkiin arvioitiin tapauskohtaisesti mm. maastonmuotojen ja etäisyyden päästölähteeseen perusteella.

Jäkälämuuttujien keskiarvotarkastelun perusteella jäkälälajisto oli runsaampaa ja hyväkuntoisempaa tausta-aloilla kuin taajama-aloilla (Taulukko 5-11). IAP-indeksi ja lajilukumäärä olivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi pienempiä taajama-alueilla kuin tausta-alueilla. Yleinen vaurioaste oli merkitsevästi suurempi taajama-aloilla kuin tausta-aloilla. Sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyys oli keskimäärin korkeampi tausta-aloilla kuin taajama-aloilla tilastollisesti merkitsevällä tasolla. Levän yleisyys oli erittäin merkitsevästi suurempaa taajama-aloilla.

Sammalten metallipitoisuuksissa taajaman vaikutus oli pienempi (Taulukko 5-12). Vanadiinia esiintyi tilastollisesti erittäin merkitsevästi ja kromia tilastollisesti merkitsevästi enemmän taajama- kuin tausta-aloilla. Nikkeliä esiintyi melkein merkitsevästi enemmän taajamissa kuin tausta-alueilla. *Humuksen analyysissä* havaittiin sammalten tapaan joitakin eroja alatyypin välillä (Taulukko 5-13). Taajama-aloilla esiintyi enemmän kromia ja nikkeliä kuin tausta-aloilla ja ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kuparia ja vanadiinia esiintyi tilastollisesti merkitsevällä tasolla enemmän taajama-aloilla kuin tausta-aloilla. Lisäksi sinkin ja lyijyn pitoisuudet sekä pH olivat korkeampia taajamissa kuin tausta-alueilla tilastollisesti melkein merkitsevästi. Kadmiumin sekä vaihtohappamuuden ja kationinvaihtokapasiteetin osalta ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 5-11. Jäkälämuuttujia kuvaavia tunnuslukuja taajama- ja tausta-alojen välillä.

	Keskiarvo		χ^2	p
	taajama n = 84	tausta n = 219		
Ilmanpuhtausindeksi	1,8	2,2	15,772	< 0,001
Lajilukumäärä (alakohtainen)	4,9	5,7	12,284	< 0,001
Sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	2,9	0,083	0,77
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	8,1	10,9	7,524	0,006
Yleinen vaurioaste	3,6	3,5	7,766	0,0053
Luppojen peittävyys (%)	0,0	0,1	9,164	0,0025
Levän yleisyys	0,8	0,2	11,356	< 0,001

Taulukko 5-12. Sammalen alkuainepitoisuuksia kuvaavia tunnuslukuja taajama- ja tausta-alojen välillä.

	Keskiarvo		χ^2	p
	taajama n = 65	tausta n = 39		
Cd	0,13	0,12	3,262	0,071
Cr	4,00	3,14	8,697	0,003
Cu	6,25	7,63	3,133	0,077
Hg	0,05	0,04	1,664	0,198
Ni	2,54	2,62	4,203	0,041
Pb	1,54	1,57	1,052	0,307
V	1,18	0,81	19,282	< 0,001
Zn	41,4	38,6	3,716	0,054

Taulukko 5-13. Humuksen alkuainepitoisuuksia kuvaavia tunnuslukuja taajama- ja tausta-alojen välillä.

	Keskiarvo		χ^2	p
	taajama n = 66	tausta n = 39		
Cd	0,518	0,346	0,000	0,995
Cr	10,03	6,64	12,105	< 0,001
Cu	21,7	10,8	6,762	0,009
Ni	9,15	5,43	14,523	< 0,001
Pb	38,8	14,8	4,002	0,046
V	13,22	9,39	9,517	0,002
Zn	127,06	71,05	6,324	0,012
pH	3,43	3,27	3,986	0,046
Vaihtohappamuus	2,92	3,16	0,029	0,868
Kationinvaihtokapasiteetti	22,68	21,23	1,922	0,167

5.6 Tulosten tilastollinen tarkastelu: yhteenveto ja johtopäätökset

Taulukossa alla (Taulukko 5-14) on esitetty yhteenveto ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavien muuttujien korrelaatiotarkasteluista muuttujaryhmittäin. Kunkin muuttujaryhmän (jäkälät, neulasen, sammat ja humukset) osalta on esitetty, kuinka monta muuttujaa kyseisestä ryhmästä korreloi kunkin ilmanlaatua ja päästölähteitä kuvaavien muuttujien kanssa sekä korkein korrelaatio (kerroin ja muuttuja).

Korrelaatiokertoimien kautta tarkasteltuna heikoimmin ilmanlaatua kuvasivat jäkälämuuttujat ja parhaiten sammalten ja humuksen metallipitoisuudet (sammalten kupari- ja vanadiinipitoisuudet sekä humuksen kromi- ja vanadiinipitoisuudet).

Tilastollisesti merkitsevien korrelaatioiden määrässä mitattuna tutkitut muuttujat yhdistyivät ilmanlaatu- ja päästömuuttujista voimakkaimmin NO_x-päästöjen määrään sekä lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisten päästölähteiden lukumäärään 5 km:n etäisyydellä tutkimusalueesta, joista molempien kanssa korreloi 20 tutkittua muuttujaa. Seuraavaksi eniten tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita oli SO_x-päästöjen määrällä 5 km:n etäisyydellä tutkimusalueesta, jolla oli 19 korrelaatiota. Lähimmän lupa-, ilmoitus- tai rekisteröintivelvollisen päästölähteen etäisyydellä oli 18 korrelaatiota.

Päästönlähdetyyppeihin luokiteltuna eniten korrelaatioita oli lähimmän energiantuotantolaitoksen sekä lähimmän jätteenkäsittelytoiminnan etäisyyksien kanssa, joilla oli molemmilla 14 merkitsevää korrelaatiota. Seuraavaksi eniten oli lähimmällä teollisuustoiminnalla, 13 kpl. Lähimmän jätevedenpuhdistamon etäisyys korreloi 7 muuttujan kanssa ja lähin kotieläinsuoja ei yhtenkään.

Jäkälämuuttujista korkeimmat korrelaatiot ilmanlaatua kuvaavien muuttujien kanssa saivat levän esiintyvyys ja IAP-indeksi. Korkein korrelaatiokerroin oli rikin oksidien yhteenlasketuilla päästöillä 5 km:n etäisyydellä tutkimusalasta ja levän esiintyvyydellä, mutta sekin kerroin oli vain kohtalainen 0,31. IAP:n ja levän esiintyvyyden korrelaatiot olivat useiden ilmanlaatumuuttujien kanssa likimain yhtä voimakkaat, mutta vastakkaissuuntaiset. Lajistomuuttujien (lajilukumäärä, IAP-indeksi ja yleinen vaurioaste) korrelaatiot olivat voimakkaampia kuin sormipaisukarpeen muuttujat tai lupon peittävyys. Sormipaisukarpeen vaurioaste ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi yhdenkään ilmanlaatumuuttujan kanssa, mikä on merkittävä poikkeus aiempaan tutkimukseen nähden. Lajistoon vaikuttivat ilmanlaadun lisäksi myös kasvupaikkatyyppi, sillä kuivilla kankailla lajistoa oli enemmän kuin tuoreemmilla ja lehtomaisilla kankailla.

Sammalista mitattujen metallien pitoisuudet korreloivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi keskenään. Ilmanlaatua kuvaavien muuttujien kanssa merkitseviä korrelaatioita havaittiin kaikilla metalleilla paitsi elohopealla, joka ei korreloinut yhdenkään ilmanlaatumuuttujan kanssa tilastollisesti merkitsevällä tasolla. Sammalten metallipitoisuuksista kupari ja vanadiini korreloivat ilmanlaatumuuttujien kanssa selvimmin, mutta myös lyijy, sinkki, nikkeli ja kromi korreloivat useiden ilmanlaatumuuttujien kanssa. Päästötyypeittäin tarkasteltuna kupari- ja vanadiinipitoisuudet korreloivat voimakkaimmin lähimmän jätteenkäsittelytoiminnon etäisyyden kanssa, mutta ero energiantuotantolaitoksiin ei ollut suuri.

Humuksen metallipitoisuudet yhdistyivät etenkin kromin, kuparin ja vanadiinin kautta ilmanlaatumuuttujiin. Myös nikkelillä, sinkillä ja pH:lla oli useita tilastollisesti erittäin merkitseviä korrelaatioita ilmanlaatumuuttujien kanssa. Humuksen kromipitoisuudet yhdistyivät voimakkaimmin rikin ja typen oksidien määrään sekä lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyyteen. Kuparipitoisuudet yhdistyivät lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyyden lisäksi päästölähteiden lukumäärään 5 km:n säteellä tutkimusalasta sekä typen oksidien määrään ja lähimmän jätteenkäsittelytoiminnon etäisyyteen. Vanadiinipitoisuudet yhdistyivät erityisesti rikin ja typen oksidien päästöihin.

Taulukko 5-14. Yhteenveto ilmanlaatu- ja päästölähteitä kuvaavien taustamuuttujien korrelaatioista muuttujaryhmittäin. Korkeimmat korrelaatiot (korrelaatiokerroin ja muuttuja) on lihavoitu.

	Jäkälät			Sammalet			Humus			
	Luku- määrä	Korkein korr.	Muuttuja	Luku- määrä	Korkein korr.	Muuttuja	Luku- määrä	Korkein korr.	Muuttuja	Korr. yht.
SOx-päästöt 5 km:n puskurilla	5	0,31	Alg. es.	7	0,51	Pb	7	0,52	Cr	19
NOx-päästöt 5 km:n puskurilla	6	0,3	Alg. es.	7	0,60	Cu	7	0,52	Cr	20
Hiukkaspäästöt 5 km:n puskurilla	5	-0,29	IAP	6	0,43	Cu	6	0,38	pH	17
Ilmoitusvelvollisten päästölähteiden lukumäärä 5 km:n puskurilla	6	0,28	IAP	7	0,60	V	7	0,49	Cr	20
Lähimmän ilmoitusvelvollisen päästölähteen etäisyys	5	0,26	IAP	6	-0,46	V	7	-0,52	Cr	18
Lähimmän energiantuotanto- laitoksen etäisyys	3	-0,23	Alg. es.	6	-0,45	Cu	5	-0,42	Cu	14
Lähimmän jätevedenpuhdistamon etäisyys	3	0,21	IAP	1	-0,30	V	3	-0,39	V	7
Lähimmän jätteen- käsittelytoiminnon etäisyys	2	-0,25	Alg. es.	7	-0,52	Cu	5	-0,43	Cu	14
Lähimmän kotieläin- suojan etäisyys	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Lähimmän teollisuustoiminnon etäisyys	2	0,21	IAP	6	-0,45	Cu	5	-0,39	Cu	13
Muuttujia yhteensä	7			8			10			

Kokonaisuudessaan tutkitut muuttujat kuvasivat alueen ilmanlaatua. Ilmanlaadun indikaattoreina parhaita olivat sammalten ja humuksen metallipitoisuudet. Vaikka sormipaisukarpeen vaurioaste on perinteisesti ollut vahva indikaattori ilmanlaadulle, ei se tässä tutkimuksessa indikoinut ilmanlaatua yhtä hyvin kuin muut jäkälämuuttujat tai sammalten ja humuksen metallipitoisuudet.

Tausta- ja taajama-alojen tuloksia verrattaessa, oli jäkälälajisto runsaampaa ja hyväkuntoisempaa tausta-aloilla kuin taajama-aloilla. Sammalissa esiintyi vanadiinia ja humuksessa kromia sekä nikkeliä tilastollisesti erittäin merkitsevästi enemmän taajama- kuin tausta-aloilla. Tilastollisesti merkitsevästi enemmän taajama-alueilla esiintyi sammaltulosten perusteella kromia ja humustulosten perusteella kuparia ja vanadiinia. Lisäksi sammalten nikkelpitoisuudet ja humuksen sinkki ja lyijypitoisuudet olivat korkeampia taajamissa kuin tausta-alueilla ja niiden osalta erot olivat melkein merkitseviä.

6 Vuosien välinen vertailu

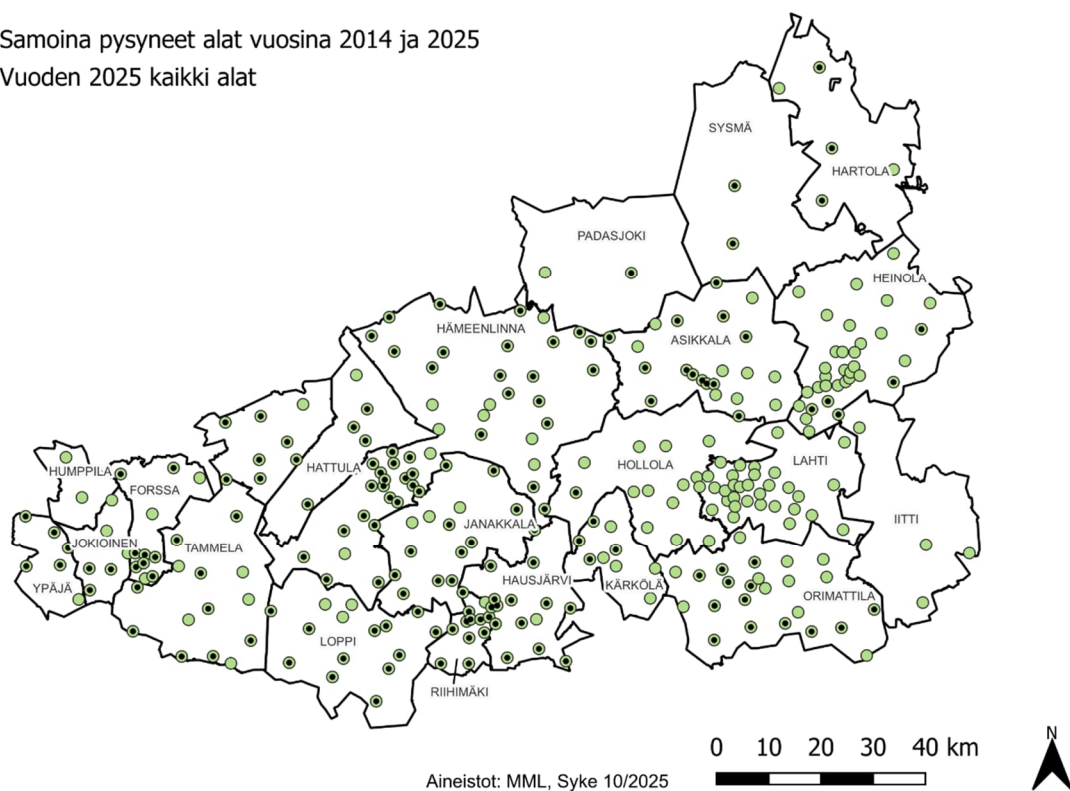
Tässä luvussa vertaillaan vuoden 2025 tuloksia aikaisempien vuosien bioindikaattoritutkimusten tuloksiin. Bioindikaattoritutkimus on tehty Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella myös vuonna 2014 (Ruuth ym. 2016a), jolloin tutkimusalue oli lähes sama kuin vuonna 2025. Vuonna 2014 Humppila ja litti eivät olleet osana tutkimusaluetta. Kanta-Hämeessä bioindikaattoreita on tutkittu myös vuosina 2001–2002 (Niskanen ym. 2003), jolloin Hattula ei kuulunut tutkimusalueeseen.

Edellä mainittujen tutkimusten lisäksi Kanta- ja Päijät-Hämeen alueilla on tehty useita pienempiä bioindikaattoritutkimuksia. Kanta-Hämeen ilmanlaatua tutkittiin vuonna 1988 (Air-Ix 1989, viitattu teoksessa Niskanen ym. 2003) ja 1990–1991, jolloin keskityttiin selvittämään neulasten näkyviä oireita ja maaperän happamoitumista (Lamppu & Huttunen 1992). Päijät-Hämeen kunnissa on toteutettu vastaavia tutkimuksia Kärkölässä, Hollolassa, Lahdessa, Nastolassa ja Orimattilassa vuosina 1989, 1995 ja 1999. Asikkalassa ja Heinolassa ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus on tehty vuosina 2000 ja 1995, ja Sysmässä ja Hartolassa vuonna 1995. Vuoden 2025 tutkimustulosten vertailu näihin edellä mainittuihin vanhempiin tutkimuksiin on haastavaa, koska tutkimusten paikkatietoaineistoja tai raportteja ei ole saatavilla tai ne eivät löydy helposti. Puutteellisten tietojen vuoksi myös tulosten vertailukelpoisuus ja vertailun luotettavuus kärsii.

Tällä raportilla vuosien välinen vertailu on toteutettu pääasiassa tutkimusvuosien 2014 ja 2025 välillä, jolloin tutkimusalue on käsittänyt Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen ja tutkimusalat ovat olleet kattavimmin yhtenäiset. Tulosten tunnuslukujen vertailun katsottiin olevan mahdollista niiden alojen osalta, jotka ovat pysyneet täysin samoina tutkimusvuosien välillä. Vuosien välisissä keskiarvotarkasteluissa aineistosta on siis karsittu kokonaan vaihtuneet tai osittain muuttuneet tutkimusalat. Vuosina 2014 ja 2025 täysin samoina pysyneitä aloja oli 166 (Kuva 6-1), joista 68 alalta tutkittiin runkojäkälien lisäksi sammalet ja humukset. Humppila ei osallistunut vuoden 2014 tutkimukseen ja litti lisättiin tutkimusalueeseen vuonna 2025. Karttatarkastelut on laadittu perustuen kaikkien kyseisenä tutkimusvuonna tutkittujen alojen havaintoihin ja tarkastelussa on vertailtu vuosia 2014 ja 2025.

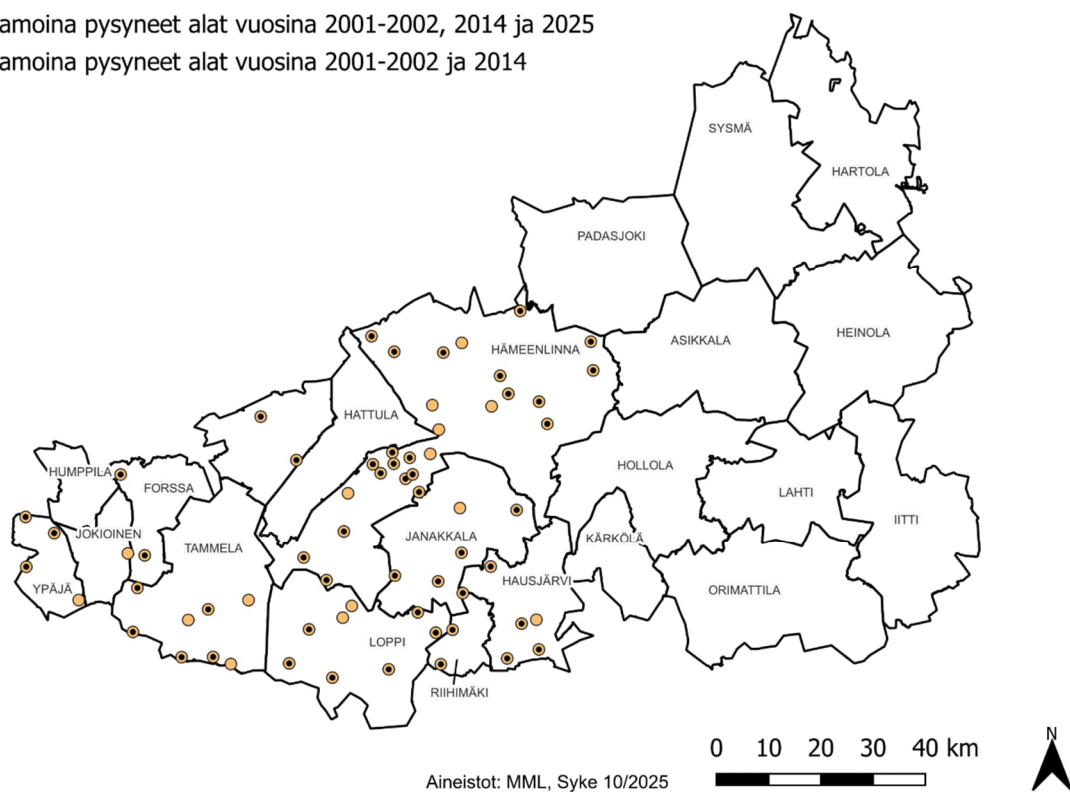
Lisäksi vuoden 2025 tuloksia on pyritty vertaamaan mahdollisuuksien mukaan myös Kanta-Hämeen vuosien 2001–2002 tutkimukseen. Vuonna 2014 samoina pysyneitä aloja oli vuosien 2001–2002 tutkimukseen verrattuna 65 kappaletta. Luku ei sisältänyt aloja, jotka olivat osittain pysyneet samoina. Vuoden 2025 tutkimuksessa täysin samoina pysyneitä aloja oli vuosiin 2001–2002 ja 2014 verrattuna 50 kpl. (Kuva 6-2.)

- Samoina pysyneet alat vuosina 2014 ja 2025
- Vuoden 2025 kaikki alat



Kuva 6-1. Vuosien 2014 ja 2025 tutkimuksissa täysin samoina pysyneet tutkimusalat (N=166) sekä vertailun vuoksi kaikki vuoden 2025 tutkimusalat (N = 303).

- Samoina pysyneet alat vuosina 2001-2002, 2014 ja 2025
- Samoina pysyneet alat vuosina 2001-2002 ja 2014



Kuva 6-2. Vuosien 2001-2002, 2014 ja 2025 tutkimuksissa täysin samoina pysyneet tutkimusalat (N = 50) sekä vertailun vuoksi vuosien 2001-2002 ja 2014 yhtenevät alat (N = 65).

6.1 Mäntyjen runkojäkälät

6.1.1 Tunnusluvut ja vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014

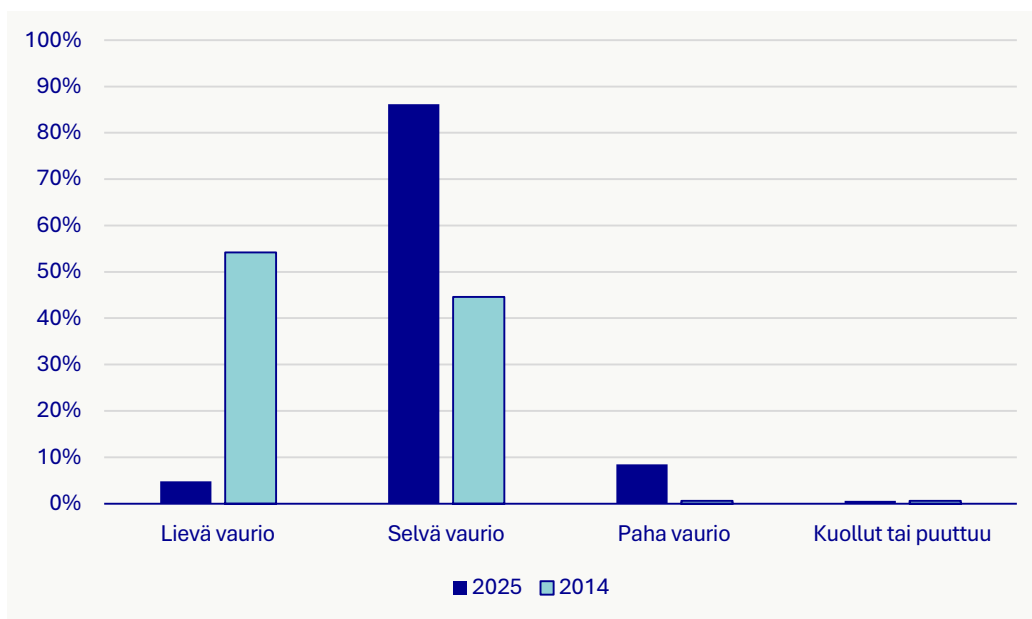
Alla on esitetty männyn runkojäkälää kuvaavia tunnuslukuja vuosina 2014 ja 2025 sekä merkkitestillä tehdyn parittaisen tilastollisen vertailun p-arvot (Taulukko 6-1). Luppojen ja sormipaisukarpeen peittävyttä lukuun ottamatta kaikkien jäkälämuuttujien keskiarvot kehittyivät vuosien 2014 ja 2025 välillä heikompaan suuntaan tilastollisesti erittäin merkitsevällä tasolla. Ilmanpuhtausindeksi laski keskimäärin 0,3 yksikköä ja ilman epäpuhtauksista kärsiviä lajien lukumäärä niin ikään laski keskimäärin 0,5 lajilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste kasvoi 0,7 ja yleinen vaurioaste 0,3 yksikköä. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys sen sijaan kasvoi edellisestä tutkimuskerrasta noin 2,8 prosenttiyksiköllä. Luppojen peittävydessä ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Levän esiintyminen laski vuodesta 2014.

Taulukko 6-1. Männyn runkojäkälää kuvaavia tunnuslukuja Kanta- ja Päijät-Hämeen samoina pysyneillä tutkimusaloilla vuosina 2025 ja 2014 (n= 166). Ilmanpuhtausindeksin vuosien väliset parittainen vertailu on tehty t-testillä ja muiden muuttujien vertailut on tehty Wilcoxonin merkkitestillä.

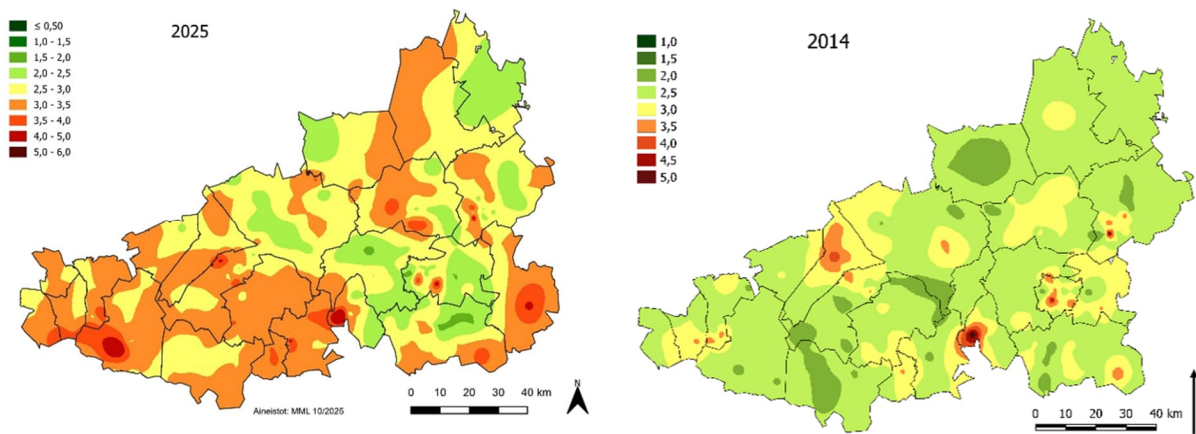
n = 166	vuosi	Keskiarvo	Pienin	Suurin	Keskihajonta	p-arvo
Ilmanpuhtausindeksi	2025	2,1	0,2	3,9	0,64	< 0,001
	2014	2,4	0	4,2	0,75	
Lajilukumäärä (alakohtainen)	2025	5,4	1	8,0	1,50	< 0,001
	2014	5,9	0	9,0	1,61	
Sormipaisukarpeen vaurioaste	2025	3,1	2	5,0	0,39	< 0,001
	2014	2,4	1,5	5,0	0,43	
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	2025	10,1	0	44,6	8,87	< 0,001
	2014	7,3	0	27,4	5,49	
Yleinen vaurioaste	2025	3,6	2,8	4,6	0,38	< 0,001
	2014	3,3	1,9	5,0	0,65	
Luppojen peittävyys (%)	2025	0,0	0	0,9	0,16	1,15
	2014	0,0	0	2,6	0,21	
Levän yleisyys	2025	0,2	0	4,0	0,72	< 0,001
	2014	0,5	0	2,0	0,54	

Vuonna 2025 sormipaisukarpeen vauriot ovat kasvaneet edelliseen tutkimukseen verrattuna selvästi. Tervettä sormipaisukarvetta ei tavattu millään alalla, kuten ei myöskään vuonna 2014. Vuonna 2025 suurin osa sormipaisukarpeista oli selvästi vaurioitunutta ja pienemmät osuudet lievästi ja pahasti vaurioituneita. Vuonna 2014 suurin osa oli lievästi vaurioitunutta ja lähestulkoon loput selvästi vaurioitunutta. Tällöin vain pieni osa oli pahasti vaurioituneita. Kumpanakin tutkimusvuonna vain yksillä aloilla sormipaisukarve oli kuollutta tai puuttui. Vuonna 2025 pahimmin vaurioituneet sormipaisukarpeet olivat Hausjärven itäosassa ja Hämeenlinnan keskustan läheisyydessä. Vuonna 2014 vaurioituneimmat sormipaisukarpeet havaittiin Kärkölän itä puolella Lappilassa ja Hattulan pohjoisosissa. (Kuva 6-3).

Vyöhykekartasta nähdään, että selvästi vaurioituneiden alueiden vyöhykkeet ovat kasvaneet vuoden 2014 tutkimuksesta. Kartoissa nähdään pistemäisesti pahasti vaurioituneita alueita, jotka asettuvat vuoden 2014 tutkimuksen mukaan Heinolan, Lahden, Kärkölän ja Hattulan alueille. Näiden lisäksi vuoden 2025 tutkimuksessa pistemäisesti pahasti vaurioituneita aloja löytyy myös litin, Asikkalan, Hausjärven, Riihimäen, Hämeenlinnan, Tammelan, Forssan, Jokioisten ja Ypäjän alueelta. (Kuva 6-3). Vyöhykekarttoja tarkastellessa on syytä muistaa, että kartoilla käytetty interpolointitulos on aina yleistys. Vyöhykekartat ovat pisteaineistoon perustuvia suuntaa antavia arvioita, eivätkä vyöhykkeiden edustamat arvot välttämättä vastaa todellista vaihtelua. Karttojen tarkkuuteen vaikuttaa ennen kaikkea tunnettujen pisteiden määrä ja tiheys. Interpoloinnin tulosta voidaan pitää luotettavampana niillä alueilla, joilla tunnettuja pisteitä (tutkimusaloja) on tiheässä, mutta harvan tutkimusalaverkon alueilla interpoloinnin tulokseen tulee huomattavasti enemmän epävarmuustekijöitä. Kun tutkimusalaverkosto on harva, yksittäisen alan tulos vaikuttaa laajempiin alueisiin kuin jos tutkimusalaverkko olisi tiheä. Tämä voi korostaa yksittäisten pisteiden vaikutusta ja saada alueelliset vaihtelut näyttämään suuremmilta kuin mitä ne todellisuudessa ovat.

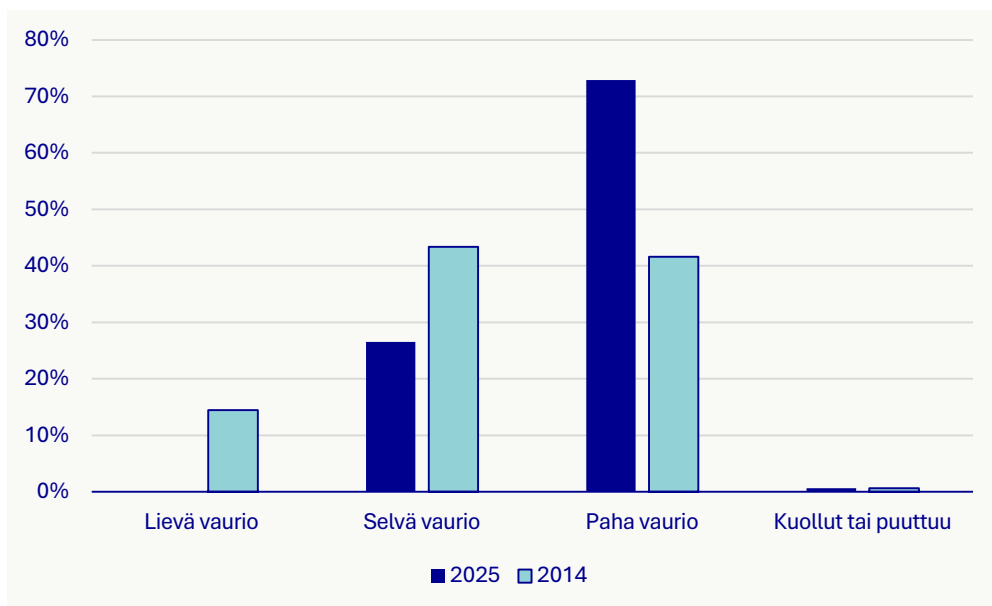


Kuva 6-3. Samana pysyneet tutkimusalat luokiteltuna sormipaisukarpeen vaurioasteen mukaan vuosina 2025 ja 2014. N = 166.

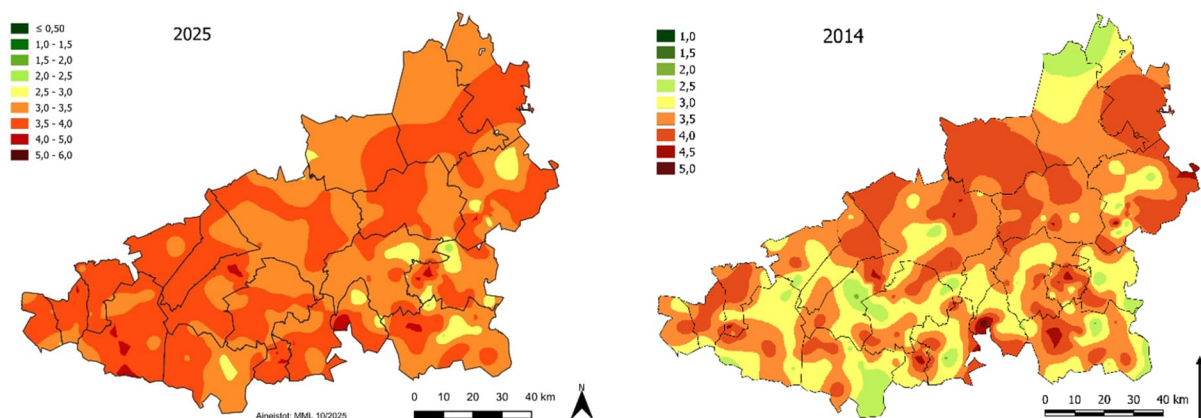


Kuva 6-4. Kaikkien alojen sormipaisukarpeiden vaurioasteet tutkimusalueella vuosina 2025 (n=303) ja 2014 (n=304).

Yleisen vaurioasteen kehitys noudattelee pitkälti samaa linjaa kuin sormipaisukarpeen vaurioasteen: vaurioasteet kasvoivat ja pahasti vaurioituneiden alojen määrä nousi vuodesta 2014. Selvien vaurioiden osuus pieneni vuonna 2025 ja lievien vaurioiden osuus oli nolla. Kummankaan vuoden vertailualoilla ei ollut täysin tervettä jäkälälajistoa ja kokonaan jäkäläautioita aloja oli vain yksi vuonna 2014. (Kuva 6-5). Yleisen vaurioasteen selvien ja pahojen vaurioasteiden vyöhykkeet olivat kasvaneet lähes koko tutkimusalueelle (Kuva 6-6).

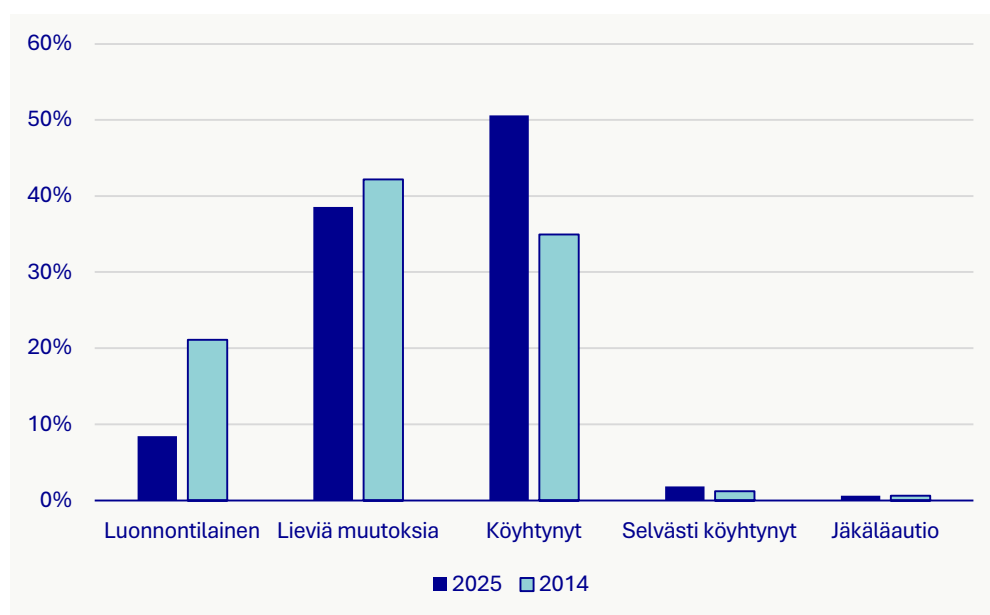


Kuva 6-5. Samana pysyneet tutkimusalat luokiteltuna yleisen vaurioasteen mukaan vuosina 2025 ja 2014. N = 166.

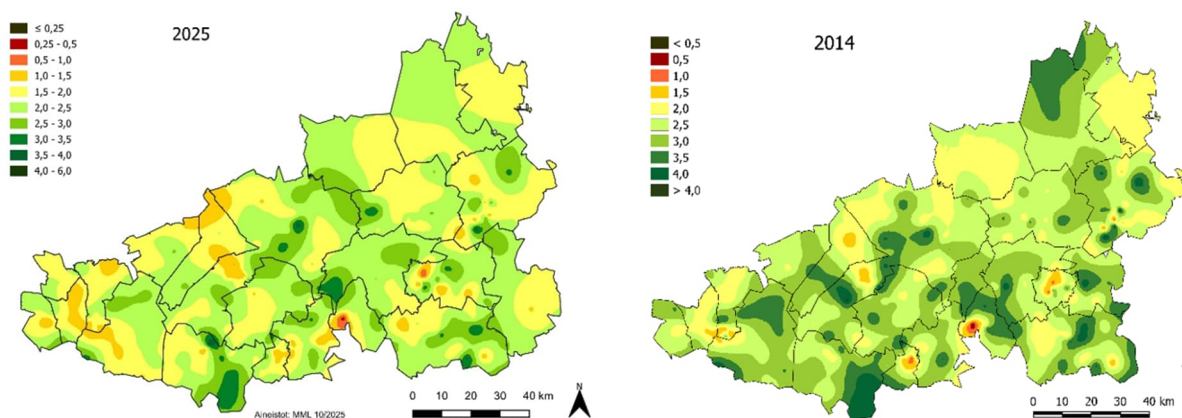


Kuva 6-6. Kaikkien alojen yleisen vaurioasteen vyöhykkeet tutkimusalueella vuosina 2025 (n=303) ja 2014 (n=304).

IAP-indeksin perusteella luokiteltujen alojen jakaumissa luonnontilaisen jäkälälajiston osuus tutkimusaloilla on pienentynyt vuodesta 2014. Vuosina 2025 ja 2014 suurin osa tutkimusaloista kuului luokkiin lieviä muutoksia lajistossa tai köyhtynyt lajisto. (Kuva 6-7). Kumpainakin tutkimusvuonna havaittiin pistemäisesti muutamalla alueella erittäin selvästi köyhtynyttä lajistoa sekä jäkäläautiota Lahden, sekä Kärkölän alueilla (Kuva 6-8).



Kuva 6-7. Samana pysyneet tutkimusalat luokiteltuna IAP-indeksin arvon mukaan vuosina 2025 ja 2014.



Kuva 6-8. IAP-indeksin vyöhykejako tutkimusalueella vuosina 2025 ja 2014.

6.1.2 Vertailu Kanta-Hämeessä vuosina 2025, 2014 ja 2002

Tarkasteltaessa vuosien 2002, 2014 ja 2025 männyn runkojäkäliä kuvaavia tunnuslukuja Kanta-Hämeessä samoina pysyneillä tutkimusaloilla ($n = 63$), havaittiin vuonna 2025 ilmanpuhtausindeksin laskeneen vuosien 2002 ja 2014 tasosta noin 0,45 yksikköä. Ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien määrä laski edellisten tutkimusvuosien tasosta (2002 = 6,9, 2014 = 6,4) yli yhden yksikön verran ollen vuonna 2025 5,4.

Sormipaisukarpeen keskimääräinen vaurioaste nousi Kanta-Hämeen alueella, joka on näkynyt myös edellisessä vuoden 2014 tutkimuksessa. Kuitenkin sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys kasvoi yli kahdella yksiköllä edellisiin tutkimuksiin verrattuna. Myös luppojen keskimääräinen peittävyys hieman kasvoi, muutoksen ollessa melko pieni. Levän esiintyminen laski vuosista 2002 ja 2014. Vuosien keskiarvoja tarkastellessa tulee huomioida, että vuoden 2001–2002 tutkimuksessa jäkälämuuttajat tutkittiin kymmeneltä puolta nykyisen viiden sijaan.

6.2 Sammalen alkuainepitoisuudet

6.2.1 Tunnusluvut Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014

Sammalen alkuainepitoisuudet eri tutkimusvuosina tutkimusalueella on esitetty alla (Taulukko 6-2. Tutkittuja alkuaineita kuvaavia tunnuslukuja Kanta- ja Päijät-Hämeen samoina pysyneillä tutkimusaloilla vuosina 2025 ja 2014. Vuosien väliset vertailut on tehty elohopeaa lukuun ottamatta Wilcoxonin merkkitestillä ja elohopean osalta parittaisten otosten t-testillä.). Vuoteen 2014 verrattuna kadmiumin, lyijyn ja vanadiinin pitoisuuksien keskiarvot laskivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet puolestaan kasvoivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Elohopeapitoisuus laski hyvin vähän ja tilastollisesti melkein merkitsevällä tasolla. Sinkin pitoisuudessa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta.

Taulukko 6-2. Tutkittuja alkuaineita kuvaavia tunnuslukuja Kanta- ja Päijät-Hämeen samoina pysyneillä tutkimusaloilla vuosina 2025 ja 2014. Vuosien väliset vertailut on tehty elohopeaa lukuun ottamatta Wilcoxonin merkkitestillä ja elohopean osalta parittaisten otosten t-testillä.

n = 68	vuosi	keskiarvo	pienin	suurin	V/t	p
Cd mg/kg	2025	0,12	0,00	0,20	2018,50	< 0,001
	2014	0,15	0,08	0,26		
Cr mg/kg	2025	3,33	1,10	7,60	0,00	< 0,001
	2014	1,06	0,35	2,62		
Cu mg/kg	2025	7,06	3,00	47,00	207,00	< 0,001
	2014	5,28	2,70	17,30		
Hg mg/kg	2025	0,039	0,03	0,07	2,27	0,03
	2014	0,042	0,02	0,06		
Ni mg/kg	2025	2,48	1,00	14,00	81,00	< 0,001
	2014	1,36	0,68	2,79		
Pb mg/kg	2025	1,28	0,57	7,30	2155,00	< 0,001
	2014	1,77	0,69	5,12		
V mg/kg	2025	0,96	0,43	2,20	2101,00	< 0,001
	2014	1,40	0,47	3,96		
Zn mg/kg	2025	38,60	21,00	86,00	1022,50	0,75
	2014	40,97	23,00	204,00		

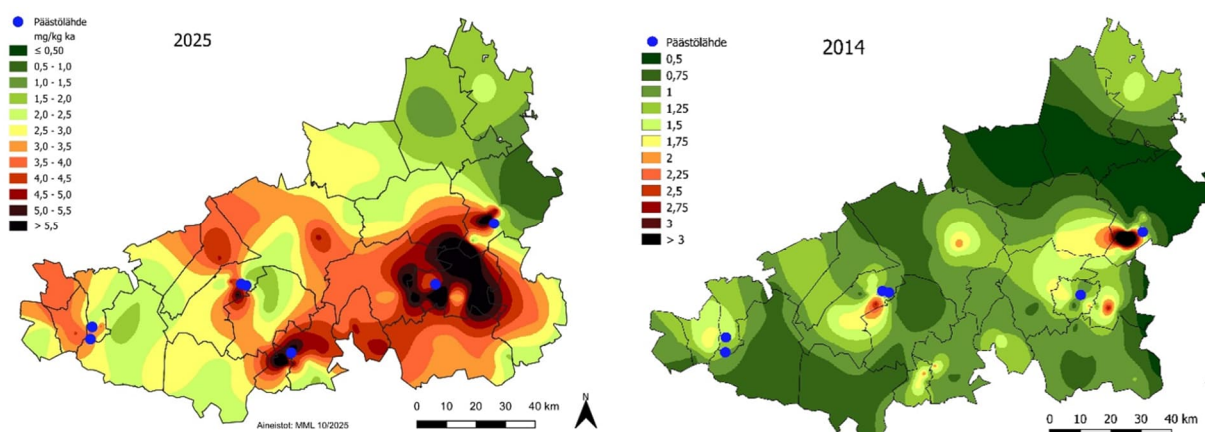
6.2.2 Vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2014 ja 2025 sekä Kanta-Hämeessä 2002, 2014 ja 2025

Pitoisuuksien vyöhykkeittäinen vertailu vuosien 2014 ja 2025 osalta on esitetty karttakuvissa (Kuva 6-9 - Kuva 6-16). Vyöhykekartat on laadittu kaikkien tutkimusalojen tulosten perusteella. Karttakuvia tarkasteltaessa on hyvä huomioida, että vuonna 2025 sammalnäytettä ei saatu Heinolan alalta 568, jossa vuonna 2014 mitattiin tutkimuksen suurimmat pitoisuudet. Vuosien 2014 ja 2025 välillä tuloksia on vertailtu koko Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella ja vuoden 2002 tutkimuksen tuloksia on vertailtu Kanta-Hämeen tuloksiin vuosilta 2014 ja 2025.

Vuoden 2025 vyöhykekartoille on merkitty näkyviin toiminnanharjoittajat, jotka ovat ilmoittaneet metallipäästöjä vuosina 2014–2024. Metallipäästöistä ei ole saatavilla kattavaa dataa, joten kartalla näkyvien kohteiden lisäksi alueella voi olla myös muita metallipäästöjä aiheuttavia toimintoja. Vuoden 2014 kartoilla on esitetty metallipäästölähteet vuosilta 2010–2012. Vyöhykekarttoja tarkastellessa on syytä muistaa, että kartoilla käytetty interpolointitulos on aina yleistys. Vyöhykekartat ovat pisteaineistoon perustuvia suuntaa antavia arvioita, eivätkä vyöhykkeiden edustamat arvot välttämättä vastaa todellista vaihtelua (kts.3.5 Paikkatietomenetelmät).

Kromin pitoisuudet Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella olivat nousseet selvästi, mikä näkyy myös vyöhykekartalla (Kuva 6-9). Keskiarvopitoisuus nousi vuodesta 2014 vuoteen 2025 noin kolminkertaiseksi. Pitoisuudet ovat kuitenkin Metsäntutkimuslaitoksen (nyt. Luonnonvarakeskus) vuonna 2012 julkaiseman valtakunnallisen tutkimuksen vaihteluvälin sisällä ja lisäksi samanlaista vaihtelua tutkimusvuosien välillä kromin osalta on esiintynyt myös muun muassa Seinäjoen seudun ja Etelä-Pohjanmaan bioindikaattoriseurannassa (kts. 7.2 *Sammalten alkuainepitoisuudet*). Suurimmat kromipitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Heinolassa. Vuonna 2025 suurimmat pitoisuudet keskittyivät Heinolan, Lahden, Hollolan, Riihimäen ja Hausjärven alueille.

Kanta-Hämeessä kromin pitoisuus tutkimusalueella oli vuonna 2014 keskimäärin samalla tasolla kuin vuonna 2002. Vuonna 2025 kromin keskipitoisuus nousi Kanta-Hämeen alueella selkeästi verrattuna vuoden 2014 tasoon. Tammelan-Forssan-Jokioisten seudulla vuonna 2002 havaitut kromikeskittymät olivat vuonna 2014 pienentyneet. Vuoden 2025 tutkimuksessa Kanta-Hämeen suurin kromipitoisuus mitattiin Riihimäen alueella.

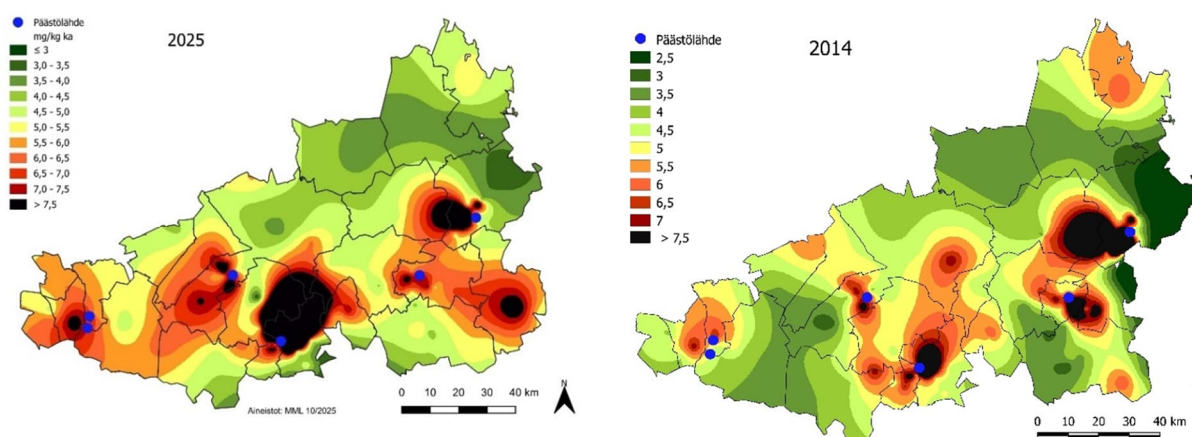


Kuva 6-9. Sammalen kromipitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.

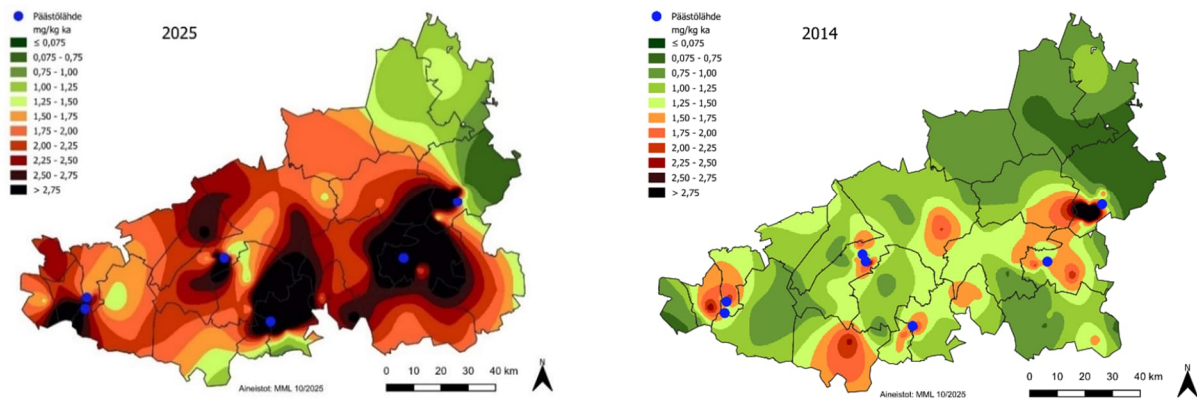
Myös **kupari-** sekä **nikkelipitoisuudet** kasvoivat Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella vuosien 2014 ja 2025 välillä (Kuva 6-10 ja Kuva 6-11). Vuonna 2014 suurimmat kuparipitoisuudet mitattiin Heinolassa, Hausjärvellä ja Lahdessa. Vuoden 2025 tutkimuksen perusteella Hausjärvellä ja Riihimäellä sekä Jokioisissa ja Hämeenlinnassa esiintyvät keskittymät olivat laajentuneet, kun taas Heinolan ja Lahden vyöhykkeet olivat pienentyneet. Vuonna 2025 myös litin alueella mitattiin muuta aluetta korkeampia pitoisuuksia.

Kromipitoisuuksien lisäksi myös nikkelin pitoisuuksissa havaittiin selkeää kasvua vuonna 2025 vuoteen 2014 verrattuna, mikä näkyy vyöhykekartalla selvästi (Kuva 6-11). Kuten kromillakin, myös nikkelpitoisuudet ovat kuitenkin Metsäntutkimuslaitoksen (nyt. Luonnonvarakeskus) vuonna 2012 julkaiseman valtakunnallisen tutkimuksen vaihteluvälin sisällä. Ne ovat myös samaa tasoa kuin monissa muissa bioindikaattoritutkimuksissa muualla Suomessa (kts.7.2 *Sammalten alkuainepitoisuudet*). Suurimmat Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen nikkelpitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Heinolassa. Vuonna 2025 suurimmat pitoisuudet mitattiin Hausjärvellä. Lisäksi korkeampia pitoisuuksia esiintyi Heinolan ja Lahden alueilla.

Kanta-Hämeessä keskimääräinen kuparipitoisuus kasvoi ja nikkelin keskipitoisuus pieneni vuodesta 2002 vuoteen 2014 verrattuna. Vuonna 2025 sekä kupari- että nikkelpitoisuudet nousivat vuoden 2014 tasosta. Vuonna 2002 suurimmat kupari- ja nikkelpitoisuudet mitattiin Forssan, Jokioisten ja Hämeenlinnan alueilla. Myös vuonna 2014 suurimmat nikkelpitoisuudet keskittyivät näille samoille alueille, joskin korkeat nikkelpitoisuudet olivat vuonna 2014 vähentyneet ja paikallistuneet vuodesta 2002. Suurimmat kuparipitoisuudet havaittiin vuonna 2014 Hämeenlinnan lisäksi Riihimäen-Hausjärven rajoilta. Vuonna 2025 suurimmat pitoisuudet keskittyivät Hausjärven alueelle.



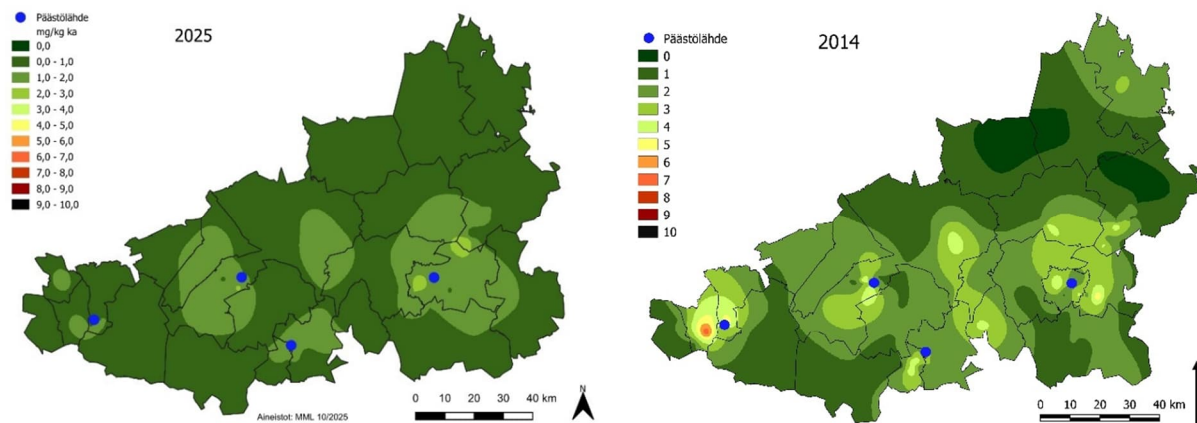
Kuva 6-10. Sammalten kuparipitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.



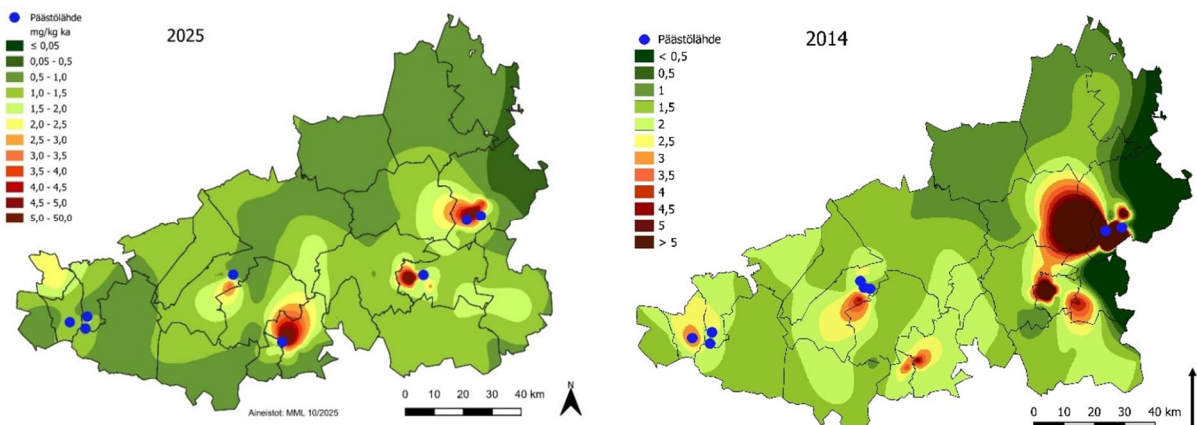
Kuva 6-11. Sammalen nikkelpitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.

Vanadiinin, lyijyn ja kadmiumin keskipitoisuudet laskivat Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella vuonna 2025 verrattuna vuoteen 2014. Vuonna 2014 suurin vanadiinipitoisuus mitattiin Jokioisissa (Kuva 6-12). Vuonna 2025 tutkimusalueella ei esiintynyt korkeita vanadiinipitoisuuksia. Suurimmat lyijypitoisuudet havaittiin vuonna 2014 Heinolassa ja Lahdessa. Molemmat vyöhykkeet pienenevät vuoden 2025 tutkimuksen perusteella (Kuva 6-13). Hausjärven alueella korkeampien pitoisuuksien vyöhyke hieman kasvoi lyijyn osalta vuonna 2025. Suurimmat kadmiumpitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Heinolassa ja Hämeenlinnassa. Vuonna 2025 tutkimusalueella ei esiintynyt korkeita kadmiumpitoisuuksia (Kuva 6-14).

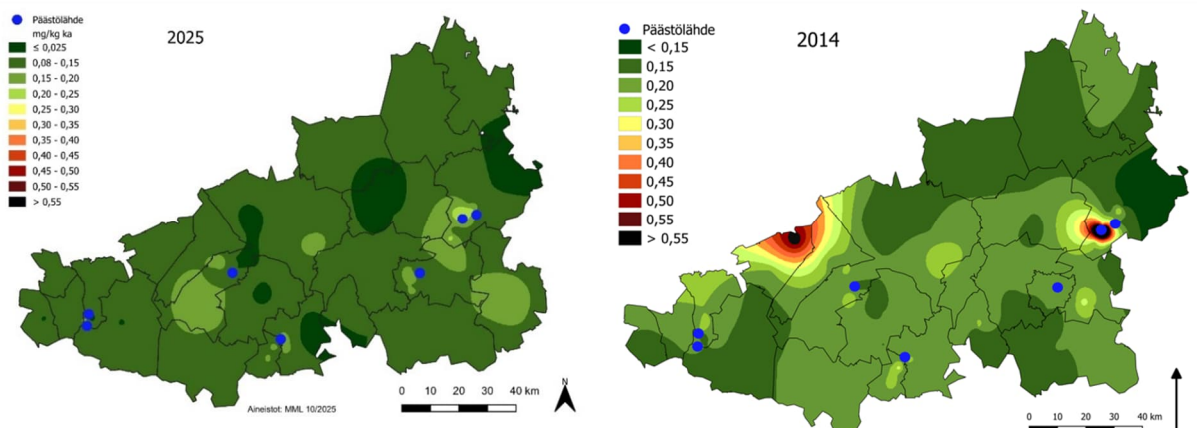
Myös Kanta-Hämeen alueella vanadiini ja lyijyn pitoisuudet laskivat vuosien 2002, 2014 ja 2025 välillä. Vanadiinin suurimmat pitoisuudet vuonna 2002 löytyivät Hämeenlinnasta ja vuonna 2014 Jokioisista. Vuoden 2025 tutkimuksessa vanadiinipitoisuudet olivat matalia koko Kanta-Hämeessä. Lyijypitoisuuksien osalta suurimmat lyijypitoisuudet havaittiin vuonna 2002 Janakkalan ja Riihimäen alueilla. Myös Jokioisten alueella esiintyi muuta Kanta-Hämettä suurempia pitoisuuksia. Vuoteen 2014 mennessä lyijypitoisuudet olivat selvästi laskeneet ja suurimmat lyijypitoisuudet rajautuivat vuonna 2014 enää pienialaisina vyöhykkeinä Hämeenlinnaan ja Riihimäki-Hausjärvi-alueille. Vuonna 2025 lyijyn pitoisuudet olivat edelleen laskeneet ja suurimmat pitoisuudet rajautuivat Hausjärven alueelle. Vuoden 2002 kadmiumpitoisuudet eivät olleet vertailukelpoisia vuoden 2014 pitoisuuksien kanssa.



Kuva 6-12. Sammalen vanadiinipitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.



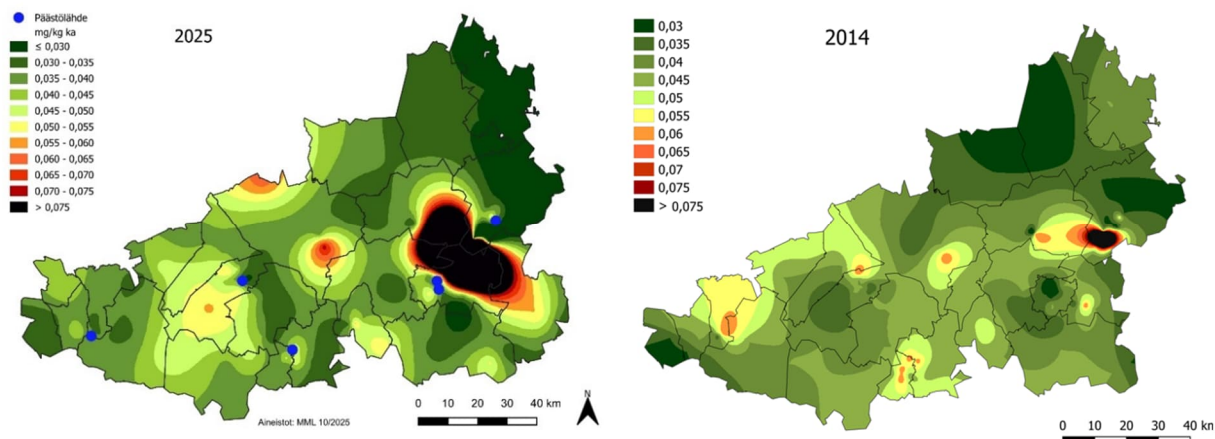
Kuva 6-13. Sammalen lyijypitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.



Kuva 6-14. Sammalen kadmiumipitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.

Elohopean keskiarvopitoisuus Kanta- ja Päijät-Hämeessä pysyi lähes samalla tasolla. Suurimmat elohopeapitoisuudet mitattiin sekä 2014 että 2025 Heinolassa alalla 555, missä pitoisuustaso oli noussut vuosien välillä ja oli noin 10 kertaa suurempi kuin muualla tutkimusalueella. Tämän yhden alan vaikutus näkyy selkeästi karttatarkastelussa Heinolan alueella (Kuva 6-15).

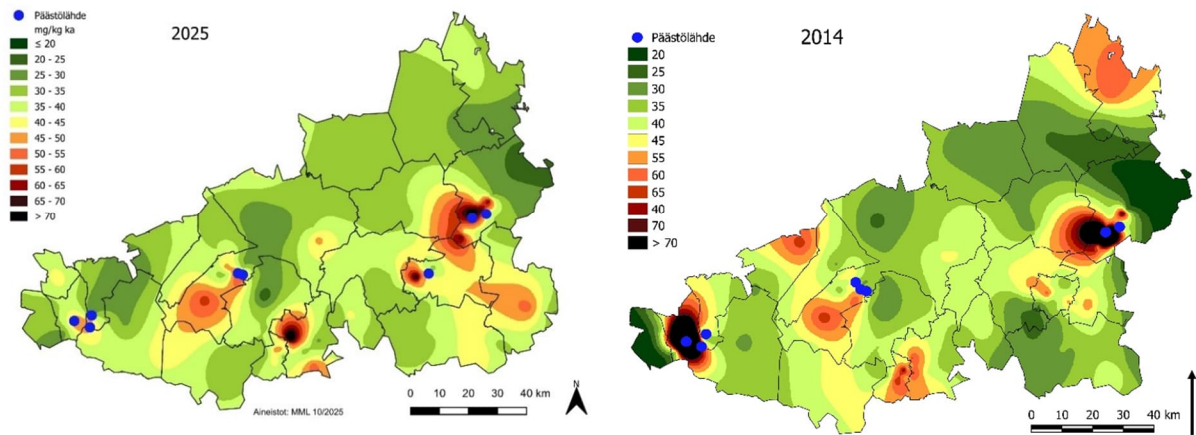
Kanta-Hämeessä esiintyi vuonna 2002 korkeampia elohopeapitoisuuksia useamman kunnan alueella. Elohopean pitoisuuspiikit olivat vuonna 2014 vähentyneet Kanta-Hämeen läntisimmissä kunnissa lähes samalle tasolle muun tutkimusalueen kanssa. Hieman muuta Kanta-Hämettä korkeampia pitoisuuksia esiintyi vuonna 2014 Riihimäen ja Hausjärven alueella sekä Forssassa ja Hämeenlinnassa. Vuonna 2025 Kanta-Hämeessä esiintyi korkeampia pitoisuuksia lähinnä enää Hämeenlinnan alueella.



Kuva 6-15. Sammalen elohopeapitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025. Elohopealle ei ollut päästölähteitä vuoden 2014 aineistoissa.

Kanta- ja Päijät-Hämeen **sinkkipitoisuudet** pysyivät lähes samalla tasolla vuosina 2025 ja 2014. Suurimmat sinkkipitoisuudet painottuivat vuonna 2014 Heinolaan ja Jokioisiin. Nämä keskittymät olivat vuoden 2025 tutkimuksen perusteella pienentyneet (Kuva 6-16).

Kanta-Hämeen alueella keskimääräinen sinkkipitoisuus nousi vuonna 2014 hieman vuoden 2002 tasosta ja vuonna 2025 pitoisuus puolestaan laski vuosia 2002 ja 2014 alemmalle tasolle. Korkeimmat sinkkipitoisuudet ovat vuosien 2002 ja 2014 tutkimuksen perusteella keskittyneet Jokioisiin. Myös Hämeenlinnan ja Riihimäen seudulla havaittiin korkeampia pitoisuuksia. Vuonna 2025 korkeimmat sinkkipitoisuudet keskittyivät Hausjärvelle ja Hämeenlinnaan.



Kuva 6-16. Sammalen sinkkipitoisuudet (mg/kg) tutkimusalueella vuosina 2014 ja 2025.

6.3 Humuksen alkuainepitoisuudet

6.3.1 Tunnusluvut Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014

Humuksen alkuainepitoisuudet vuosina 2014 ja 2025 Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimusalueella on esitetty alla (Taulukko 6-3). Nikkelin, lyijyn ja vanadiinin pitoisuuksien keskiarvot pienenevät ja pH sekä vaihtohappamuus laskivat vuodesta 2014 tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Kromi- ja kuparipitoisuudet laskivat tilastollisesti merkitsevästi. Kadmiumpitoisuudessa ja kationinvaihtokapasiteetissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta.

Taulukko 6-3. Humuksen alkuainepitoisuuksia (mg/kg) ja kemiallisia ominaisuuksia kuvaavia tunnuslukuja Kanta- ja Päijät-Hämeen samoina pysyneillä tutkimusaloilla vuosina 2025 ja 2014. Vuosien väliset vertailut on tehty kadmiumin, pH:n ja vaihtohappamuuden osalta parittaisten otosten t-testillä ja muiden osalta Wilcoxonin merkkitestillä.

n = 68	vuosi	keskiarvo	pienin	suurin	V/t	p
Cd (mg/kg)	2025	0,34	0,13	0,84	0,37	0,75
	2014	0,35	0,10	0,85		
Cr (mg/kg)	2025	7,81	1,60	52,00	1606,50	0,002
	2014	9,26	2,70	35,00		
Cu (mg/kg)	2025	11,65	5,80	44,00	1565,50	0,01
	2014	12,81	5,80	32,00		
Ni (mg/kg)	2025	6,63	2,20	29,00	1875,50	< 0,001
	2014	7,95	3,80	20,00		
Pb (mg/kg)	2025	12,23	3,90	38,00	2325,50	< 0,001
	2014	45,78	12,00	148,00		
V (mg/kg)	2025	10,62	2,00	65,00	2031,50	< 0,001
	2014	18,09	5,10	59,00		
Zn (mg/kg)	2025	79,56	30,00	170,00	408,00	< 0,001
	2014	65,22	23,00	210,00		
pH (mg/kg)	2025	3,44	2,50	5,21	14,87	< 0,001
	2014	4,21	3,50	6,34		
VH (meq/100 g)	2025	2,25	0,13	8,10	12,14	< 0,001
	2014	6,84	0,46	13,70		
KVK (meq/100 g)	2025	22,19	10,40	39,00	1083,00	0,658
	2014	21,63	8,90	51,47		

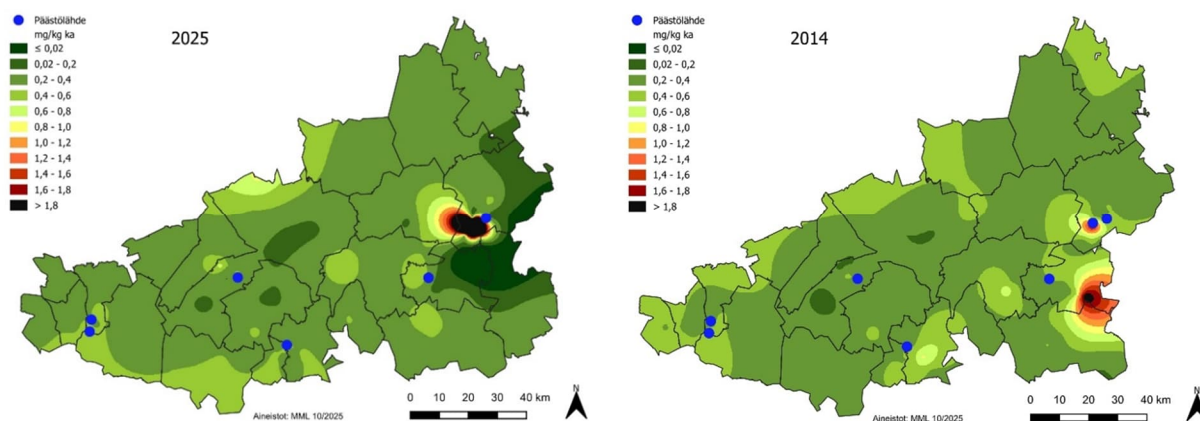
6.3.2 Vertailu Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2014 ja 2025 sekä Kanta-Hämeessä 2002, 2014 ja 2025

Pitoisuuksien vertailu vyöhykkeittäinen vuosien 2014 ja 2025 osalta on esitetty karttakuvissa alla (Kuva 6-17-Kuva 6-25). Vyöhykekartat on laadittu kaikkien tutkimusalojen tulosten perusteella. Vuosien 2014 ja 2025 välillä tuloksia on vertailtu koko Päijät-Hämeen alueella ja vuoden 2002 tutkimuksen tuloksia on vertailtu Kanta-Hämeen tuloksiin vuosilta 2014 ja 2025.

Vuoden 2025 vyöhykekartoille on merkitty näkyviin toiminnanharjoittajat, jotka ovat ilmoittaneet metallipäästöjä vuosina 2014–2024. Metallipäästöistä ei ole saatavilla kattavaa dataa, joten kartalla näkyvien kohteiden lisäksi alueella voi olla myös muita metallipäästöjä aiheuttavia toimintoja. Vuoden 2014 kartoilla on esitetty metallipäästölähteet vuosilta 2010–2012. Vyöhykekarttoja tarkastellessa on syytä muistaa, että kartoilla käytetty interpolointitulos on aina yleistys. Vyöhykekartat ovat pisteaineistoon perustuvia suuntia antavia arvioita, eivätkä vyöhykkeiden edustamat arvot välttämättä vastaa todellista vaihtelua (kts.3.5 Paikkatietomenetelmät).

Kadmiumpitoisuudessa ei tapahtunut keskimäärin merkittävää muutosta vuosien 2014 ja 2025 välillä. Vuonna 2014 suurimmat pitoisuudet havaittiin Lahdessa ja Heinolassa. Vuonna 2025 Lahdessa ei havaittu enää suuria pitoisuuksia mutta Heinolan vyöhyke oli vahvistunut ja alta 568 mitattiin selkeästi muuta aluetta suurempi pitoisuus. (Kuva 6-17.)

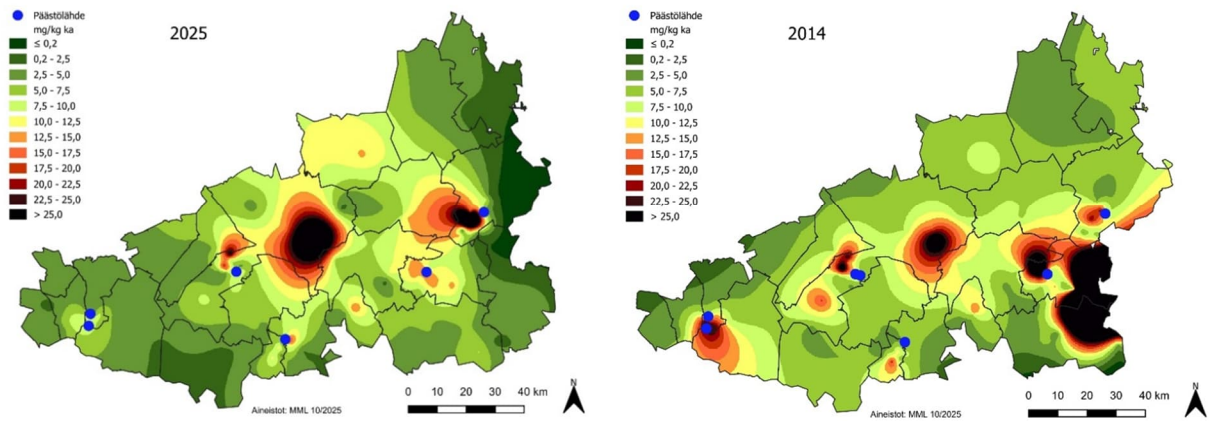
Kanta-Hämeen osalta vertailua vuoden 2002 tutkimukseen ei voida tehdä, koska vuoden 2002 kadmiumpitoisuudet eivät olleet vertailukelpoisia vuoden 2014 ja 2025 pitoisuuksien kanssa. Vuosien 2014 ja 2025 välillä Kanta-Hämeessä ei tapahtunut juurikaan muutoksia.



Kuva 6-17. Humuksen kadmiumpitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

Humusten keskimääräiset **kromi**pitoisuudet Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella laskivat vuosien 2014 ja 2025 välillä. Suurimmat kromipitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Lahdessa, Forssassa ja Hämeenlinnassa ja vuonna 2025 Heinolassa ja Hämeenlinnassa (Kuva 6-18). Hämeenlinnan vyöhyke laajeni hieman vuodesta 2014 ja Lahden vyöhyke oli hävinnyt.

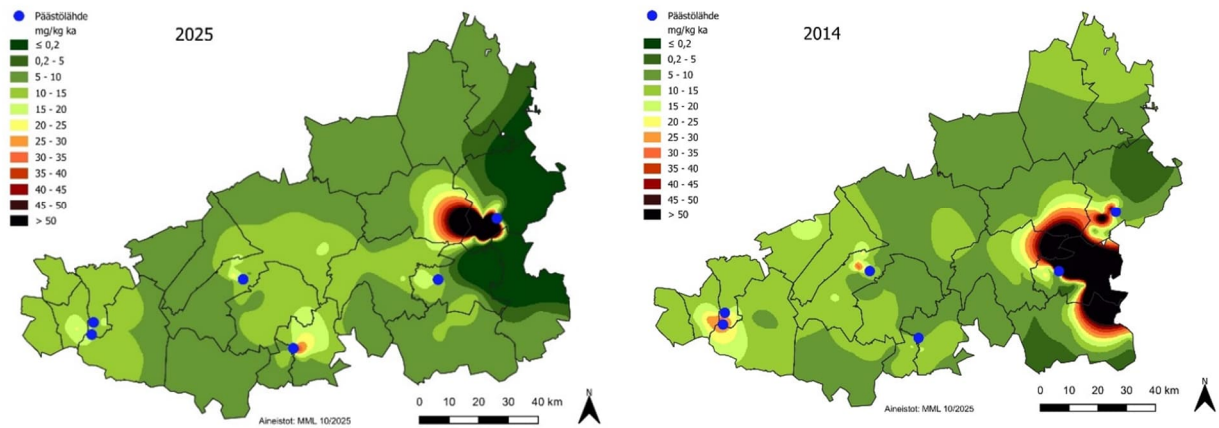
Kanta-Hämeessä kromipitoisuudet olivat korkeimpia Hämeenlinnassa ja Forssan-Tammelan-Jokioisten rajoilla sekä vuonna 2014 että 2002. Vuonna 2025 Forssa-Tammela-Jokioisten rajoilla ollut vyöhyke oli hävinnyt. Keskiarvopitoisuudet ovat kromin osalta laskeneet Kanta-Hämeessä tasaisesti kaikkina tutkimusvuosina.



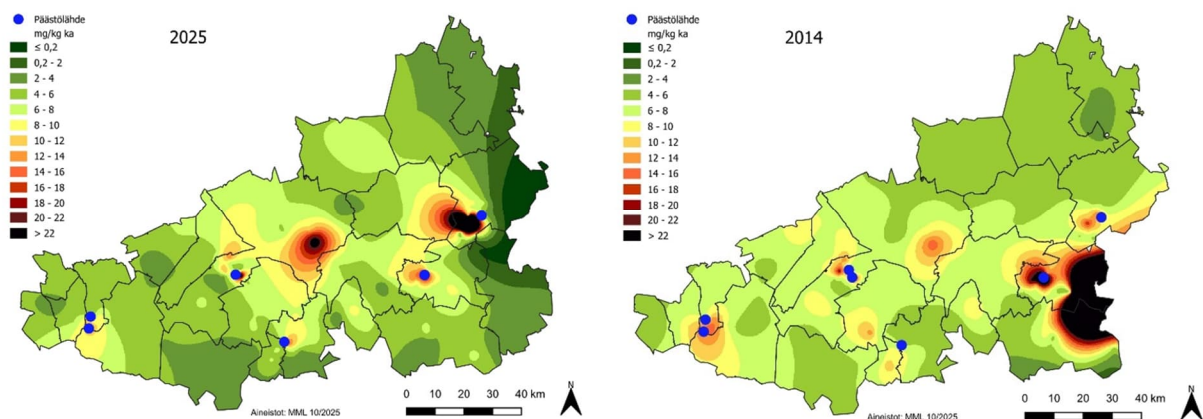
Kuva 6-18. Humuksen kromipitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

Kanta- ja Päijät-Hämeen **kupari- ja nikkelpitoisuudet** ovat keskimäärin laskeneet vuosien 2014 ja 2025 välillä. Suurimmat kuparipitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Lahdessa ja Heinolassa. Vuonna 2025 korkeita pitoisuuksia mitattiin enää Heinolassa. (Kuva 6-19). Muutoin tutkimusalueen kuparipitoisuudet ovat olleet melko tasaisia. Vuonna 2014 suurimmat nikkelpitoisuudet mitattiin Lahdessa ja vuonna 2025 Heinolassa sekä Hämeenlinnassa. Lahden vyöhyke oli supistunut selkeästi vuosien välillä (Kuva 6-20).

Myös Kanta-Hämeessä kuparin pitoisuuksien jakautuminen on pysynyt suhteellisen samanlaisena vuosien välillä. Kuparin keskiarvopitoisuus kasvoi vuodesta 2002 vuoteen 2014 verrattuna. Vuonna 2025 keskipitoisuus laski vuoden 2014 tasosta, mutta oli korkeampi kuin vuonna 2002. Nikkelin keskipitoisuudet ovat laskeneet tasaisesti tutkimusvuosien välillä. Vuonna 2002 suurimmat kupari- ja nikkelpitoisuudet mitattiin Forssassa ja Hämeenlinnassa, kuten myös vuonna 2014. Vuonna 2025 Kanta-Hämeen suurimmat kuparipitoisuudet havaittiin Hausjärvellä. Nikkelin korkeimmat pitoisuudet mitattiin Hämeenlinnassa, jossa vyöhyke oli vahvistunut vuodesta 2014. Forssan alueella ei enää havaittu suuria pitoisuuksia.



Kuva 6-19. Humuksen kuparipitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

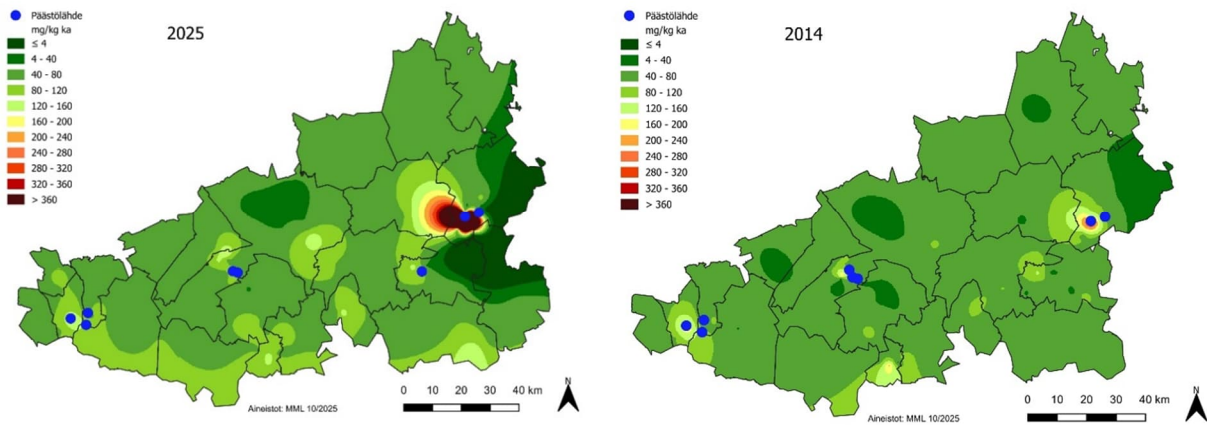


Kuva 6-20. Humuksen nikkelipitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

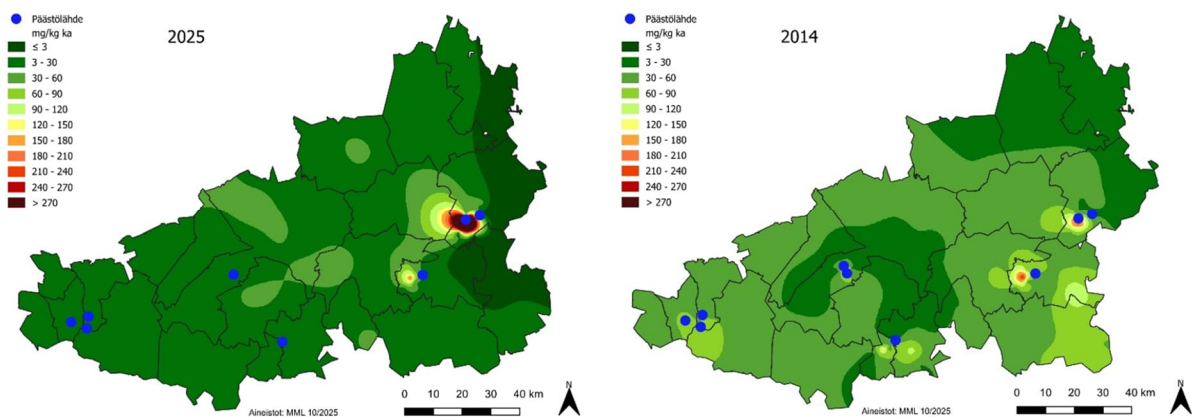
Kanta- ja Päijät-Hämeen humusnäytteiden **sinkkipitoisuudet** ovat keskimäärin kasvaneet vuosien 2014 ja 2025 välillä. Korkeimmat sinkkipitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Heinolassa kuten myös vuonna 2025. Molempina vuosina alan 568 pitoisuudet erottuivat selkeästi muista aloista ja alan pitoisuus oli merkittävästi noussut tutkimusvuosien välillä. Heinolan korkeita pitoisuuksia lukuun ottamatta sinkkipitoisuudet ovat olleet melko tasaisia tutkimusalueella. (Kuva 6-21).

Kanta- ja Päijät-Hämeen humusnäytteiden **lyijypitoisuudet** ovat keskimäärin laskeneet vuosien 2014 ja 2025 välillä. Suurimmat lyijypitoisuudet keskittyivät Heinolan ja Lahden alueille sekä vuonna 2014 että 2025. (Kuva 6-22). Heinolan ala 568 korostuu myös lyijytuloksissa ja alan pitoisuus oli noussut selkeästi vuosien 2014 ja 2025 välillä.

Kanta-Hämeen osalta vyöhykekartoissa ei ole tapahtunut sinkin tai lyijyn osalta merkittäviä muutoksia vuosien 2002, 2014 ja 2025 välillä. Keksimääräiset lyijypitoisuudet ovat Kanta-Hämeessä tasaisesti pienentyneet tutkimusvuosien välillä.



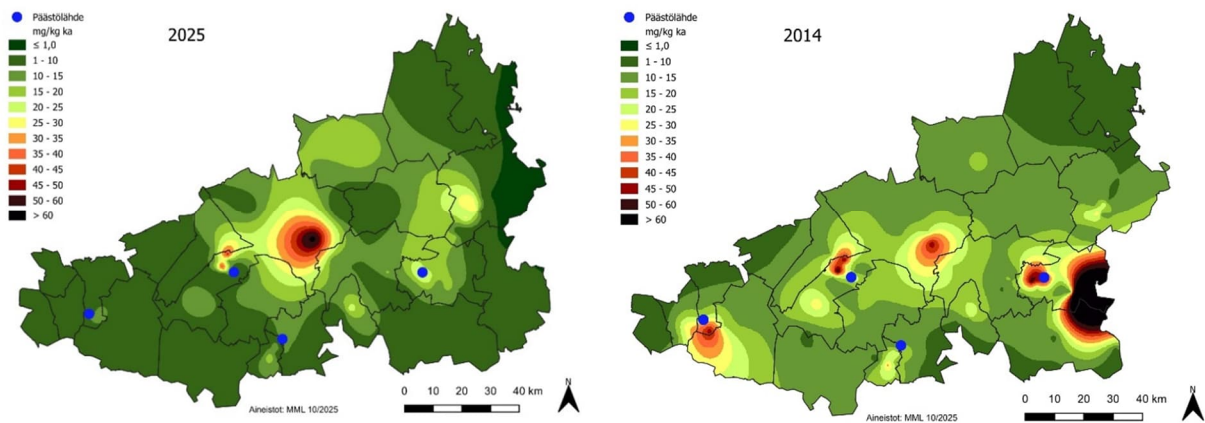
Kuva 6-21. Humuksen sinkkipitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.



Kuva 6-22. Humuksen lyijypitoisuudet (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella **vanadiinin** keskipitoisuus on laskenut vuosien 2014 ja 2025 välillä. Suurimmat vanadiinipitoisuudet mitattiin vuonna 2014 Lahdessa, Hämeenlinnassa ja Forssassa. Vuonna 2025 Suurimmat pitoisuudet esiintyivät Hämeenlinnassa, mutta muutoin tutkimusalueen vanadiinipitoisuudet olivat matalia. (Kuva 6-23.)

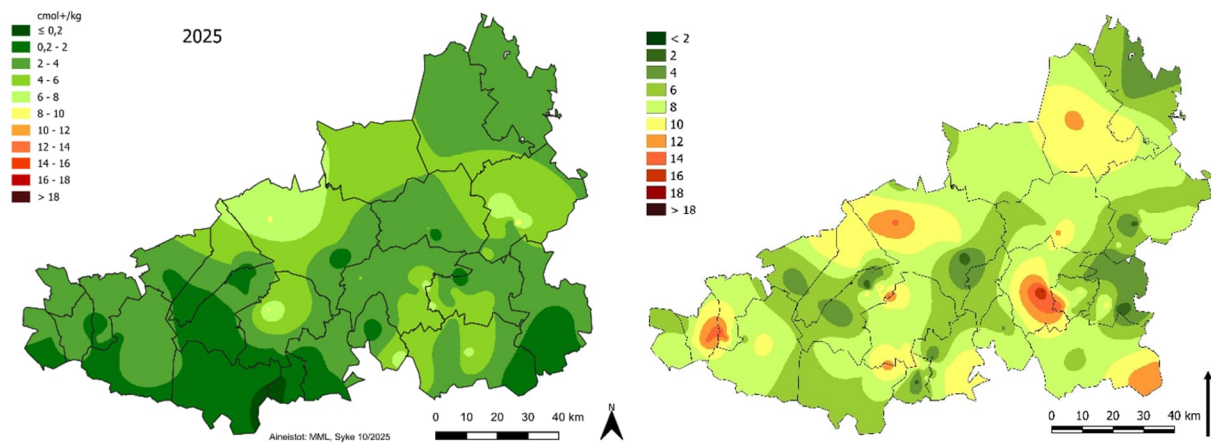
Kanta-Hämeessä suurimmat vanadiinipitoisuudet havaittiin vuonna 2002 Forssassa ja Hämeenlinnassa kuten myös vuonna 2014, joskin vyöhykkeet olivat supistuneet. Vuonna 2025 Hämeenlinnan alueella esiintyi suurimmat pitoisuudet ja muita keskittymiä ei enää juuri havaittu. Vanadiinin keskipitoisuudet Kanta-Hämeessä ovat laskeneet tutkimusvuosien välillä tasaisesti.



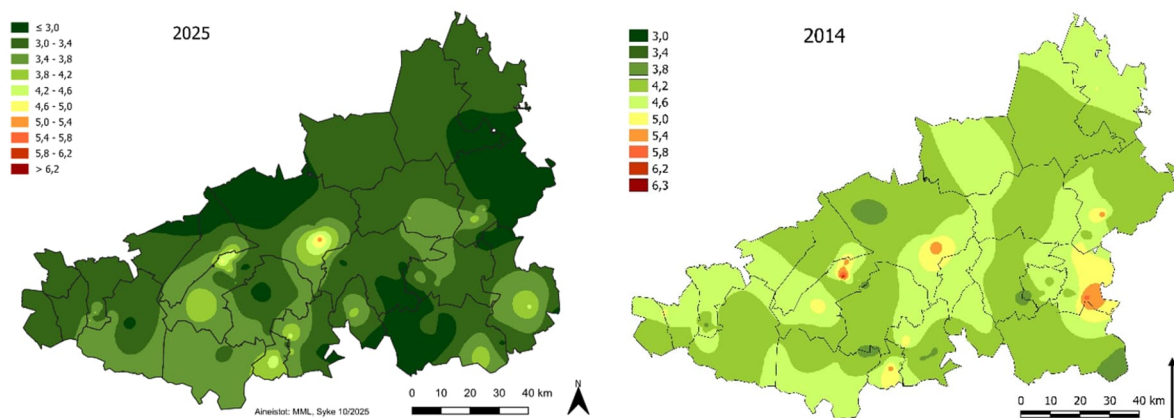
Kuva 6-23. Humuksen vanadiini (mg/kg) Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella humuksen **vaihtohappamuus** oli laskenut vuonna 2025 vuoden 2014 tasosta (Kuva 6-24). Myös humuksen **pH-arvo** oli laskenut (Kuva 6-25).

Kanta-Hämeessä vaihtohappamuus on laskenut merkittävästi tarkkailuvuosina 2002, 2014 ja 2025. pH-arvo pysyi vuosina 2002 ja 2014 keskimäärin samalla tasolla, mutta vuonna 2025 pH-arvo oli keskimäärin matalampi.



Kuva 6-24. Humuksen vaihtohappamuus Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.



Kuva 6-25. Humuksen pH Kanta- ja Päijät-Hämeen näytealoilla vuosina 2014 ja 2025.

7 Vertailu muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin

Tässä luvussa vertaillaan muualla Suomessa tehtyjen tutkimusten tuloksia Kanta ja Päijät-Hämeen alueiden bioindikaattoritutkimuksen tuloksiin.

7.1 Mäntyjen runkojäkälät

Taulukossa alla (Taulukko 7-1) on verrattu Kanta- ja Päijät-Hämeen alueiden bioindikaattoritutkimuksen tuloksia eri puolilla Suomea tehtyjen tutkimusten tuloksiin jäkälämuuttujien osalta. Kanta- ja Päijät-Hämeen vuoden 2025 tutkimuksessa sormipaisukarpeen vaurioaste oli muita tutkimuksia korkeampi pois lukien vuoden 2022 Seinäjoen seudun ja Etelä-Pohjanmaan tutkimus sekä Uudenmaan vuoden 2014 tutkimus, joissa vaurioaste oli hieman Kanta- ja Päijät-Hämettä korkeampi. Ilmanpuhtausindeksi (IAP) puolestaan oli samaa tasoa tai korkeampi kuin muissa tutkimuksissa. Hämeen alueella on suurehkoja asutuskeskuksia, suuria valtateitä ja teollisuuskeskittymiä, jotka vaikuttavat jäkälän kuntoon ja lajiston koostumukseen laajalla alueella.

Taulukko 7-1. Mäntyn runkojäkälää kuvaavat sormipaisukarpeen vaurioaste ja ilmanpuhtausindeksi (IAP = Index of Air Purity) Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2025 sekä eri puolilla Suomea toteutetuissa tutkimuksissa (Osmala ym. 2022a & 2022b, Ruuth ym. 2021a & 2021b, Ruuth 2021a, Lappalainen & Leppänen 2019, Keskitalo ym. 2015, Ruuth ym. 2016a & 2016b, Rundgren 2013, Lehtonen ym. 2013, Toivanen ym. 2016, Huuskonen ym. 2013).

Alue	n	Vuosi	Sormipaisukarpeen vaurioaste, ka	IAP
Kanta- ja Päijät-Häme	303	2025	2,9	2,1
Seinäjoen seutu ja Etelä-Pohjanmaa	96	2022	3,0	1,6
Etelä-Karjala	245	2022	2,8	2,1
Uusimaa	501	2020	2,5	1,5
Pohjois-Karjala	315	2020	1,9	2,9
Kokkola ja Pietarsaari	240	2018	2,6	1,6
Uusimaa	734	2014	3,1	1,7
Pori-Harjavalta	107	2014	2,4	1,9
Kanta- ja Päijät-Häme	304	2014	2,5	2,4
Kuopio	50	2013	2,5	1,7
Etelä-Karjala	263	2012	2,1	2,6
Vaasan seutu	53	2013	2,3	2,3
Kokkola ja Pietarsaari	238	2012	2,3	2,1

7.2 Sammalten alkuainepitoisuudet

Taulukossa alla (Taulukko 7-2) on esitetty sammalten alkuainepitoisuuksien keskiarvoja Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuosina 2025 ja 2014. Lisäksi taulukkoon on koottu keskiarvotuloksia muista Suomessa toteutetuista tutkimuksista Seinäjoen seudulta ja Etelä-Pohjanmaalta (Osmala ym. 2022b), Pohjois-Karjalasta (Ruuth ym. 2021a), Kokkolan ja Pietarsaaren alueelta (Lappalainen & Leppänen 2019) ja Pyhäjärvisseudulla (Huuskonen ym. 2009). Taulukossa on esitetty myös entisen Metsäntutkimuslaitoksen (nyk. Luonnonvarakeskus) vuonna 2010 valtakunnallisessa tutkimuksessa saatuja alkuainetuloksia. Kanta- ja Päijät-Hämeen vuoden 2025 tulokset on taulukossa korostettu ja tuloksista on esitetty myös pitoisuuksien vaihteluväli.

Kanta- ja Päijät-Hämeen sammalten kadmium- ja elohopeapitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin vertailututkimuksissa. Vanadiinin keskiarvopitoisuuksissa ei myöskään ole havaittavissa merkittäviä eroja tutkimusten välillä. Kanta- ja Päijät-Hämeen tulos on melko keskimääräinen. Kromipitoisuuksien keskiarvo oli vuonna 2025 vertailututkimuksia korkeampi pois lukien Seinäjoen ja Etelä-Pohjanmaan seutu, jossa kromipitoisuus oli selkeästi muita tutkimuksia suurempi. Lyijypitoisuuksien keskiarvo oli Kanta- ja Päijät-Hämeessä samalla tasolla kuin Seinäjoen ja Etelä-Pohjanmaan seudulla vuonna 2022. Pitoisuus oli hieman matalampi, kuin muissa tutkimuksissa lukuun ottamatta Pohjois-Karjalaa, missä lyijypitoisuudet olivat matalimmat. Sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat Kanta- ja Päijät-Hämeessä pääasiassa samalla tasolla muiden vertailututkimusten kanssa. Kokkola-Pietarsaaressa esiintyi muita tutkimuksia suurempi sinkin keskiarvopitoisuus vuonna 2018. Nikkelipitoisuus oli samaa tasoa kuin Pyhäjärvisseudulla 2007 ja puolet matalampi, kuin Seinäjoen ja Etelä-Pohjanmaansuudulla vuonna 2022. Muissa vertailututkimuksissa nikkelin keskipitoisuudet olivat Kanta- ja Päijät-Hämeen keskiarvoa matalammat.

Kanta- ja Päijät-Hämeen keskiarvopitoisuudet vuonna 2025 olivat pääasiassa samaa suuruusluokkaa kuin Metlan (2012) vuoden 2010 tutkimuksen keskiarvotulokset. Kromin, kuparin ja sinkin keskipitoisuudet olivat Metlan vertailuarvoa jonkin verran korkeampia. Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimuksessa lyijyn ja elohopean suurimmat mitatut pitoisuudet ylittivät Metlan tutkimuksessa mitatut suurimmat pitoisuudet.

Taulukko 7-2. Sammalen alkuaineiden keskiarvopitoisuudet Kanta- ja Päijät-Hämeen seudulla vuosina 2025 ja 2014 sekä eri puolilla Suomea toteutetuissa tutkimuksissa (Osmala ym. 2022b, Ruuth ym. 2021a, Lappalainen & Leppänen 2019, Huuskonen ym. 2009, Metsäntutkimuslaitos 2012.)

	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	V mg/kg	Hg mg/kg
Kanta- ja Päijät-Häme 2025	0,13	3,68	6,77	2,57	1,55	40	1,045	0,045
Vaihteluväli	0,067-0,26	1,1-8,6	3,0-47	0,85-14	0,57-8,4	21-86	0,39-2,7	<0,03-0,57
Seinäjoen seutu ja Etelä-Pohjanmaa 2022	0,106	9,6	7,2	5,4	1,45	47	2,18	0,041
Pohjois-Karjala 2020	0,11	0,56	5,3	1,2	0,57	34	0,56	-
Kokkola-Pietarsaari 2018	0,23	0,76	5,71	1,12	2,33	80	0,83	0,061
Pyhäjärviseuutu 2007	0,2	0,74	8,6	2,4	2	43	1,6	0,05
Kanta- ja Päijät-Häme 2014	0,17	1,12	6,0	1,4	3,1	42	1,39	0,04
Metla, 2010	0,12	0,97	5,03	2,51	2,05	31,01	1,09	0,042
Metla, vaihteluväli 2010	0,03-0,44	0,34-14	0,74-55	0,42-88	0,4-6,6	11,5-102	0,32-14,2	0,016-0,119

7.3 Humuksen alkuainepitoisuudet

Taulukossa alla (Taulukko 7-3) on vertailtu Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen humuspitoisuuksien keskiarvoja eri puolella Suomea tehtyjen vastaavien tutkimusten tuloksiin.

Kanta- ja Päijät-Hämeen vuoden 2025 keskiarvotulokset olivat pääasiassa pienempiä kuin Kokkolan ja Pietarsaaren vuosien 2012 ja 2018 mitatut keskiarvopitoisuudet. Kadmium-, kromi- ja nikkelpitoisuudet olivat Kanta- ja Päijät-Hämeessä melko samalla tasolla pääkaupunkiseudun vuosien 2004-2005 keskiarvojen kanssa. Kupari- ja sinkkipitoisuudet olivat Kanta- ja Päijät-Hämeessä pääkaupunkiseutua korkeampia, kun taas lyijy- ja vanadiinipitoisuudet matalampia. Koko Suomen tasoon (2001-2002) verrattuna Kanta- ja Päijät-Hämeen tulokset olivat suurempia tai samaa suuruusluokkaa.

Taulukko 7-3. Humuksen alkuainepitoisuuksia ja pH Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuonna 2025 ja 2014 sekä eri puolilla Suomea toteutetuissa tutkimuksissa (Lappalainen & Leppänen 2019, Ruuth ym. 2016a, Huuskonen ym. 2013, Tarvainen ym. 2006) ja koko Suomessa (Salminen ym. 2003).

	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	pH
Kanta- ja Päijät-Häme 2025	0,45	8,8	17,7	7,77	29,9	11,8	106	3,4
Kokkola-Pietarsaari 2018	2,05	18,1	61,6	32,6	109	20	329	
Kanta- ja Päijät-Häme 2014	0,38	11,1	17	9,4	51,02	19,5	68	4,2
Kokkola-Pietarsaari 2012	2,03	4,4	68	29,7	33	19,5	313	4
Pääkaupunkiseutu 2004- 2005	0,4	8,5	10	7,45	55	15,9	68,4	3,5
Koko Suomi 2001-2002	0,32	3,9	7,9	4,6	31	6,9	40,5	



8 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Ilmanlaatua on Kanta- ja Päijät-Hämeen seudulla seurattu bioindikaattorien avulla 1980-luvulta lähtien. Ilmanlaadun bioindikaattoreina on käytetty aiempina vuosina männyn runkojäkäliä ja männyn neulasten, sammalen sekä humuksen alkuainepitoisuuksia ja kemiallisia ominaisuuksia. Vuonna 2025 tutkimukseen ei sisällytetty männyn neulasten tutkimusta eikä harsuuntumistutkimusta. Vuonna 2014 bioindikaattoriseuranta toteutettiin ensimmäistä kertaa alueiden yhteisenä seurantana, kuten tehtiin myös vuonna 2025.

Kanta- ja Päijät-Hämeen merkittävimmät raportoitujen ilman epäpuhtauksien päästölähteet ovat liikenne ja teollisuus, jätteenkäsittely sekä energiantuotanto. Myös muun muassa jätevedenpuhdistamoista ja kotieläintaloudesta syntyy ilman epäpuhtauksien päästöjä, lähinnä typpiyhdisteitä. Jätevedenpuhdistamoiden ja kotieläintalouksien osalta ei havaittu olevan merkittäviä vaikutuksia bioindikaattoreihin. Suurimmat kokonaispäästöt syntyivät Lahdessa ja Heinolassa. Suurimpia yksittäisiä päästölähteitä typen osalta olivat NG Nordic Finland Oy:n Riihimäen toimipiste, Lahti Energia Oy:n Kymijärven laitosalue sekä Stora Enso Oyj:n Heinolan Flutingtehdas. Rikkipäästöjen suurin tuottaja alueella on Heinolan Flutingtehdas ja hiukkaspäästöjen Koskisen Oyj:n Tehdastien laitosalue Kärkölässä. Edellisestä tutkimusvuodesta 2014 koko tutkimusalueen typpipäästöt ovat vuoteen 2024 vähentyneet 72 %, rikkipäästöt 65 % ja hiukkaspäästöt 51 %.

Vuosina 2020–2024 keskimäärin suurimmat metallipäästöt keskittyivät Heinolan, Hämeenlinnan ja Lahden alueille. Kanavoitujen päästöjen päästömittausten perusteella saatujen päästötilastojen mukaan suurimmat metallipäästöjen tuottajat tutkimusalueella ovat Stora Enson Heinolan Flutingtehdas (nikkeli, sinkki ja kupari), SSAB Europe Hämeenlinnan tehdas, Kuusakoski Oy:n Heinolan tehdas ja Lahti Energia Oy:n Kymijärven laitosalue (sinkki), Loimua Oy:n Vanajan voimalaitos (sinkki, lyijy, kupari, vanadiini, kromi) ja NG Nordic Finland Oy:n Riihimäen toimipiste (kromi, elohopea). Metallipäästöjä tulee myös hajapäästöinä esimerkiksi metalli-, kuona- ja tuhka-jätteen käsittelystä jätteenkäsittelylaitosten kenttäalueilta.

Tutkimusalueen jäkälälajisto oli keskimäärin luokiteltavissa lievästi muuttuneeksi tai köyhtyneeksi IAP-indeksin perusteella ja köyhtyneeksi lajilukumäärän perusteella. Sormipaisukarve luokiteltiin keskimäärin selvästi vaurioituneeksi ja lajisto yleisesti selvän ja pahan vaurioasteen välimaastoon. Selvimmin jäkälälajisto oli köyhtynyttä Lahden, Kärkölän, Hämeenlinnan, Forssan ja Ypäjän alueilla. Puolestaan alueet, joilla sormipaisukarve oli eniten vaurioitunutta, sijaitsivat Lahden, Forssan, Heinolan, Riihimäen, Hämeenlinnan taajaman tuntumassa. Jäkälälajiston suhteen luonnontilaisimmat alueet sijaitsivat Lopen, Orimattilan, Heinolan ja Lahden tausta-alueilla. Tutkimusalueella havaittiin kaksi jäkäläautiota alaa, jotka sijaitsivat Lahden keskustan tuntumassa ja Kärkölän Lappilassa. Molempien alueiden läheisyydessä sijaitsee päästölähteitä.

Humuksen metallipitoisuudet olivat vuonna 2025 keskimäärin korkeampia kuin sammalten metallipitoisuudet, mikä selittyy sillä, että humukseen metalleja kertyy huomattavasti pidemmän ajan kuluessa kuin sammaliin, joista tutkitaan vain tuoreimmat vuosikasvut (ks. myös Kohonen ja Salminen 1993). Tutkimuksessa mitatut korkeimmat pitoisuudet keskittyivät tietyille aloille, jotka pääsääntöisesti sijaitsevat taajamissa päästölähteiden sekä tieväylien läheisyydessä. Sammalten osalta suurimmat pitoisuudet painottuivat Heinolaan aloille 566, 555 ja 581, Hausjärvelle aloille 604 ja 601 ja Lahteen alalle 508. Humusten osalta tutkimuksen selkeästi suurimmat pitoisuudet mitattiin Heinolassa Myllyojan alalla 568, josta sammalnäytettä ei löytynyt. Lisäksi suuria humuksen alkuainepitoisuuksia esiintyi Hämeenlinnassa alalla 448 ja 378 sekä Riihimäellä alalla 601.

PIMA-asetuksen raja-arvoihin verrattaessa, alan 568 humusnäytteen kuparin, lyijyn ja sinkin pitoisuus ylitti PIMA-asetuksen ylemmän ohjearvon, kadmiumin pitoisuus alemman ohjearvo ja nikkelin pitoisuus oli alemman ohjearvon tasolla. Dioksiinien ja furaanien osalta alan 568 humuksen pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen PCDD-PCDF-PCB-yhdisteille asettaman alemman ohjearvon. PIMA-ohjearvojen ylitykset viittaavat maaperän pilaantumiseen alalla 568.

Tutkimusalat jaettiin taajama-aloihin (n = 84) ja tausta-aloihin (n = 219) niiden sijoittumisen mukaan. Jäkälämuuttujien keskiarvotarkastelun perusteella jäkälälajisto oli runsaampaa ja hyväkuntoisempaa tausta-aloilla kuin taajama-aloilla. Sammalten metallipitoisuuksissa taajaman vaikutus oli pienempi. Vanadiinia esiintyi tilastollisesti erittäin merkitsevästi ja kromia tilastollisesti merkitsevästi enemmän taajama- kuin tausta-aloilla. Nikkeliä esiintyi melkein merkitsevästi enemmän taajamissa kuin tausta-alueilla. Humuksen analyyseissä havaittiin sammalten tapaan joitakin eroja alatyypin välillä.

Humuksissa taajama-aloilla esiintyi enemmän kromia ja nikkeliä kuin tausta-aloilla ja ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kuparia ja vanadiinia esiintyi tilastollisesti merkitsevällä tasolla enemmän taajama-aloilla kuin tausta-aloilla. Lisäksi sinkin ja lyijyn pitoisuudet sekä pH olivat korkeampia taajamissa kuin tausta-alueilla. Erot olivat tilastollisesti melkein merkitseviä. Muiden metallien ja ominaisuuksien osalta ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Suuntaa antavien metallipäästötietojen mukaan alueella on vuosina 2020–2024 syntynyt keskimäärin eniten nikkeli-, sinkki-, lyijy-, kupari-, vanadiini- ja kromipäästöjä, joiden pitoisuudet korostuivat vuoden 2025 tutkimuksessa etenkin taajama-alueilla. Alueen kuormittajat keskittyvät taajama-alueille, joten on johdonmukaista, että jäkälälajiston runsaus ja kunto on heikompaa, sekä sammalten ja humusten suurimmat pitoisuudet esiintyvät taajamissa. Taajamissa myös tieverkosto on tiheämpi ja liikenneväylät vilkkaampia kuin niiden ulkopuolella.

Vertailtaessa vuosien 2025 ja 2014 tutkimusten tuloksia kaikkien tarkasteltujen jäkälämuuttujien keskiarvot luppojen ja sormipaisukarpeen peittävyyttä lukuun ottamatta heikkenivät vuosien 2014 ja 2025 välillä tilastollisesti merkitsevästi. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo pieneni 0,3 yksikköä, ja ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien lukumäärä väheni keskimäärin 0,5 lajilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste kasvoi keskimäärin 0,7 yksikköä ja yleinen vaurioaste 0,3 yksikköä. Vuoden 2025 tutkimuksessa sormipaisukarpeen ja yleisen vaurioasteen luokittelu perustui jäkäläkartoitusstandardiin SFS 5670, jossa vaurioaste arvioidaan viisiportaisella kokonaislukuihin perustuvalla asteikolla. Vuonna 2014 tehdyssä tutkimuksessa luokittelussa käytettiin standardista poiketen kokonaislukujen lisäksi myös puolikkaita arvoja. Sormipaisukarpeen keskimääräinen peittävyys puolestaan lisääntyi edelliseen tutkimuskertaan verrattuna noin 2,8 prosenttiyksikköä, kun taas luppojen peittävyudessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta. Levän esiintyminen väheni vuoden 2014 jälkeen. Jäkälätunnukset eivät anna yhdensuuntaista tietoa ilmanlaadun kehityksestä. Sormipaisukarpeen vaurioasteen kasvu viittaa ilmanlaadun mahdolliseen heikentymiseen, kun taas levien yleisyyden väheneminen viittaa ilmanlaadun parantumiseen. Lajistomuuttujien muutokset ovat vähäisiä ja osoittavat korkeintaan lievää heikentymistä aiempaan tilanteeseen verrattuna.

Sammalten osalta Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimusalueen kadmiumin, lyijyn ja vanadiinin pitoisuuksien keskiarvot laskivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi vuosien 2014 ja 2025 välillä. Lyijyn osalta korkeampia pitoisuuksia esiintyi enää lähinnä Heinolan, Hausjärven ja Lahden alueilla lähellä päästölähteitä. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet puolestaan kasvoivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Pitoisuudet kasvoivat kromin ja nikkelin osalta etenkin Lahden alueella, sekä Riihimäki-Hausjärvi alueella. Kuparin pitoisuudet kasvoivat etenkin Riihimäen ja Hausjärven alueella. Elohopeapitoisuus laski vuosien välillä hyvin vähän ja tilastollisesti melkein merkitsevällä tasolla. Elohopean osalta Heinolan ala 555 erottui selkeästi muista aloista noin 10 kertaa suuremmalla pitoisuudella. Sinkin pitoisuudessa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta.

Humusnäytteiden osalta nikkelin, lyijyn ja vanadiinin pitoisuuksien keskiarvot pienenivät ja pH sekä vaihtohappamuus laskivat vuodesta 2014 tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Kromi- ja kuparipitoisuudet laskivat tilastollisesti merkitsevästi. Kadmiumpitoisuudessa ja kationinvaihtokapasiteetissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Vuonna 2014 Lahden ja Heinolan seudulla esiintyneet korkeiden pitoisuuksien vyöhykkeet olivat useamman metallin osalta joko hävinneet tai pienentyneet merkittävästi vuonna 2025, joskin Heinolassa alan 568 suuret pitoisuudet erottuivat vuotta 2014 selkeämpänä pitoisuusalueena kaikilla metalleilla vanadiinia lukuun ottamatta. Muualla tutkimusalueella vuonna 2014 sijainneet suurempien pitoisuuksien vyöhykkeet olivat humusten osalta pääsääntöisesti pienentyneet, pysyneet samalla tasolla tai hävinneet vuonna 2025.

Metallikuormitusta indikoivien bioindikaattoreiden eli sammalen ja humuksen alkuainepitoisuuksissa esiintyi siis vuosien välistä vaihtelua, mutta muutokset eivät olleet kaikilta osin yksiselitteisiä. Ainoastaan lyijyn ja vanadiinin pitoisuudet laskivat sekä sammalissa että humuksissa. Kromi, nikkeli ja kuparipitoisuudet puolestaan nousivat sammalissa, mutta laskivat humuksissa.

Vuosien väliseen vaihteluun vaikuttavat eniten alueen päästöt, mutta myös erilaiset luontaiset tekijät, kuten sateisuus, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin puskuroimalla tai voimistamalla niitä, jolloin bioindikaattorilajien vasteet eivät yksiselitteisesti seuraa esim. päästömäärissä tapahtuvia muutoksia. Muutoksia voivat selittää myös sellaiset alueen päästölähteissä tapahtuneet muutokset, jotka eivät kuitenkaan näy suoraan päästömäärissä. Alueella on lukuisia sellaisia toimintoja, jotka eivät raportoi esim. metallien päästöjä, mutta joiden vaikutukset kuitenkin voivat näkyä sammalesta tai humuksesta mitatuissa metallipitoisuuksissa. Kyseessä ovat todennäköisesti pienehköt teollisuustoiminnot, joiden päästömäärätkin ovat suhteellisen pieniä, mutta jotka kuitenkin nostavat pitoisuuksia sammal- ja humusindikaattoreissa paikallisesti. Korkeista päästökorkeuksista ilmaan vapautuvat päästöt laimenevat tehokkaasti ja leviävät suuremmalle alueelle, eivätkä siten välttämättä näy bioindikaattoreissa paikallisesti niin selvästi. Tällöin muiden, määrältään pienten matalan päästökorkeuden toimintojen aiheuttamien päästöjen merkitys kasvaa ilmanlaadun indikaattoreiden ilmentämissä vaikutuksissa.

Puun pienpoltolla voi olla paikallisesti vaikutusta bioindikaattoritutkimusten tuloksiin, erityisesti silloin kun lähipäästöjen pitoisuudet ovat korkeita ja ilmamassojen vaihtuvuus on vähäistä. Puun pienpolton päästöt, kuten pienhiukkaset, PAH-yhdisteet ja erilaiset happamat yhdisteet voivat kertyä bioindikaattoreihin samalla tavoin kuin muutkin ilmaperäiset epäpuhtaudet. Käytännössä vaikutusten erottaminen muista päästölähteistä on kuitenkin haastavaa, koska puunpolton päästöt ovat voimakkaasti ajallisesti vaihtelevia, hajakuormitteisia ja sekoittuvat nopeasti muun taajamailmanlaadun kanssa. Puun pienpolton mahdollisia vaikutuksia ei useimmiten voida luotettavasti erottaa taustakuormituksesta ilman erillisiä, tarkasti suunniteltuja lisätutkimuksia (Ilmatieteen laitos 2021; THL 2024; HSY 2020).

Bioindikaattorien mittaama kuormitus heijastaa sekä paikallisia päästöjä että laajempaa alueellista taustatasoa, johon voi sisältyä myös kaukokulkeumaa. Kaukokulkeumalla tarkoitetaan ilmassa kulkeutuvia epäpuhtauksia, jotka voivat saapua alueelle huomattavankin pitkien välimatkojen takaa ja vaikuttaa siten mittaustuloksiin riippumatta paikallisista päästölähteistä. Koska bioindikaattorit keräävät epäpuhtauksia pitkän ajan kuluessa ja ilmanlaadun vaihtelu on monitekijäistä, kaukokulkeuman osuutta ei voi erottaa aineistosta sellaisenaan. Tämän vuoksi tuloksia tulkittaessa on tärkeää huomioida, että mitatut pitoisuudet voivat sisältää sekä paikallista että alueellista kuormitusta, eikä kaukokulkeuman vaikutuksesta voida tehdä tarkkoja määrällisiä arvioita ilman erillisiä leviämismallinnuksia tai taustapitoisuuksia kuvaavaa lisäaineistoa (Ilmatieteen laitos 2021; HSY 2020).

Tulosten tulkinnassa on huomioitava, että liikenne voi vaikuttaa merkittävästi sammal- ja humusnäytteiden metallipitoisuuksiin, sillä ajoneuvoliikenne on tunnettu useiden raskasmetallien, kuten lyijyn, kuparin, sinkin, kadmiumin, kromin ja jarrujen kulumisesta peräisin olevan antimonin, lähde (Hu ym. 2018). Näiden metallien on toistuvasti osoitettu kertyvän erityisesti sammaleisiin ja pintamaahan tieympäristöissä, ja pitoisuudet voivat olla koholla erityisesti näytepisteissä, jotka sijaitsevat lähellä vilkasta liikennettä. Liikenteen aiheuttama pöly, renkaiden kulumahiukkaset ja pakokaasujen metallipitoinen hiukkasmassa voivat kulkeutua ilmateitse ja laskeutua sekä sammalten pinnalle että humuskerrokseen, mikä voi nostaa mitattuja pitoisuuksia riippumatta varsinaisesta alueellisesta taustakuormituksesta. Jäkälät ottavat epäpuhtaudet suoraan ilmasta ja ovat tunnetusti herkkiä liikenteen päästöille, myös havaitut muutokset jäkälän vaurioitumisessa, runsaudessa ja lajimäärässä voivat osittain liittyä liikenneperäiseen ilmanlaatuun (Zechmeister ym. 2006).

Sormipaisukarpeen vaurioasteen osalta erot luokittelutavassa ja luokittelijan subjektiivisessa näkemyksessä voivat puolestaan vaikuttaa tulosten vertailtavuuteen ja tulkintaan siten, että tulokset voivat asettua joko heikompaan tai parempaan luokkaan käytetyn asteikon mukaan. Vuoden 2025 tutkimuksessa havaittu jäkälämuuttujien erisuuntainen kehitys, jossa lievien vaurioiden vyöhykkeet olivat laajentuneet huolimatta päästömäärien laskemisesta, on ollut havaittavissa myös muun muassa Uudellamaalla vuonna 2009 (Huuskonen ym. 2010). Tähän voi vaikuttaa asutusrakenteen hajautuminen, joka johtaa ihmisvaikutuksen laajentumiseen maantieteellisesti suuremmalle alueelle erityisesti väestöltään väkirikkailla alueilla, jollaisia Uudenmaan ja Hämeen seudut ovat.

Verrattaessa Kanta- ja Päijät-Hämeen bioindikaattoreiden keskiarvotuloksia muualla Suomessa tehtyjen tutkimusten keskiarvoon voidaan todeta, että sormipaisukarpeen vaurioaste ja IAP-indeksin arvot olivat hieman suurempia tai samaa tasoa. Sammalten kromipitoisuuksien keskiarvo oli vuonna 2025 vertailututkimuksia korkeampi pois lukien Seinäjoen ja Etelä-Pohjanmaan seutu, jossa kromipitoisuus oli selkeästi muita tutkimuksia suurempi. Muutoin sammaltulosten keskiarvot olivat pääsääntöisesti joko pienempiä tai samaa suuruusluokkaa vertailututkimusten kanssa. Kanta- ja Päijät-Hämeen tutkimuksessa lyijyn ja elohopean suurimmat sammalista mitatut pitoisuudet ylittivät Metlan tutkimuksessa mitatut suurimmat pitoisuudet. Humuksesta mitatut metallipitoisuudet olivat pääsääntöisesti samaa tasoa tai pienempiä kuin vertailututkimuksissa.

Tutkittujen muuttujien sekä ilmanlaatua ja päästömääriä kuvaavien muuttujien välillä havaittiin runsaasti odotetunlaisia korrelaatioita. Korreloivien tutkimusmuuttujien määrässä mitattuna eniten tutkittuihin jäkälä-, sammal- ja humusmuuttujiin vaikuttivat lähialueen typen oksidien päästöt sekä lupa-, rekisteröinti- ja ilmoitusvelvollisten päästölähteiden lukumäärä. Puolestaan erilaisista toiminnoista energiantuotanto ja jätteenkäsittelytoiminnot korreloivat lukumääräisesti eniten eri tutkimusmuuttujien kanssa. Etenkin sammalten ja humuksen alkuainepitoisuudet korreloivat laajalti ilmoitettujen rikin ja typen oksidien päästömäärien sekä päästölähteiden sijainnin kanssa, mikä kertoo moninaisten päästöjen kertymisestä ympäristöön ihmistoiminnan seurauksena. Jäkälämuuttujien korrelaatiot ilmanlaatu- ja päästömuuttujien kanssa jäivät sammalten ja humuksen alkuainepitoisuuksiin verrattuna pieniksi. Kanta- ja Päijät-Hämeen edelliseen sekä yleisemmin bioindikaattoritutkimuksiin verrattuna poikkeuksellisesti sormipaisukarpeen vaurioaste ei korreloinut yhdenkään ilmanlaatu- tai päästömuuttujan kanssa.

Sormipaisukarpeen vaurioasteen korrelaatioita laskettaessa on huomioitu viimeisen viiden vuoden päästöt, jotka ovat olleet matalampia kuin sitä edeltäneen viiden vuoden aikana. On mahdollista, että sormipaisukarpeen korkeampi vaurioaste johtuu siitä, etteivät ne ole vielä ehtineet palautua aiempien, suurempien päästöjen aiheuttamista vaurioista. Muiden tutkimusten pitkäaikaisseurannan tulokset osoittavat, että jäkälien palautuminen voi olla hidasta. Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa seurattiin jäkälyhteisöjen tilaa 20 vuoden ajan, kun rikkidioksidi- ja typenlaskeuma väheni alueella. Tulokset osoittivat, että herkkien lajien palautuminen oli vain osittaista ja melko hidasta, vaikka ilmanlaatu parani (Weldon & Grandin 2021). Lisäksi verrattuna aiempaan tutkimukseen luokitteluasteikon muuttaminen standardin mukaiseen, kokonaislukuihin perustuvaan ja vähemmän yksityiskohtaiseen luokitteluun saattaa vaikuttaa sormipaisukarpeen vaurioasteen arviointiin. Muutos todennäköisesti heikentää havaittua vaurioastetta sekä sen perusteella laskettuja korrelaatioita.

Bioindikaattoritutkimusta suositellaan jatkettavaksi noin 10 vuoden välein ja neulaset suositellaan sisällytettäväksi tutkimukseen. Mahdollisuuksien mukaan sammal-, humus- ja neulasalojen määrää olisi hyvä lisätä katvealueille, jotta tutkimusdataa saataisiin tutkimusalueelta kattavammin ja alueellista vaihtelua olisi luotettavampaa arvioida.

Lähteet

- Anttonen, T. 1990. Laskeuman ravinteiden vaikutus sormipaisukarvejäkälän (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) kasvuun. Kuopion yliopisto, ekologisen ympäristöhygienian laitos. Opinnäytetutkielma.
- Derome J. ja Väre, H. 1995. Laskeuman vaikutus metsämaahan. Teoksessa: Tikkanen, E. (ed.). 1995. Kuolan saastepäästöt Lapin metsien rasitteena. Itä-Lapin metsävaurioprojektin loppuraportti. s. 77-99.
- Dinno, A. (2024). `_dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums_`. R package version 1.3.6, <<https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>>.
- EPA 3051A:2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils.
- EPA 1613B:1994. Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS.
- EPA 1668A:2003. Revision a chlorinated biphenyl congeners in water, soil, sediment, biosolids, and tissue by HRGC/HRMS.
- Eurofins Oy. 2024. Dioksiinit, furaanit ja POP-yhdisteet (persistent organic pollutants). <https://www.eurofins.fi/elintarvikkeet-ja-rehut/elintarvikeanalyysit/organiset-vierasaineet/dioksiinit-furaanit-ja-pop-yhdisteet-persistent-organic-pollutants/>
- Geologian tutkimuskeskus. 2025. Suomen kallioperä 1:200 000. Geologian tutkimuslaitos. Maankamara- karttapalvelu. <https://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html>
- Harrell, Jr F. 2025. `_Hmisc: Harrell Miscellaneous_`. R package version 5.2-5, <<https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>>.
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). 2025. Kaukokulkeuma heikentää ilmanlaatua. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Helsinki.
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). 2020. Uudenmaan bioindikaattoriseuranta. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Helsinki.
- Hu, R., Yan, Y., Zhou, X., Wang, Y. & Fang, Y. 2018. Monitoring Heavy Metal Contents with Sphagnum Moss Bags in Relation to Traffic Volume in Wuxi, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(2), 374. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/2/374>
- Huuskonen, I., Lehtonen, E. ja Ellonen, E. 2009. Pyhäjärvisuon ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2007-2008. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 175. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.

- Huuskonen, I., Lehtonen, E., Keskitalo, T. ja Laita, M. 2010. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2009. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 4/2010. Helsinki.
- Huuskonen I., Lehtonen E. ja Laita M. 2013. Kokkolan ja Pietarsaaren seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2012. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 177. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus.
- Huttunen, S. ja Karhu, M. 1984. Rikkipölyjen leviäminen Hämeen läänin metsissä – Ympäristöministeriö. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto. A: 10. Helsinki 198
- Hämeen liitto 2025. Kanta-Hämeen tilanne- ja kehityskuva. Luettu 31.10.2025. Saatavissa: <https://hameenliitto.fi/content/uploads/2025/01/Kanta-Hameen-tilanne-ja-kehityskuva-2024-laaja-versio.pdf>
- Hämeen ELY-keskus 2025. Kestävä yhdyskuntarakenne- Kanta- ja Päijät-Häme. [Viitattu 23.10.2025]. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/kestava-yhdyskuntarakenne/kestava-yhdyskuntarakenne-kanta-ja-paijat-hame>
- Ilmatieteen laitos 2026. Tuuliaineistot 2025.
- Ilmatieteen laitos. 2022. Ilmanlaatuselvitykset ja päästöjen leviämismallinnus. Ilmatieteen laitos, asiantuntijapalvelut. Helsinki.
- Ilmatieteen laitos. 2021. Ilmanlaatu Suomessa ilmanlaatumittausten ja satelliittihavaintojen perusteella. Raportteja 2021:6. Ilmatieteen laitos. Helsinki.
- Ilmatieteen laitos. 2008. Pienten polttolaitosten (5–50 MW) piipun korkeuden mitoitus. Ilmatieteen laitoksen raportteja. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun asiantuntijapalvelut. Helsinki.
- Ilmatieteen laitos. 1996. Alueellinen ilmanlaatu (Hyvinkää, Riihimäki, Hausjärvi, Janakkala, Loppi). Ilmatieteenlaitos, Helsinki.
- ISO 13914:2023. Soil, treated biowaste and sludge — Determination of dioxins and furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls by gas chromatography with high resolution mass selective detection (HR GC-MS)
- Itä-Suomen yliopisto. 2024. Liikenteen raskasmetallikuormitus ja vaikutukset bioindikaattoreihin. Ympäristötieteen julkaisuja. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio.
- Jussila, I. (1997). Porin-Harjavallan ja Pohjois-Satakunnan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 1996-1997. Turun yliopisto, Satakunnan ympäristötutkimuskeskus, Pori. Sykesarja B 12.
- Jussila, I., Joensuu, E. ja Laiho, P. 1999. Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöopas 59. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Edita, Helsinki.

- Keskitalo T., Laita M., Järvisalo K., Ruuth J. 2015. Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta 2014. Nab Labs Oy Ambiotica.
- Kohonen, T. ja Salminen, R. 1993. Sammaleen ja humuksen alkuainepitoisuudet rikki- ja raskasmetallilaskeuman indikaattoreina Turun kaupunkiseudulla. Turun kaupunki, ympäristönsuojelutoimisto. Julkaisu 4/1993.
- 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. s. 397-420.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E., & Ellonen, T. 2008a. Vakka-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 164. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E., & Ellonen, T. 2008b. Länsi-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus.
- Laita, M., Huuskonen I., Keskitalo, T. ja Lehtonen, E. 2008. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 169.
- Lamppu, J. ja Huttunen, S. 1992. Hämeen mäntymetsien neulas- ja maaperäkartoitus. Oulun yliopisto. kasvitieteen laitos. Oulu 1992.
- Lappalainen N. & Leppänen E-M. 2019. Kokkolan ja Pietarsaaren seudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2018. [Viitattu 17.11.2025]. Saatavissa: <https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2022/03/KOKKOLAN-JA-PIETARSAAREN-SEUDUN-ILMANLAADUN-BIOINDIKAATTORITUTKIMUS-VUONNA-2018.pdf>
- LeBlanc, F. ja DeSloover, J. 1970. Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. 48: 1485-1496.
- Lehtonen E., Huuskonen I., Keskitalo T. ja Laita M. 2013. Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2012. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 176. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus.
- Lehtonen, E., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Nevalainen, S., Poikolainen, J. ja Laita, M. 2011. Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2010. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2011.
- Lindroos, A-J. ja Derome, J. 1998. Laskeuma ja sen vaikutus metsämaahan. Teoksessa Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkilä, H. ja Nieminen, T. (toim.)

- Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446, Helsinki.
- Lodenius, M., Manninen, S., Nieminen, T., Raiskinen, H., Ranta, P. ja Willamo, R. 2002. Bioindikaattorit. Ympäristönsuojelun opetusmonisteita N:o 21. Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos.
- Mattila T.J. & Rajala J. 2018. Kationinvaihtokapasiteetinmääritys ja käyttö viljavuusanalyysin tulkinnessa. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Raportteja 179.
- Melanen, M., Ekqvist, M., Mukherjee, A.B., Aunela-Tapola, L., Verta, M. ja Salmikangas, T. 1999. Raskasmetallien päästöt ilmaan Suomessa 1990-luvulla. Suomen ympäristö 329. Suomen ympäristökeskus.
- Metsäntutkimuslaitos, 2012. Raskasmetalli- ja typpilaskeuma Suomessa, kartoitus sammalten pitoisuuksien perusteella 1985–2010.
- Niskanen, I., Veijola, H. & Ellonen, T. 1996. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1996. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996: 17.
- Niskanen, I., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. & Laitakari, V. 2003. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 156. Jyväskylän yliopisto. ISBN 951-39-1583-2.
- Niskanen I., Ellonen T., Nousiainen T. ja Polojärvi K. 2003. Kanta-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2001-2002. Alueelliset ympäristöjulkaisut 290. Hämeen ympäristökeskus.
- Niskanen, I., Ellonen, T., ja Witick, A. 1998. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 1997. Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 150.
- Osmala, T., Kajankari-Shelvey, P. ja Jokinen J. 2022a. Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2022. Eurofins Ahma Oy. [Viitattu 23.10.2025]. Saatavissa: https://www.imatra.fi/sites/default/files/2023-01/etela-karjalan_bioindikaattoritutkimus_2022_netti.pdf
- Osmala, T., Kajankari-Shelvey, P. ja Jokinen J. 2022b. Seinäjoen seudun ja Etelä-Pohjanmaan bioindikaattoritutkimus 2022. Eurofins Ahma Oy. [Viitattu 17.11.2025]. Saatavissa: https://www.seinajoki.fi/wp-content/uploads/2022/12/seinajoen_seudun_ja_etela-pohjanmaan_bioindikaattoritutkimus_2022.pdf
- Pereira, G.W., Valente, D.S.M., Queiroz, D.M.d., Coelho, A.L.d.F., Costa, M.M. & Grift, T. 2022. Smart-Map: An Open-Source QGIS Plugin for Digital Mapping Using Machine Learning Techniques and Ordinary Kriging. *Agronomy* 2022, 12, 1350. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061350>

- Pihlström, M. ja Myllyvirta, T. 2001. Ilman epäpuhtauksien leviämisen- ja vaikutustutkimus 1999-2000. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry, Porvoo. Tutkimusraportti.
- Pihlström, M. ja 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.
- Poikolainen, J., Kubin, E., Piispanen, J. & Karhu J. (2004) Atmospheric heavy metal deposition in Finland during 1985-2000 using mosses as bioindicators. *The Science of the Total Environment* 318: 171-185.
- Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. ja Ellonen, T. 2005. Mittaustarkkuus mäntyjen runkojäkälistön ja sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioiden havainnoinnissa. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus. Tutkimusraportti 89/2005.
- Päijät-Hämeen liitto 2025a. Päijät-Hämeen maakunta. [Viitattu 6.11.2025]. Saatavissa: <https://paijat-hame.fi/paijat-hameen-maakunta>
- Päijät-Hämeen liitto 2025b. Nykytila - Lahden kaupunkiseutusuunnitelman ja Päijät-Hämeen rakennemallin kokoelmasovellus [Viitattu 6.11.2025]. Saatavissa: <https://phliitto.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=121edfec9a924e998ae93d908ad0da49>
- R Core Team 2024. *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Raitio, H., ja Kärkkäinen, K. 2002. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Pietarsaaren-Uudenkaarlepyyn alueella vuonna 2000. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.
- Rautjärvi, H. ja Raitio, H. 2003. Neulasten alkuainepitoisuudet sekä niiden suhde näytepuiden neulaskatoon ja epifyyttijäkeliin Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueella vuosina 2000 ja 2001. Uudenmaan ympäristökeskus, monisteita nro 120. Helsinki.
- Reinikainen, A., Veijalainen, H. ja Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset - metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688.
- Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäysperusteet. Suomen ympäristö 23/2007. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Rühling, Å. ja Tyler, G. 2004. Changes in the atmospheric deposition of minor and rare elements between 1975 and 2000 in South Sweden, as measured by moss analysis. *Environmental Pollution* 131: 417-423.
- Rundgren, E. 2013. Kuopion kaupungin ilman laatua mittaava jäkäläbioindikaattoritutkimus vuonna 2013.

- Ruuth, J., Toivanen, H., Kuhmonen, I., Leppänen, E., Kiljunen, A. 2016a. Kanta- ja Päijät-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2014. ELY-Keskuksen raportteja 6/2016.
- Ruuth, J., Toivanen, H., Kuhmonen, I. ja Kiljunen, A. 2016b. Porin-Harjavallan alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2014-2015. Nab Labs Oy. Tutkimusraportti 31/2016.
- Ruuth, J., Keskitalo, T., Talvitie, T., Korhonen, K. 2021a. Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2020. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 15 /2021.
- Ruuth, J., Keskitalo, T. 2021b. Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta 2020. Uudenmaan ELYkeskus. Raportteja 13/2021.
- Salminen, R., Bogatyrev, I., Chekuskin, V., Glavatskikh, S.P., Grerauskiene, V., Niskavaara, H., Selenok, Tenhola, M. ja Tomilina, O. 2003. Barents ecogeochemistry - a large scale geochemical base study of heavy metals and other elements in surficial deposits, NW-Russia and Finland. Teoksessa Autio, S. (toim.) Geological survey of Finland, Current Research 2001-2002. Geological Survey of Finland, Special Paper 36, 45-52.
- SFS 5670. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkölökartoitus. 1990. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 5671. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Sammalten kemiallinen analyysi. Näytteenotto, esikäsittely, ja tulosten esittäminen.
- SFS-EN ISO 17294-2:2023. Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes.
- SFS-EN 16190:2019. Soil, treated biowaste and sludge. Determination of dioxins and furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls by gas chromatography with high resolution mass selective detection (HR GC-MS).
- Suomen ilmastopaneeli. 2021. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021. Valtioneuvoston julkaisu. Helsinki.
- Suomen ympäristökeskus 2025a. Ladattavat paikkatietoaineistot. Saatavissa: <https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/ladattavat-paikkatietoaineistot>
- Suomen ympäristökeskus 2025b. SYKE - kuntien ja alueiden khk-päästöt. Saatavissa: <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Suomen ympäristökeskus (Syke). 2024. Ilma on enimmäkseen puhdasta – ilmanlaatu Suomessa. Ympäristön tila -julkaisusarja. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

- Tamminen, P. 1998. Maaperätekijät. Teoksessa Mähkönen, E. (toim.) Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691. S. 64-82.
- Tarvainen, T. (toim.), Eklund, M., Haavisto-Hyvärinen, M., Hatakka, T., Jarva, J., Karttunen, V., Kuusisto, E., Ojalainen, J. ja Teräsvuori, E. 2006. Alkuaineiden taustapitoisuudet pääkaupunkiseudun kehyskuntien maaperässä. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 163.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2026. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet.
<https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet#:~:text=Dioksiineja%20syntyy%20tahattomasti%20palamis%2D%20ja%20PCB%2Dyhdisteiden%20maksullista%20analytiikkaa>.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL). 2024. Puunpoltto ja ilmanlaatu. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Helsinki.
<https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpoltto>.
- Toivanen, H., Ruuth, J., Kuhmonen, I. ja Kiljunen, A. 2016. Vaasan seudun bioindikaattoritutkimus vuonna 2013. Nab Labs Oy. Tutkimusraportti 36/2016.
- Ulrich, B. 1991. Deposition of acid and metal compounds. Teoksessa Merian, E. (toim.) Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. VHC.
- Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007).
- Väylävirasto 2025. Suomen väylät. Saatavissa:
<https://suomenvaylat.vayla.fi/theme/0/455170/7279252/1101/?lang=fi>
- Väylävirasto. 2023. Liikenne ja ilmanlaatu. Väylävirasto. Helsinki. Saatavissa:
<https://vayla.fi/ymparisto/ilman-laatu>
- Veijola, H. ja Niskanen, I. 1998. Sammaleesta ja humuksesta tutkittavien muuttujien mittaustarkkuuden arviointi. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Muistio 1/1998.
- Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W, McGowan L. D., François R., Grolemond G., Hayes A., Henry L., Hester J., Kuhn M., Pedersen T. L., Miller E., Bache S. M., Müller K., Ooms J., Robinson D., Seidel D. P., Spinu V., Takahashi K., Vaughan D., Wilke C., Woo K & Yutani H. 2019. "Welcome to the tidyverse." _Journal of Open Source Software_, *4*(43), 1686. doi:10.21105/joss.01686
 <<https://doi.org/10.21105/joss.01686>>.
- Weldon, J. & Grandin, U. 2021. *Weak recovery of epiphytic lichen communities in Sweden over 20 years of rapid air pollution decline*. The Lichenologist, 53(2), 203–213. <https://doi.org/10.1017/S0024282921000037>

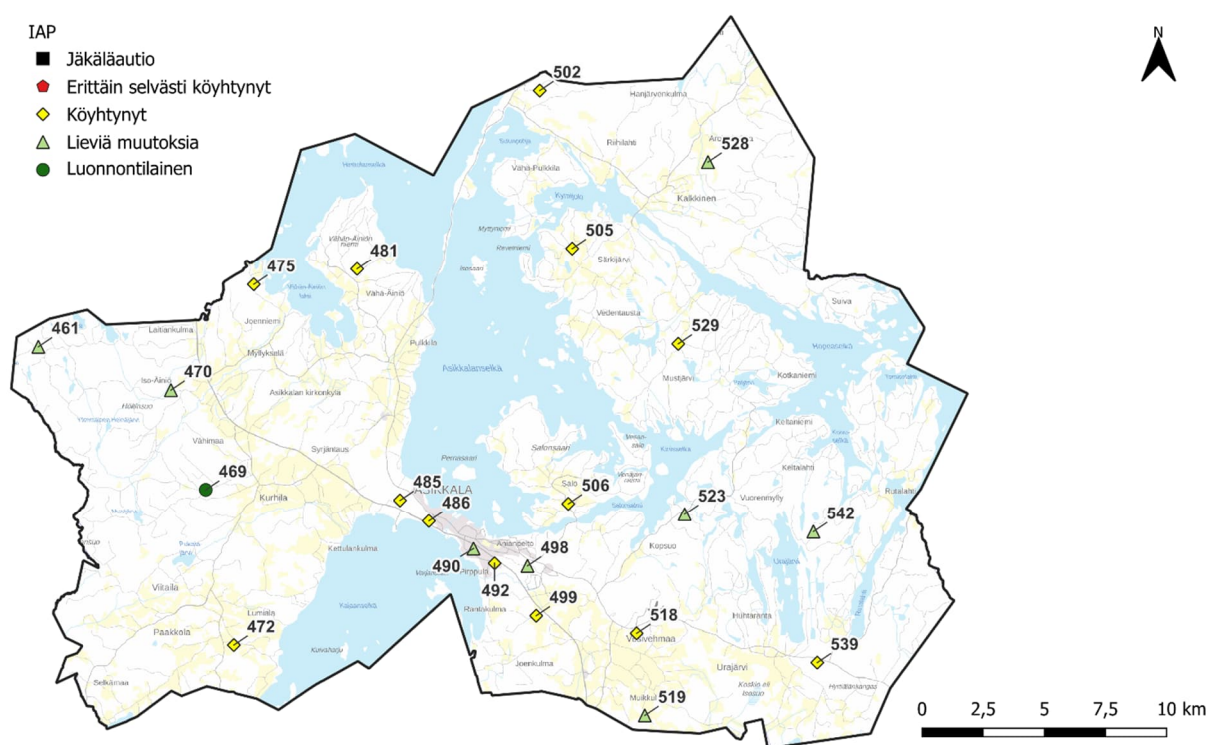
Zechmeister, H. G., Dullinger, S., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Illnar, A. & Scharf, S. (2006). Pilot study on road traffic emissions measured by using mosses in a tunnel experiment in Vienna, Austria. *Environmental Science and Pollution Research*, 13, 398–405. Saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1065/espr2006.01.292>

Liitteet

- Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Asikkalan kunnan alueella
- Liite 2. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Forssan kaupungin alueella
- Liite 3. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hartolan kunnan alueella
- Liite 4. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hattulan kunnan alueella
- Liite 5. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hausjärven kunnan alueella
- Liite 6. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Heinolan kaupungin alueella
- Liite 7. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hollolan kunnan alueella
- Liite 8. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Humppilan kunnan alueella
- Liite 9. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hämeenlinnan kaupungin alueella
- Liite 10. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Iitin kunnan alueella
- Liite 11. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Janakkalan kunnan alueella
- Liite 12. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Jokioisten kunnan alueella
- Liite 13. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kärkölän kunnan alueella
- Liite 14. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lahden kaupungin alueella
- Liite 15. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lopen kunnan alueella
- Liite 16. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Orimattilan kaupungin alueella
- Liite 17. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Padasjoen kunnan alueella
- Liite 18. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Riihimäen kaupungin alueella
- Liite 19. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sysmän kunnan alueella
- Liite 20. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tammelan kunnan alueella
- Liite 21. ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Ypäjän kunnan alueella
- Liite 22. toimijakohtaiset päästömäärät kunnittain vuonna 2024
- Liite 23. toimijakohtaiset vuosipäästöt laskettuna keskiarvona vuosien 2020–2024 päästöistä
- Liite 24. havaintoalatiedot
- Liite 25. muuttujaryhmien välinen yhteisvaihtelu: korrelaatiotaulukot
- Liite 26a. jäkälätutkimuksen tulokset: frekvenssilajien esiintyminen
- Liite 26b. jäkälätutkimuksen tulokset: frekvenssilajien runsaus
- Liite 27. sammalnäytteiden tulokset
- Liite 28. humusnäytteiden tulokset

Liite 1. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Asikkalan kunnan alueella

Asikkalan kunnan alueella sijaitsi 22 tutkimusala, joista 5 sijaitsi taajama-alueilla ja loput 17 tausta-alueilla. Kaikki tutkitut jäkälätunnukset olivat keskiarvoisesti samalla tasolla koko tutkimusalueen kanssa. Sormipaisukarve oli suurimmalla osalla aloista selvästi vaurioitunutta (ka. 3), lievästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta havaittiin 6 alalla. Ilman epäpuhtauksista kärsiviä lajeja esiintyi keskimäärin yhtä paljon kuin koko tutkimusalueella. Lajisto oli tutkimuksen perusteella lievästi köyhtynyttä. Luonnontilaista lajistoa (yli 8 lajia) havaittiin kaikkiaan kolmella alalla Vääksyssä ja Urajärven lähistöllä. Vähiten lajeja (4) esiintyi kahdella tutkimusosalalla, joista yksi oli taajama-ala ja yksi tausta-ala. Ilmanpuhtausindeksin perusteella lajisto oli lievästi muuttunutta, ja tutkimusaloilta löytyi lajistoltaan sekä luonnontilaisia että köyhtyneitä aloja. (Taulukko 1.) IAP-indeksin arvojen jakautuminen tutkimusalueella vaikuttaa olevan melko tasaista, eikä selviä heikomman jäkälälajiston keskittymiä havaittu tutkimuksessa (Kuva 1).



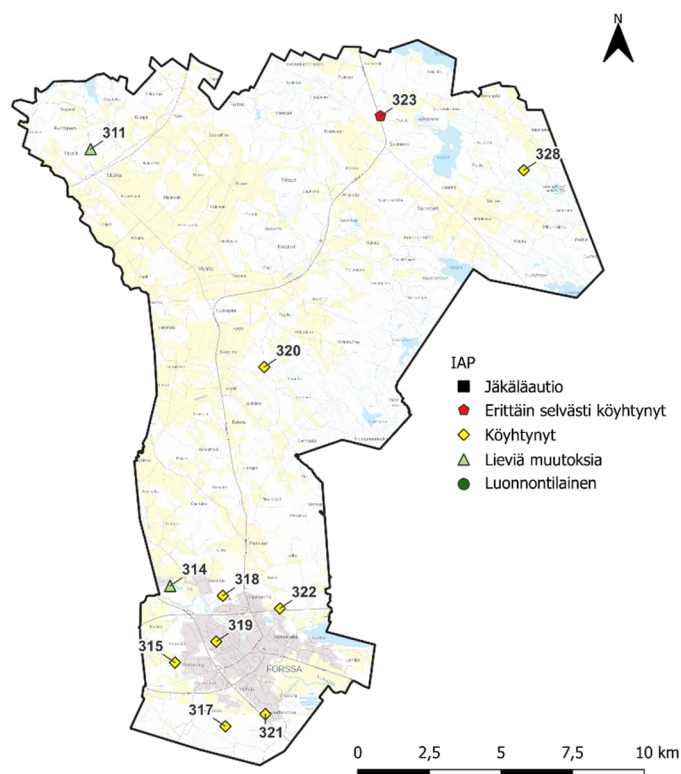
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Asikkalan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarpeen vaurioita, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälän lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Asikkalan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Asikkala, n = 22	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	2,0	4	0,51
lajilukumäärä	6	4	8	1,17
ilmanpuhtausindeksi	2,1	1,5	3,5	0,48
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 2. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Forssan kaupungin alueella

Forssan kaupungin alueella sijaitsi 11 tutkimusalaa, joista 4 sijaitsi taajama-alueilla ja loput 7 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Forssassa keskimäärin 3,3 (vaihteluväli 2,8–4,0; keskihajonta 0,38), mikä sijoittuu selvästi ja pahasti vaurioituneen välimaastoon. Tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu yhdelläkään tutkimusalalla, mutta myöskään kuolleita alueita ei esiintynyt. Vaurioasteen pieni keskihajonta viittaa siihen, että sormipaisukarpeen vaurioituminen oli tutkimusalueella melko tasaista. Jäkälälajien lukumäärä oli Forssassa keskimäärin 4,9 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 3–7 lajia). Lajimäärä jäi selvästi alle luonnontilaisena pidettävän tason, eikä normaalia jäkälälajistoa (8 lajia) tavattu yhdelläkään tutkimusalalla. Tämä viittaa siihen, että Forssan jäkälälajisto on tutkimuksen perusteella köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Forssassa oli 1,8, jonka perusteella jäkälälajisto oli köyhtynyt, mutta tutkimusaloilla esiintyi jonkin verran vaihtelua ilmanpuhtausindeksin arvoissa (Taulukko 1). Jätteenkäsittely-, energiantuotanto- ja teollisuuslaitokset sekä asutus selittänevät jäkälälajiston suurimpia muutoksia (Kuva 1).



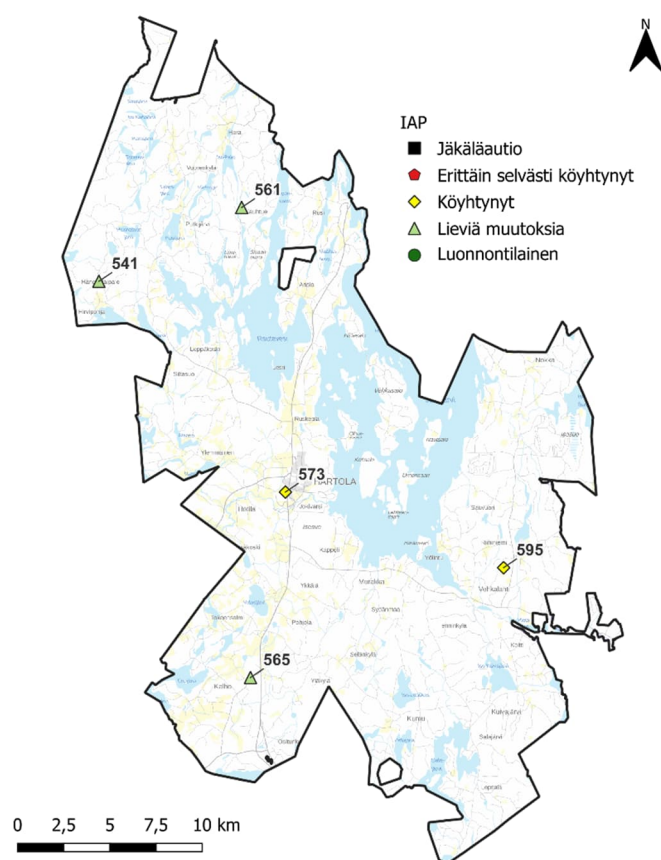
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Forssan kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkäläen lajilukumäärää ja ilmanpuhtaus-indeksiä kuvaavia tunnuslukuja Forssan kaupungin alueella ja koko tutkimusalueella.

Forssa, n = 11	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,3	2,8	4	0,38
lajilukumäärä	4,9	3	7	1,14
ilmanpuhtausindeksi	1,8	1	2,7	0,50
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 3. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hartolan kunnan alueella

Hartolan kunnan alueella sijaitsi 5 tutkimusala, joista yksi oli taajama-ala ja loput 4 tausta-aloja. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Hartolassa keskimäärin 2,5, mikä sijoittuu luokkien lievästi ja selvästi vaurioituneen välimaastoon. Vaurioaste oli keskimäärin hieman pienempi kuin koko tutkimusalueella, ja tutkimusalojen välillä esiintyi jonkin verran vaihtelua. Jäkälälajien lukumäärä oli Hartolassa keskimäärin 5,2 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 4–7 lajia). Lajimäärän perusteella osa tutkimusaloista edusti lähes normaalia jäkälälajistoa, kun taas yksittäisillä aloilla lajisto oli selvästi köyhtyneempää. Kokonaisuutena Hartolan jäkälälajisto oli tutkimuksen perusteella köyhtynyttä. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Hartolassa oli 2,0 (vaihteluväli 1,5–2,47). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli lievästi muuttunutta tai köyhtynyttä. Kaiken kaikkiaan Hartolan tutkimusaloilta löytyi alueita, joissa oli lajistoltaan lieviä muutoksia, että köyhtyneitä aloja. Lajimäärän sekä ilmanpuhtausindeksin perusteella havaitaan, että taajaman sekä itäisen tutkimuspisteen bioindikaattorit ilmensivät heikompaa tilaa. (Kuva 1).



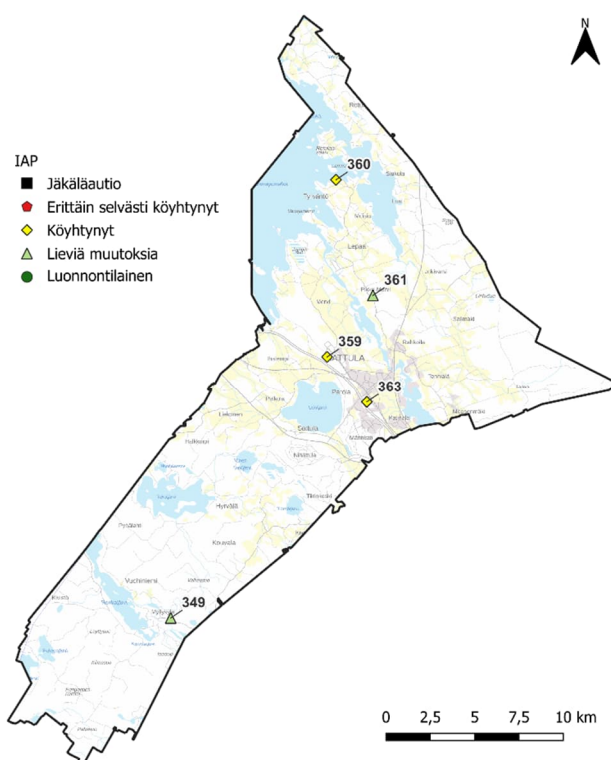
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hartolan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Hartola, n = 5	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,5	2	3,4	0,54
lajilukumäärä	5,2	4	7	1,09
ilmanpuhtausindeksi	2,0	1,5	2,47	0,39
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 4. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hattulan kunnan alueella

Hattulan kunnan alueella sijaitsi 5 tutkimusalaa, joista yksi sijaitsi taajama-alueilla ja loput 4 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Hattulassa keskimäärin 3,0 (vaihteluväli 2,8–3,2), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneen luokkaan. Tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu yhdelläkään tutkimusalalla, mutta ei myöskään pahasti vaurioitunutta tai kuollutta. Vaurioasteen pieni vaihtelu viittaa siihen, että sormipaisukarpeen vaurioituminen oli melko tasaista tutkimusalueella. Jäkälälajien lukumäärä oli Hattulassa keskimäärin 4 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 3–6 lajia; keskihajonta 1,22). Lajimäärä oli kokonaisuutena alhainen, eikä normaalia jäkälälajistoa tavattu tutkimusaloilla. Tulosten perusteella Hattulan jäkälälajisto oli keskimäärin köyhtynyt, vaikka tutkimusalojen välillä esiintyi jonkin verran vaihtelua. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Hattulassa oli 1,7 (vaihteluväli 1,1–2,6). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli köyhtynyt. Tutkimusalojen välillä havaittu vaihtelu osoittaa, että lajiston tila vaihteli paikallisesti lievästi muuttuneesta selvästi köyhtyneeseen (Taulukko 1). Kaiken kaikkiaan Hattulan tutkimusaloilla jäkälälajisto osoitti ilman epäpuhtauksiin viittaavaa heikentymistä, joka ilmeni sekä sormipaisukarpeen selkeänä vaurioitumisena, että alhaisena lajilukumääränä (Kuva 1).



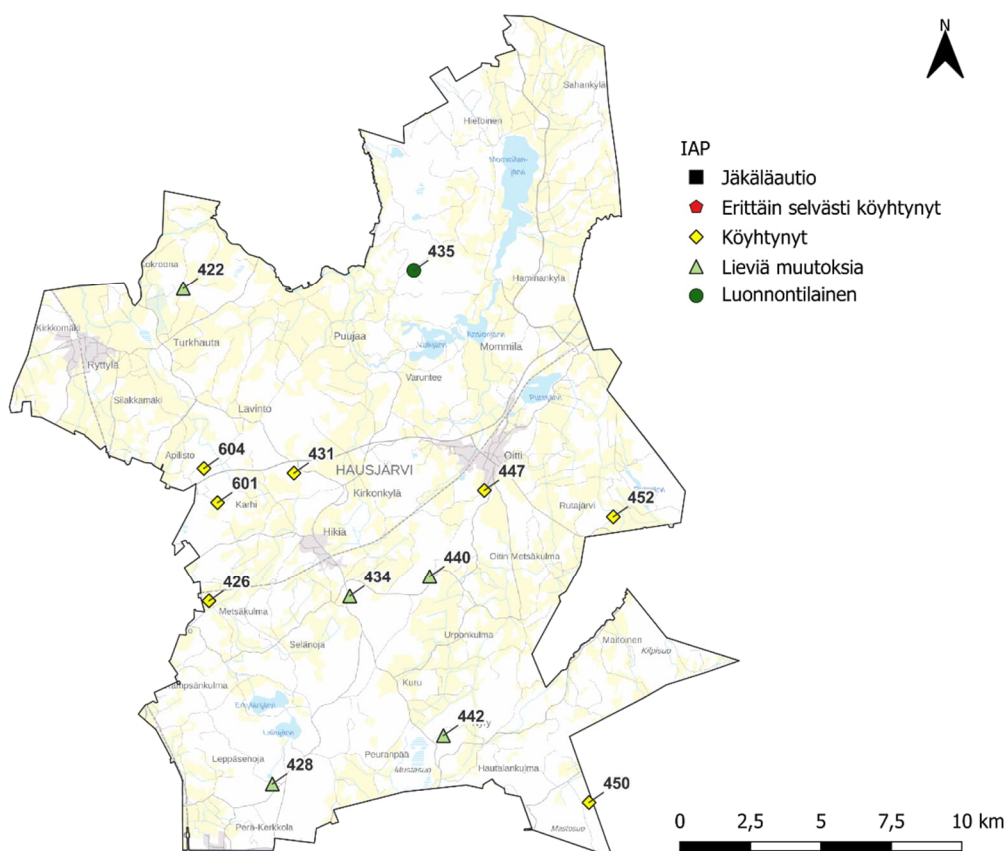
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hattulan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Hattula, n = 5	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	2,8	3,2	0,2
lajilukumäärä	4	3	6	1,22
ilmanpuhtausindeksi	1,7	1,1	2,6	0,62
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 5. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hausjärven kunnan alueella

Hausjärven kunnan alueella sijaitsi 13 tutkimusalaa, joista yksi sijaitsi taajama-alueilla ja loput 12 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Hausjärvellä keskimäärin 3,4 (vaihteluväli 3,0–4,4), mikä sijoittuu selvästi ja pahasti vaurioituneen välimaastoon. Tutkimusalojen välillä esiintyi kohtalaista vaihtelua. Tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu tutkimusaloilla. Jäkälälajien lukumäärä oli Hausjärvellä keskimäärin 4,9 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 3–8 lajia). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena köyhtynyt, vaikka yksittäisillä tutkimusaloilla lajisto oli normaalilla tasolla. Hausjärven alueella esiintyi sekä lajistoltaan köyhtyneitä että luonnontilaisia tutkimusaloja (Kuva 1). Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Hausjärvellä oli 2,0 (vaihteluväli 1,1–3,14). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttanutta-köyhtynyttä. Tutkimusalojen välillä esiintyi kuitenkin selkeää vaihtelua, ja alhaisimmat ilmanpuhtausindeksin arvot viittasivat paikallisesti voimakkaampaan ilman epäpuhtauksien vaikutukseen (Taulukko 1).



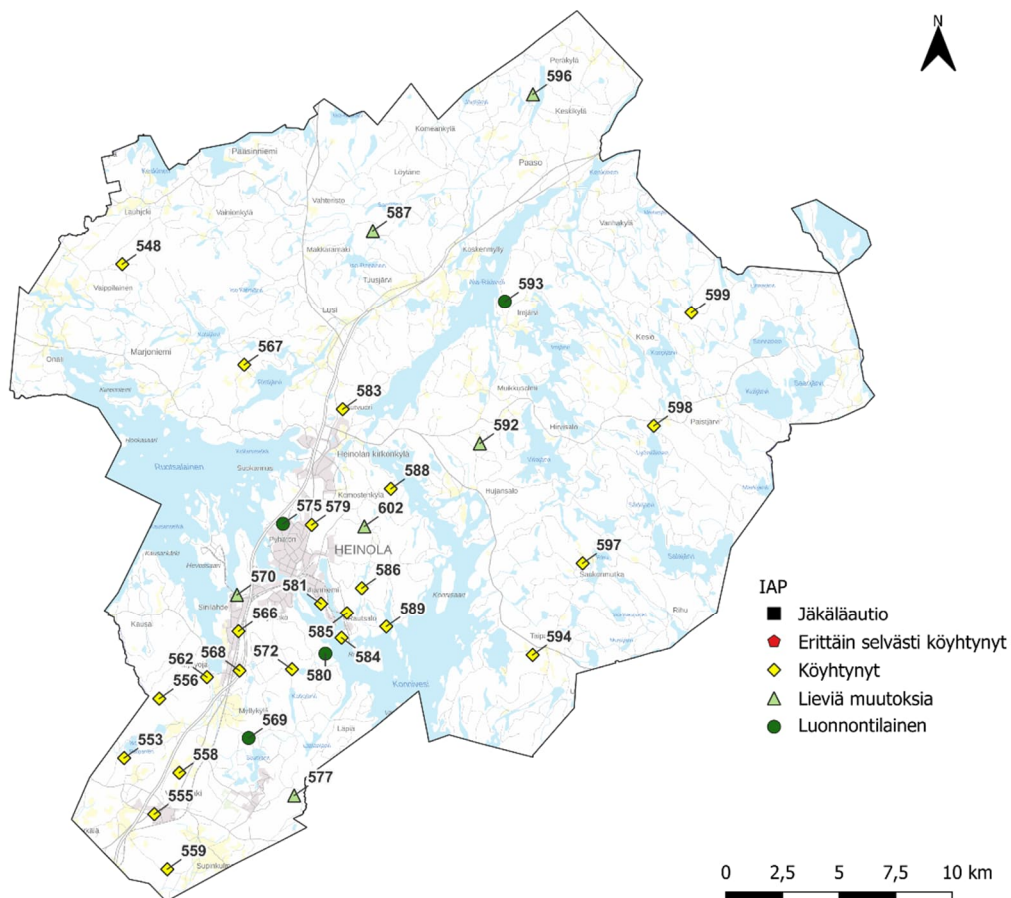
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hausjärven kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Hausjärvi, n = 13	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,4	3	4,4	0,42
lajilukumäärä	4,9	3	8	1,61
ilmanpuhtausindeksi	2,0	1,1	3,14	0,69
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 6. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Heinolan kaupungin alueella

Heinolan kaupungin alueella sijaitsi 33 tutkimusala, joista 8 sijaitsi taajama-alueilla ja loput 25 tausta-alueilla. Taulukossa 1 esitetyt jäkälämuuttujat olivat Heinolassa keskimäärin samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Heinolassa keskimäärin 2,8 (vaihteluväli 2,0–4,6; keskihajonta 0,56), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneeseen luokkaan. Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu yhdelläkään tutkimusosalalla. Tutkimusalojen välillä esiintyi kuitenkin huomattavaa vaihtelua, ja yksittäisillä aloilla vaurioaste oli selvästi muuta aluetta suurempi. Jäkälälajien lukumäärä oli Heinolassa keskimäärin 5,3 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 3–9 lajia; keskihajonta 1,53). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto vaihteli köyhtyneestä paikoin normaaliin lajistoon. Normaalia ja suhteellisen monipuolista lajistoa tavattiin neljällä tutkimusosalalla eri puolilla kuntaa ja selvästi köyhtynyttä kahdella alalla (Kuva 1). Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Heinolassa oli 2,0 (vaihteluväli 1,09–3,9; keskihajonta 0,66). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta tai köyhtynyttä. Indeksien arvot vaihtelivat kuitenkin suuresti tutkimusalojen välillä, mikä osoittaa paikallista vaihtelua ilman epäpuhtauksien vaikutuksessa. Alhaisimmat arvot viittasivat selvästi köyhtyneeseen lajistoon, kun taas korkeimmat arvot vastasivat luonnontilaisempaa jäkälälajistoa (Taulukko 1). Kaiken kaikkiaan Heinolan tutkimusaloilla jäkälälajisto osoitti alueellista vaihtelua, ja jäkälämuuttujat viittasivat tutkimusalaakohtaisesti lievästi muuttuneisiin sekä selvästi heikentyneisiin ympäristöolosuhteisiin (Kuva 1).



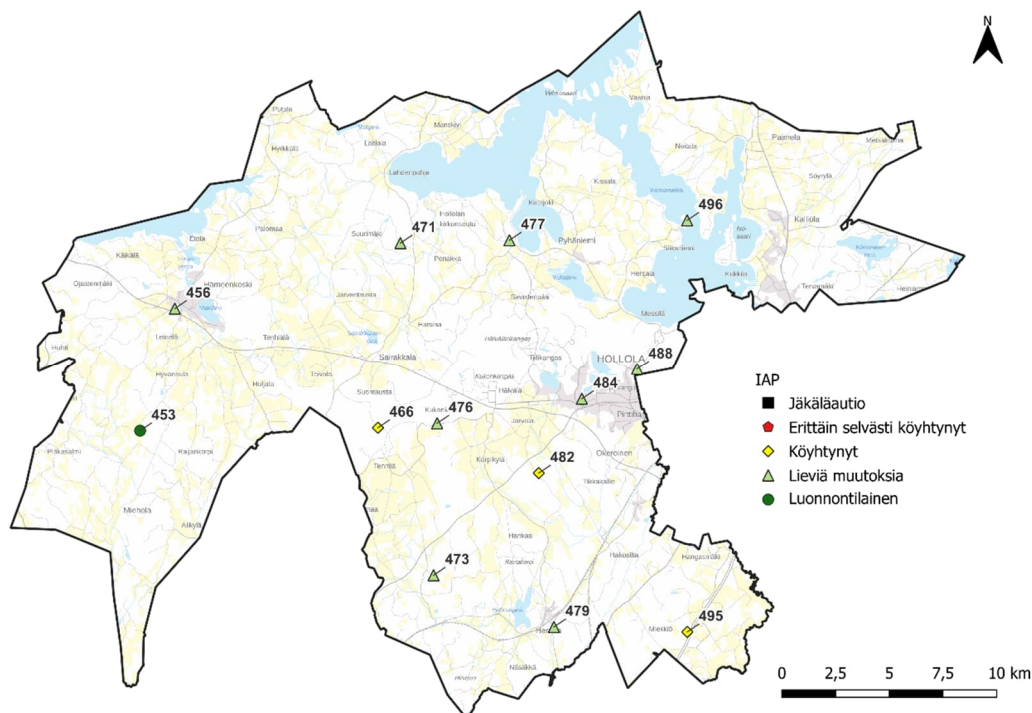
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Heinolan kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Heinola, n = 33	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,8	2	4,6	0,56
lajilukumäärä	5,3	3	9	1,53
ilmanpuhtausindeksi	2,0	1,09	3,9	0,66
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 7. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hollolan kunnan alueella

Hollolan kunnan alueella sijaitsi 13 tutkimusala, joista viisi sijaitsi taajama-alueilla ja loput 8 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Hollolassa keskimäärin 2,5 (vaihteluväli 1,8–3,2), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneeseen luokkaan. Tutkimusalojen välillä esiintyi kohtalaista vaihtelua, ja vaurioaste vaihteli lievistä selvästi vaurioituneeseen. Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu yhdelläkään tutkimusalalla. Jäkälälajien lukumäärä oli Hollolassa keskimäärin 6,6 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 5–9 lajia). Lajimäärä oli keskimäärin korkeampi kuin useimmissa muissa tutkituissa kunnissa, ja yksittäisillä tutkimusaloilla lajisto vastasi normaalia jäkälälajistoa. Normaalilaajistoa havaittiin neljällä tutkimusalalla. Kokonaisuutena Hollolan jäkälälajisto oli kuitenkin vaihtelevasti lievästi köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Hollolassa oli 2,5 (vaihteluväli 1,55–3,2; keskihajonta 0,46), mikä oli samalla tasolla kuin koko tutkimusalueella keskimäärin. Indeksien perusteella jäkälälajisto vaihteli köyhtyneestä luonnontilaiseen. Tutkimusalojen välillä esiintyi selkeää vaihtelua, mikä viittaa paikallisiin eroihin ilman epäpuhtauksien vaikutuksessa (Taulukko 1). Kaiken kaikkiaan Hollolan tutkimusaloilla jäkälälajisto oli keskimäärin monipuolisempi kuin useilla muilla alueilla, mutta paikoin havaittiin myös merkkejä ilman epäpuhtauksiin liittyvästä lajiston heikentymisestä (Kuva 1).



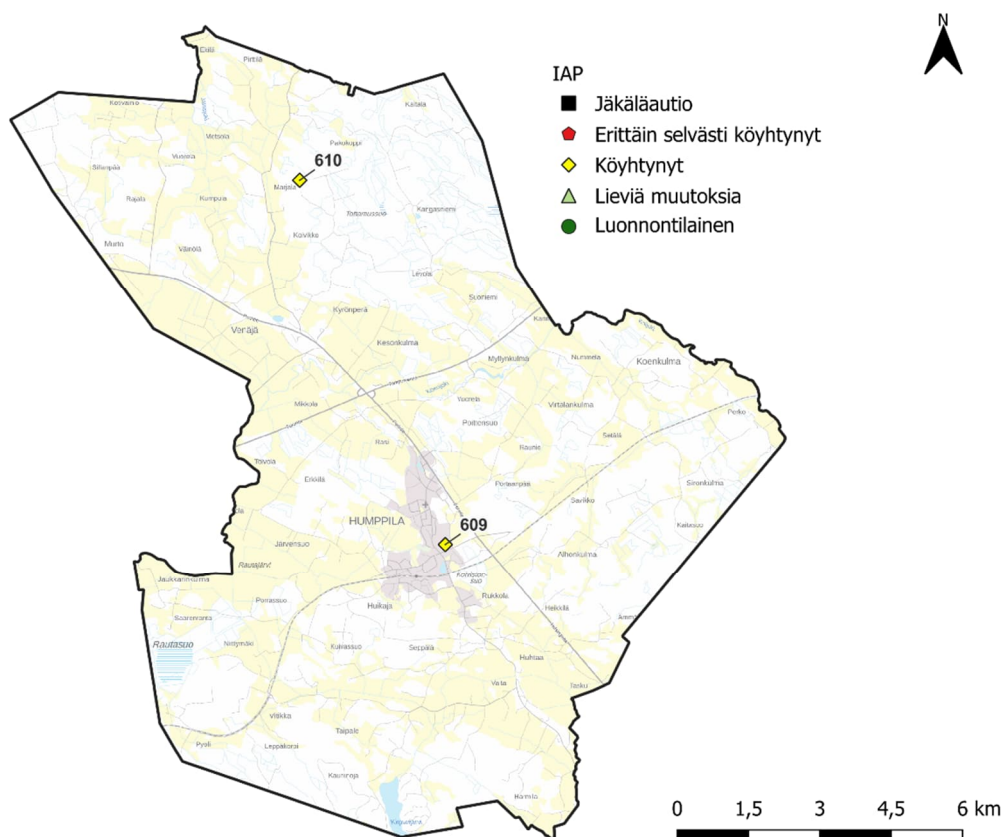
Taulukko 1. Sormipaisukarvetta, ilman Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hollolan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

epäpuhtauksista kärsivien jäkäläien lajilukumäärää ja ilmanpuhtausindeksiä kuvaavia tunnuslukuja Hollolan kunnan alueella ja koko tutkimusalueella.

Hollola, n = 13	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,5	1,8	3,2	0,49
lajilukumäärä	6,6	5	9	1,39
ilmanpuhtausindeksi	2,4	1,55	3,2	0,46
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 8. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Humppilan kunnan alueella

Humppilan kunnan alueella sijaitsi kaksi tutkimusalaa, joista toinen sijaitsi taajama-alueilla ja toinen tausta-alueella. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Humppilassa keskimäärin 3,1, mikä sijoittuu selvästi vaurioituneeseen luokkaan. Jäkälälajien lukumäärä oli Humppilassa keskimäärin 5 lajia tutkimusalaa kohden. Lajimäärä viittaa köyhtyneeseen jäkälälajistoon, joka voi olla yhteydessä ilman epäpuhtauksiin liittyviin vaikutuksiin, mutta lajimäärään voivat vaikuttaa myös muut ympäristötekijät. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Humppilassa oli 1,8. Indeksien perusteella jäkälälajisto oli köyhtynyt.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Humppilan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

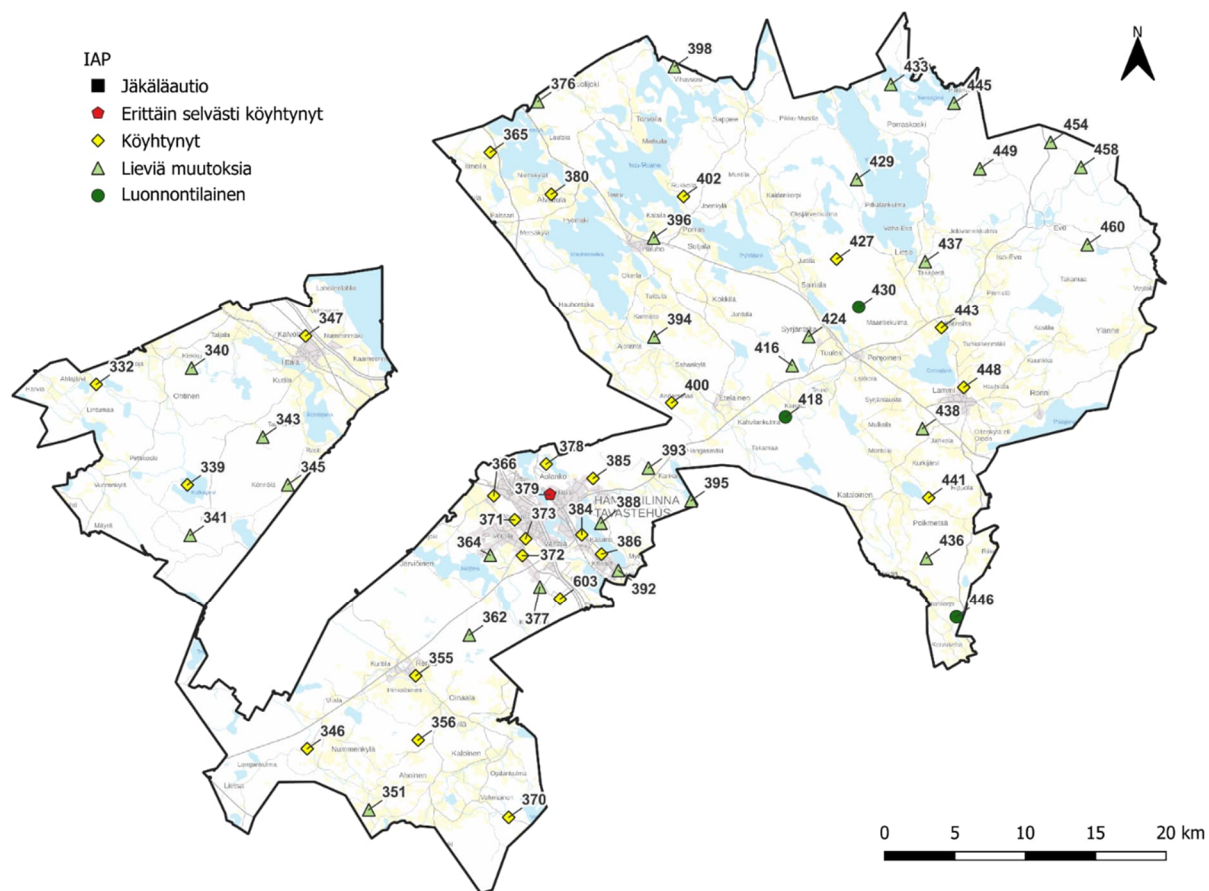
Humppila, n = 2	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,1	3	3,2	0,14
lajilukumäärä	5	4	6	1,41
ilmanpuhtausindeksi	1,8	1,6	2,0	0,26
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 9. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Hämeenlinnan kaupungin alueella

Hämeenlinnan kaupungin alueella sijaitsi 56 tutkimusalaa, joista 14 sijaitsi taajama-alueilla ja loput 42 tausta-alueilla. Kaikki tässä tarkastellut jäkälämuuttajat olivat keskimäärin samaa tasoa kuin koko tutkimusalueen. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Hämeenlinnassa keskimäärin 2,9 (vaihteluväli 2,0–4,2; keskihajonta 0,46), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneen luokkaan. Tutkimusalojen välillä esiintyi kohtalaista vaihtelua, ja yksittäisillä aloilla vaurioaste oli selvästi muuta aluetta korkeampi. Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu tutkimusaloilla. Jäkälälajien lukumäärä oli Hämeenlinnassa keskimäärin 5,4 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 2–8 lajia; keskihajonta 1,54). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena köyhtynyt, vaikka osa tutkimusaloista edusti normaalia lajistoa. Tutkimusalojen välillä esiintyi huomattavaa vaihtelua jäkälälajistossa. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Hämeenlinnassa oli 2,1 (vaihteluväli 0,98–3,9; keskihajonta 0,63). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta. Kolmella alalla IAP:n arvo kuvasti luonnontilaista. Tutkimusalojen välinen vaihtelu osoittaa, että paikalliset olosuhteet vaikuttavat lajiston tilaan, mutta kokonaisuutena muutokset olivat kohtalaisia (Taulukko 1). Hämeenlinnan keskustan läheisyydessä sijaitsee energiantuotanto- ja metalliteollisuuslaitoksia, joista syntyvät suurehkot typpi- ja hiukkaspäästöt selittänevät jäkälämuuttajien heikompien arvojen painottumista taajamaan. (Kuva 1 ja Taulukko 1).

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

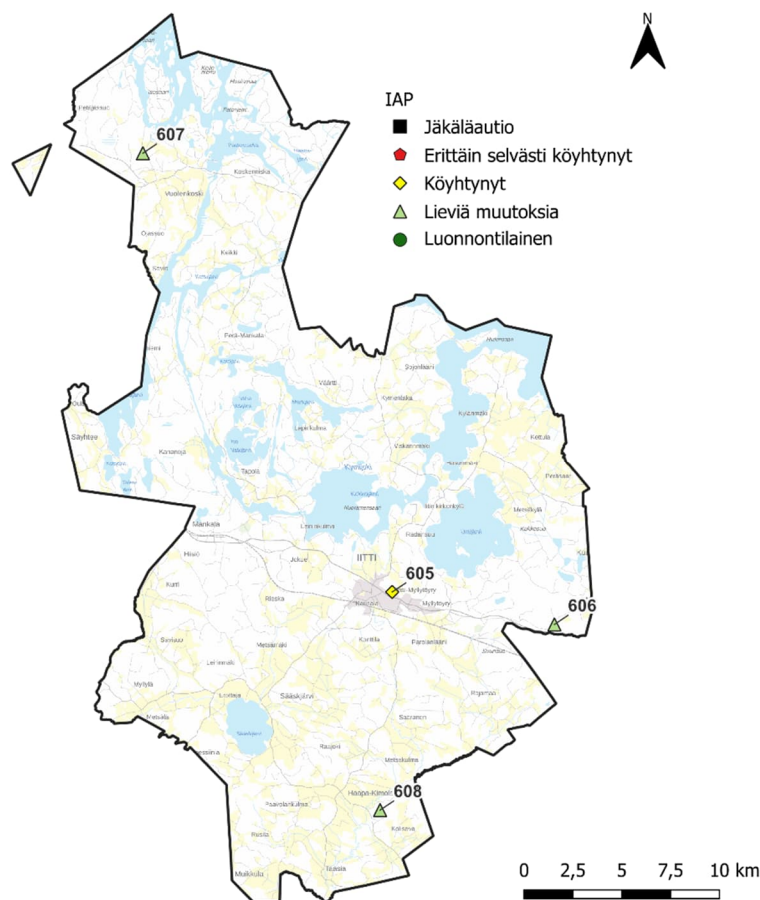
Hämeenlinna, n = 56	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	2	4,2	0,46
lajilukumäärä	5,4	2	8	1,54
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,98	3,9	0,63
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Hämeenlinnan kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Liite 10. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta litin kunnan alueella

litin kunnan alueella sijaitsi neljä tutkimusala, joista yksi sijaitsi taajama-alueilla ja loput kolme tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli litissä keskimäärin 3,4, joka kuvaa selvästi vaurioitunutta. Tutkimusalojen välillä esiintyi kohtalaista vaihtelua, ja vaurioaste oli selvästi koholla joillakin aloilla. Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu. Jäkälälajien lukumäärä oli litissä keskimäärin 5,5 lajia tutkimusala kohden. Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena lievästi köyhtynyt, vaikka yksittäisillä aloilla lajisto oli lähempänä normaalia tasoa. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo litissä oli 2,2 ja indeksin perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta. Tulokset ovat yhdenmukaisia lievien ilman epäpuhtauksiin liittyvien vaikutusten kanssa.



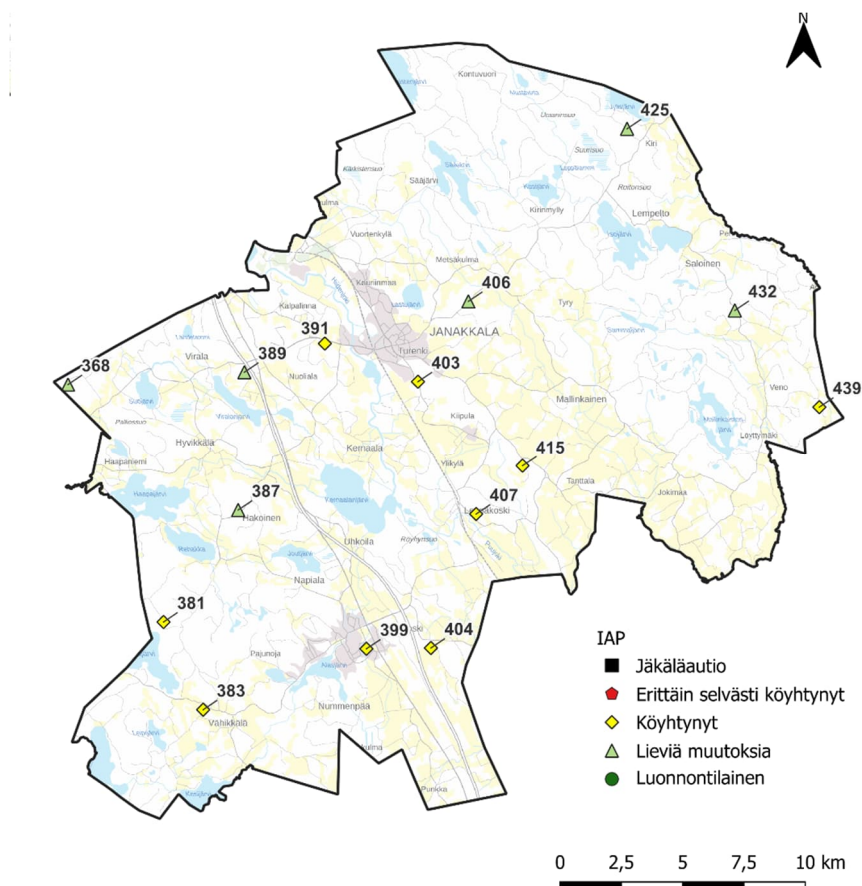
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot litin kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

litti, n = 4	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,4	3	4,2	0,57
lajilukumäärä	5,5	4	7	1,29
ilmanpuhtausindeksi	2,2	1,4	2,95	0,62
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 11. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Janakkalan kunnan alueella

Janakkalan kunnan alueella sijaitsi 15 tutkimusala, joista 2 sijaitsi taajama-alueilla ja loput 13 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Janakkalassa keskimäärin selvä (3,2). Täysin tervettä sormipaisukarvetta ei havaittu, mutta ei myöskään pahasti vaurioituneita. Jäkälälajien lukumäärä oli Janakkalassa keskimäärin 5,7 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 3–8 lajia). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena lievästi köyhtynyt, vaikka yksittäisellä alalla lajisto oli normaalilla tasolla. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Janakkalassa oli 2,0 (vaihteluväli 1,4–2,9). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin köyhtynyt. Lajimäärän ja ilmanpuhtausindeksin perusteella tulokset ovat yhdenmukaisia ilman epäpuhtauksiin liittyvien vaikutusten kanssa.



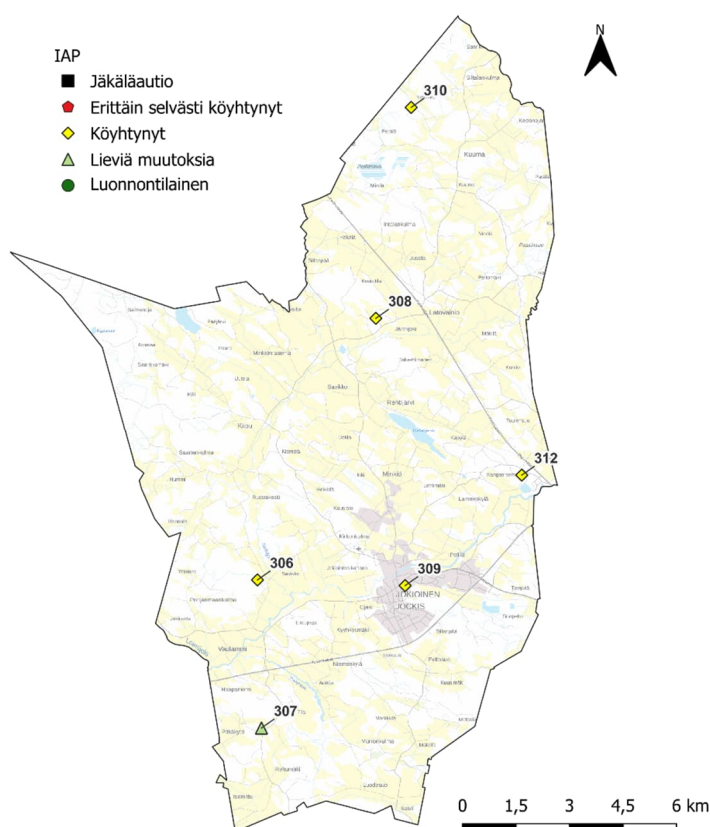
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Janakkalan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Janakkala, n = 15	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,2	2,8	3,6	0,23
lajilukumäärä	5,7	3	8	1,18
ilmanpuhtausindeksi	2,0	1,4	2,9	0,42
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 12. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Jokioisten kunnan alueella

Jokioisten kunnan alueella sijaitsi 6 tutkimusala, joista yksi sijaitsi taajamassa ja loput 5 tausta-alueilla. Sormipaisukarve oli keskimäärin selvästi vaurioitunutta (3,1). Jäkälälajien lukumäärä oli Jokioisissa keskimäärin 4,5 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 4–6 lajia). Ilman epäpuhtauksista kärsiviä lajeja esiintyi keskimäärin vähemmän kuin koko tutkimusalueella. Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena köyhtynyt, eikä normaalia lajistoa havaittu yhdelläkään tutkimusalalla. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Jokioisissa oli 1,6 (vaihteluväli 1,2–2,5). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli yhdellä alueella lievästi muuttunut ja muilla köyhtynyt, ja tutkimusalojen välinen vaihtelu oli maltillista. Tulokset viittaavat siihen, että ilman epäpuhtaudet ovat todennäköinen jäkälälajiston tilaa heikentävä tekijä (Taulukko 1 ja Kuva 1).



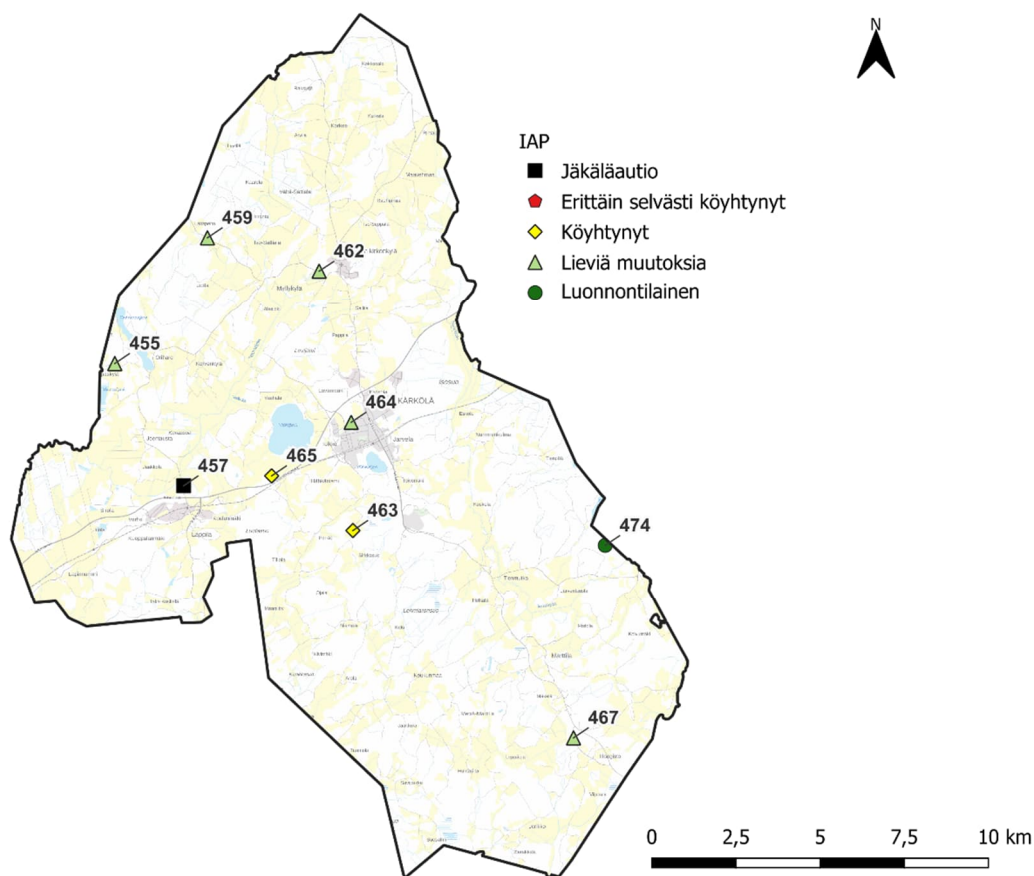
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Jokioisten kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Jokioinen, n = 6	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,1	2,8	3,6	0,30
lajilukumäärä	4,5	4	6	0,84
ilmanpuhtausindeksi	1,6	1,2	2,5	0,46
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 13. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Kärkölän kunnan alueella

Kärkölän kunnan alueella sijaitsi 9 tutkimusala, joista kolme sijaitsi taajamassa ja loput kuusi tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Kärkölässä keskimäärin 3,0 (vaihteluväli 2,0–5,0), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneen luokkaan. Tutkimusalojen välillä esiintyi huomattavaa vaihtelua, ja yksittäisillä aloilla vaurioaste vaihteli lievästä vauriosta kuolleeseen. Jäkälälajien lukumäärä oli Kärkölässä keskimäärin 5,7 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 1–7 lajia). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena lievästi köyhtynyt, mutta yksittäisillä aloilla lajisto vaihteli normaalia lajistoa edustavasta erittäin selvästi köyhtyneeseen. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Kärkölässä oli 2,2 (vaihteluväli 0,20–3,1). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunut, vaikka yksittäisellä alalla indeksin arvo oli erittäin matala ja se oli jäkäläautio. Tulokset viittaavat siihen, että ilman epäpuhtauksiin liittyvät vaikutukset eivät ole alueellisesti yhtenäisiä, vaan painottuvat yksittäisille tutkimusaloille.



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Kärkölän kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

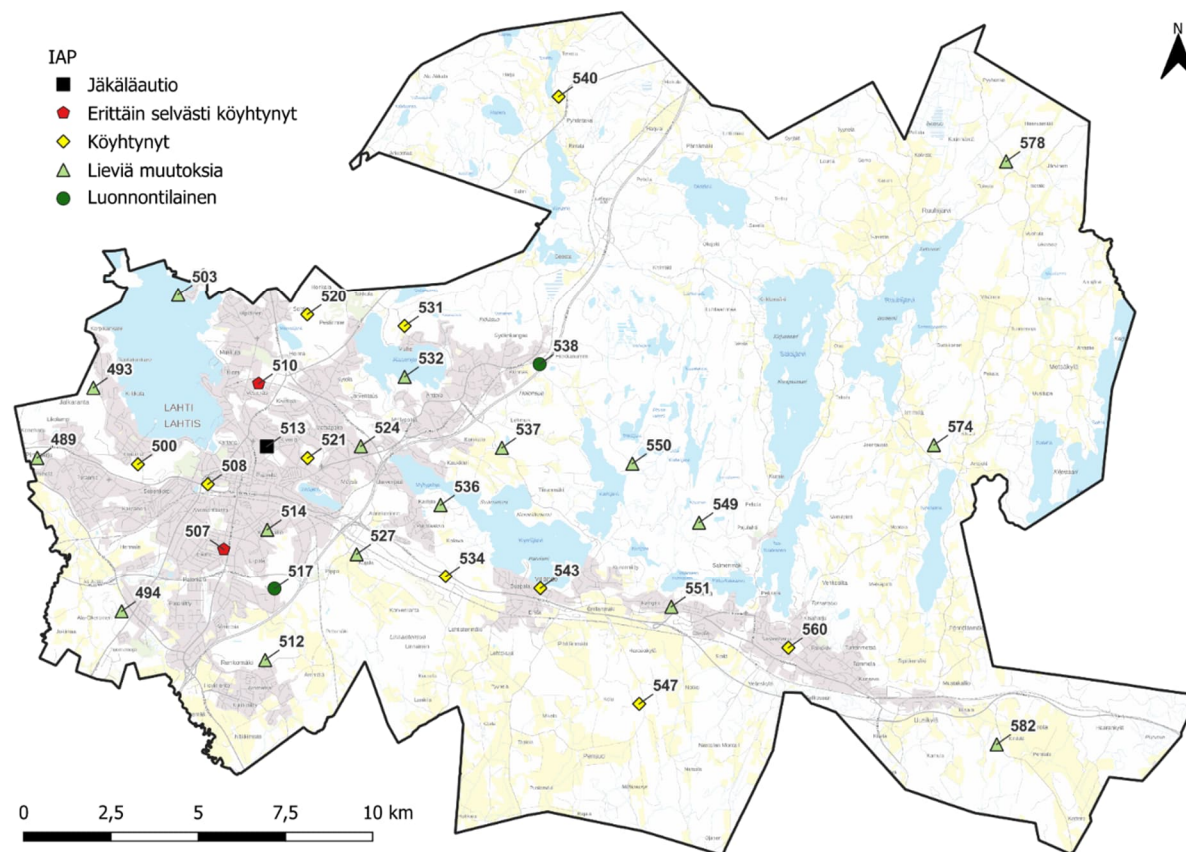
Kärkölä, n = 9	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	2	5	0,94
lajilukumäärä	5,7	1	7	2,06
ilmanpuhtausindeksi	2,2	0,20	3,1	0,87
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 14. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lahden kaupungin alueella

Lahden kaupungin alueella sijaitsi 32 tutkimusalaa, joista 19 sijaitsi taajamassa ja loput 13 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli Lahdessa keskimäärin 2,7 (vaihteluväli 1,8–4,6; keskihajonta 0,60), mikä sijoittuu selvästi vaurioituneen luokkaan ja on samaa luokkaa, kun koko tutkimuksen keskiarvo. Tutkimusalojen välillä esiintyi huomattavaa vaihtelua, ja yksittäisillä aloilla vaurioaste vaihteli lievästä vauriosta pahaan vaurioon. Jäkälälajien lukumäärä oli Lahdessa keskimäärin 5,5 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 1–8 lajia; keskihajonta 1,92). Lajimäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena köyhtynyttä, ja yksittäisillä taajama-aloilla lajisto oli selvästi köyhtynyttä, kun taas kauempana taajamista lajisto lähestyi lievästi köyhtynyttä tasoa. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Lahdessa oli 2,1 (vaihteluväli 0,49–3,4; keskihajonta 0,72). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta. Lähellä keskusta aluetta havaittiin usealla alalla IAP arvon olevan erittäin selvästi köyhtynyt tai jäkäläautio. Luonnontilaista jäkälälajistoa tavattiin kahdella tutkimusalalla. Muutoin lajisto oli taajama-aloilla pääosin köyhtynyttä, ja kauempana taajamista lievästi köyhtynyttä.

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

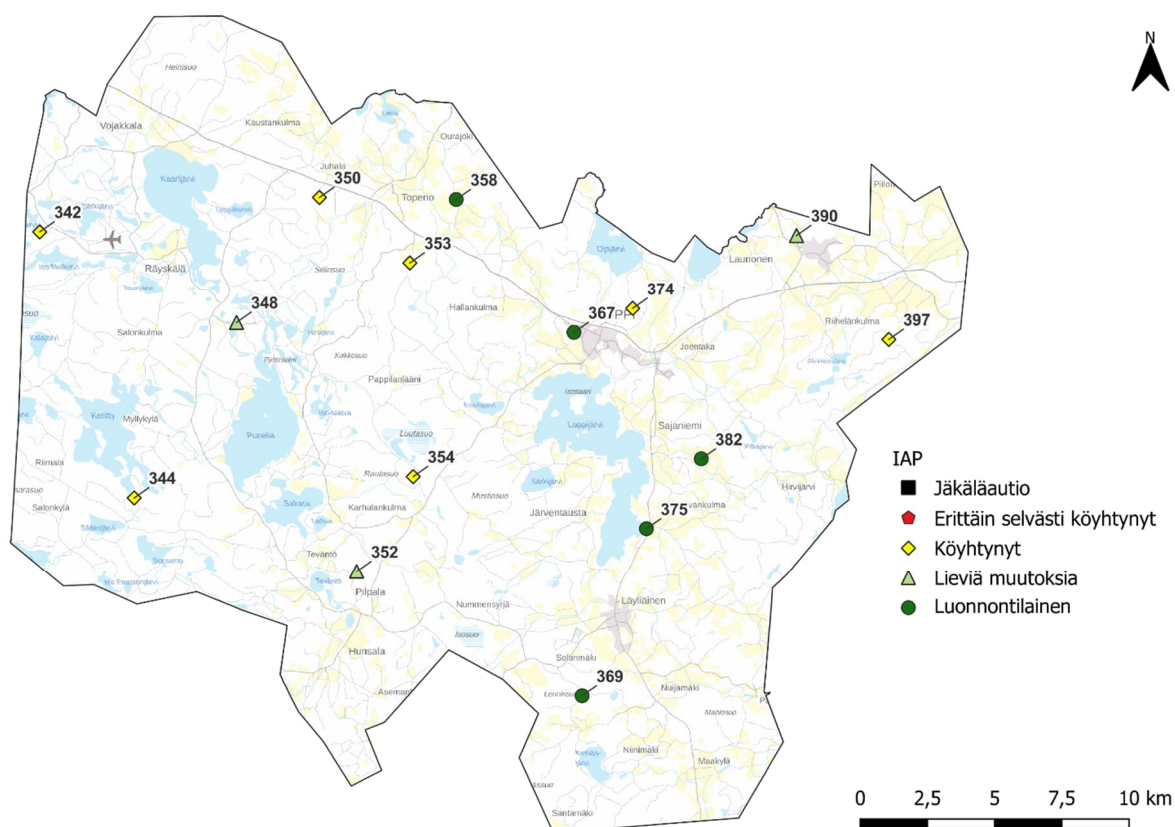
Lahti, n = 32	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,7	1,8	4,6	0,60
lajilukumäärä	5,5	1	8	1,92
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,49	3,4	0,72
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Lahden kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

Liite 15. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Lopen kunnan alueella

Lopen kunnan alueella sijaitsi 15 tutkimusala, joista kaksi sijaitsi taajamassa ja loput 13 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 3,0 (vaihteluväli 2,8–3,4), mikä vastaa selvää vauriota. Vaurioasteen vaihtelu tutkimusalojen välillä oli melko vähäistä. Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 5,9 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 3–8). Lajilukumäärän perusteella jäkälälajisto oli kokonaisuutena lievästi köyhtynyt. Yksittäisillä tutkimusaloilla lajisto vaihteli köyhtyneestä lähes normaaliin. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo Lopella oli 2,4 (vaihteluväli 1,3–4,1). Indeksien perusteella jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta, mutta noin puolella tutkimusaloista lajisto luokitui luonnontilaiseksi. Luonnontilaiset alat sijoittuivat pääasiassa kunnan itäosiin (Kuva 1).



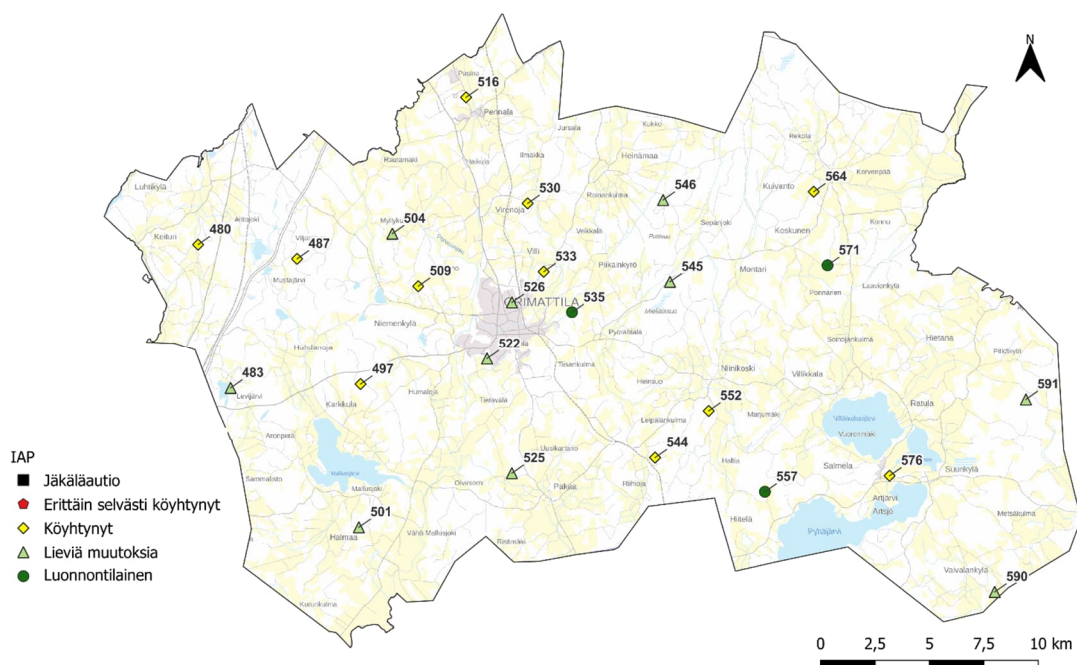
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Lopen kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Loppi, n = 15	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,0	2,8	3,4	0,18
lajilukumäärä	5,9	3	8	1,36
ilmanpuhtausindeksi	2,4	1,3	4,1	0,80
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 16. Ilmanlaadun bioindikaattorisuranta Orimattilan kaupungin alueella

Orimattilan kaupungin alueella sijaitsi 24 alaa, joista neljä oli taajama-alueella ja loput 20 tausta-alueilla. Muuttujien arvot olivat keskimäärin samaa tasoa, kun koko tutkimusalueen. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 2,7 (vaihteluväli 2,0–3,8; keskihajonta 0,53), mikä vastaa pääosin selvää vauriota. Vaurioaste vaihteli tutkimusalojen välillä lievästi vaurioituneesta selvästi vaurioituneeseen, mikä viittaa paikallisiin eroihin ilman epäpuhtauksien kuormituksessa. Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 5,6 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 3–9; keskihajonta 1,59). Lajilukumäärän perusteella Orimattilan jäkälälajisto oli kokonaisuutena lievästi köyhtynyttä. Yksittäisillä tutkimusaloilla lajisto vaihteli selvästi köyhtyneestä normaaliin. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 2,2 (vaihteluväli 1,2–3,7; keskihajonta 0,69). Indeksien perusteella lajisto oli keskimäärin lievästi muuttunutta. Luonnontilaisimmat ja lievimmän muuttuneet alat painottuivat Orimattilan taajaman itäpuolelle, kun taas selkeämmin muuttunutta lajistoa havaittiin pääasiassa taajaman länsipuolella (Taulukko 1 ja Kuva 1).



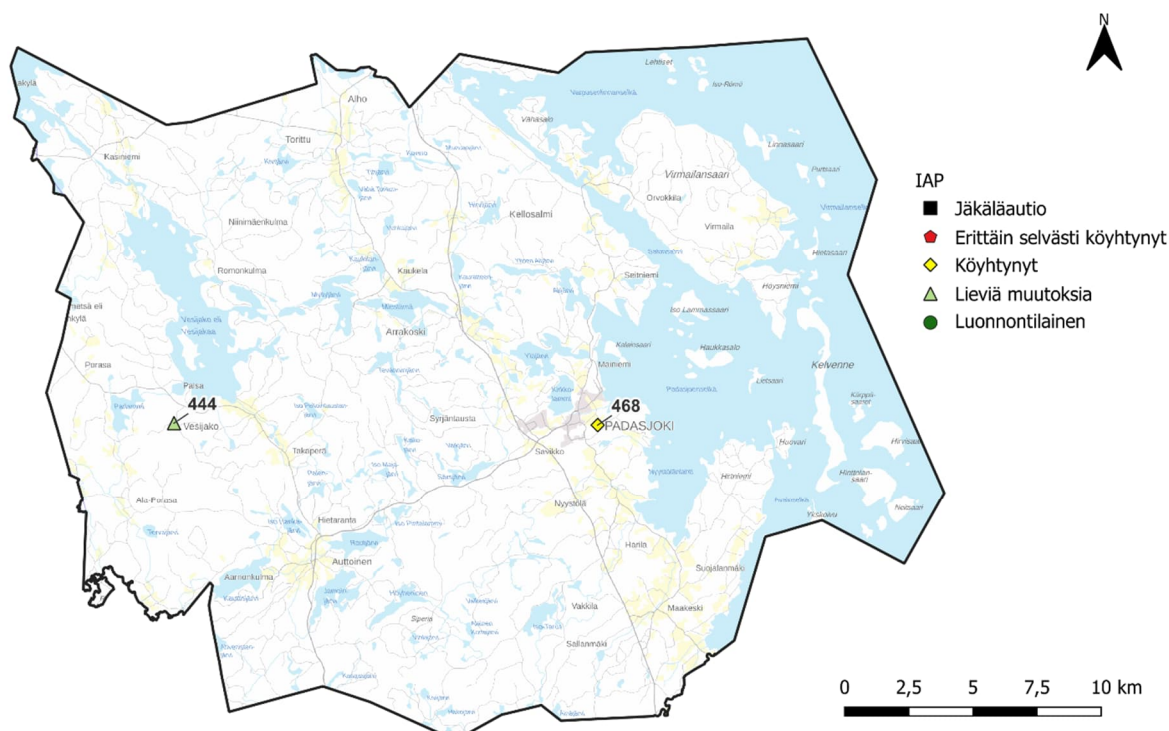
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Orimattilan kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Orimattila, n = 24	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,7	2	3,8	0,53
lajilukumäärä	5,6	3	9	1,59
ilmanpuhtausindeksi	2,2	1,2	3,7	0,69
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 17. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Padasjoen kunnan alueella

Padasjoen kunnan alueella sijaitsi kaksi tutkimusalaa, joista toinen sijaitsi taajamassa ja toinen tausta-alueella. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 2,5 mikä vastaa pääosin lievää-selvää vauriota. Tutkimusaloilla ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärät olivat 5 ja 6 ja lajisto oli köyhtynyt tai lievästi köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 2,1, joka viittaa lieviin muutoksiin lajistossa. Taajamassa oleva havaintoala oli köyhtynyt ja tausta-alueella havaittiin lieviä muutoksia (Taulukko 1 ja kuva 1).



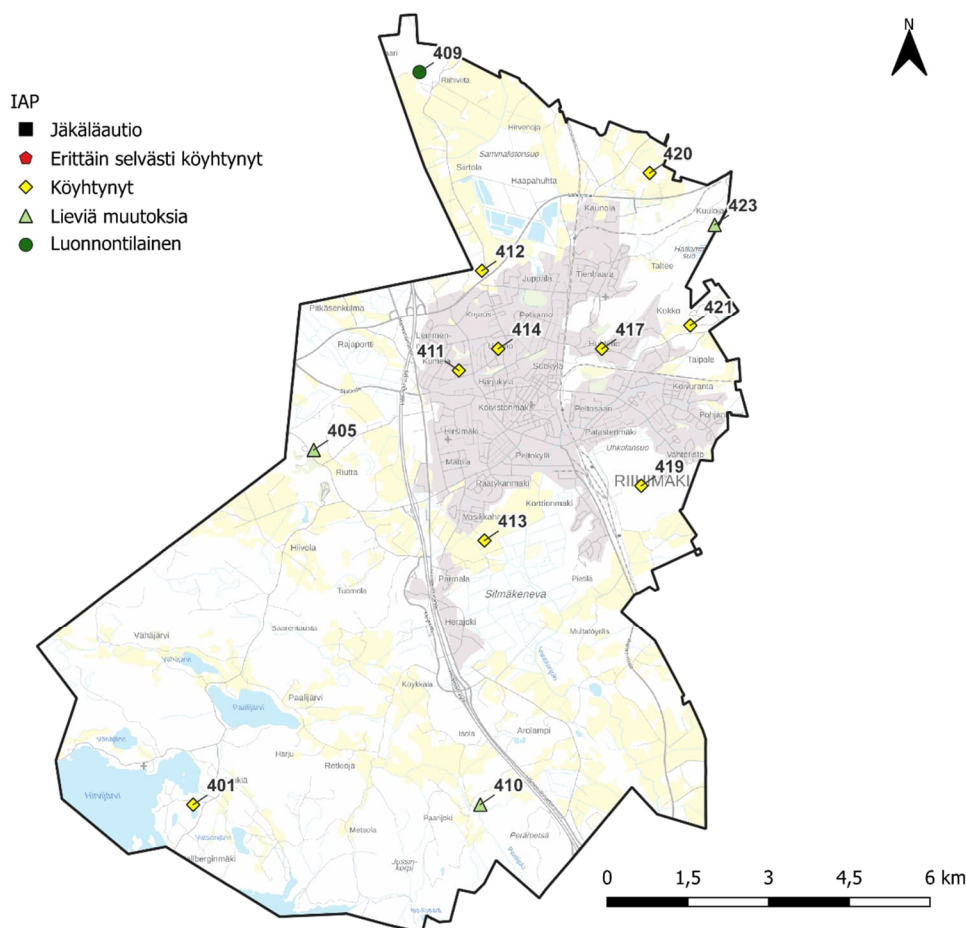
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Padasjoen kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Padasjoki, n = 2	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,5	2	3	0,71
lajilukumäärä	5,5	5	6	0,71
ilmanpuhtausindeksi	2,1	1,8	2,4	0,43
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 18. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Riihimäen kaupungin alueella

Riihimäen kaupungissa sijaitsi 13 tutkimusalaa, joista 7 sijaitsi taajama-alueella ja loput 6 tausta-alueella. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 3,3 (vaihteluväli 3,0–3,8), mikä vastaa selvästi vaurioitunutta tilaa. Vaurioituneisuus vaihteli selvän ja pahan vaurion välillä. Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 5 lajia tutkimusalaa kohden (vaihteluväli 3–8). Lajilukumäärän perusteella Riihimäen jäkälälajisto oli keskimäärin köyhtynyttä (Taulukko 1). Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 1,9 (vaihteluväli 1,3–3,3), ja indeksin perusteella lajisto oli keskimäärin köyhtynyttä. Kunnan alueella oli yksi luonnontilainen ala pohjoisosassa. Keskustan läheisyydessä alat olivat keskimäärin köyhtyneitä (Kuva1).



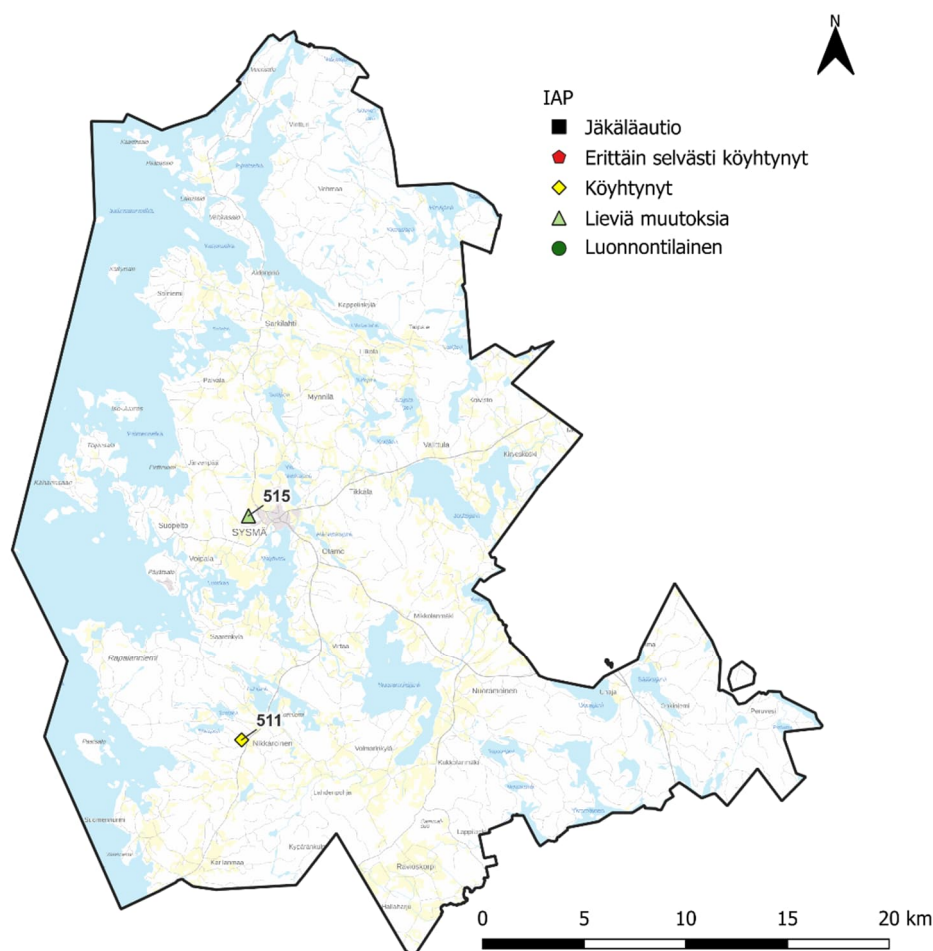
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Riihimäen kaupungin alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Riihimäki n = 13	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,3	3	3,8	0,31
lajilukumäärä	5	3	8	1,47
ilmanpuhtausindeksi	1,9	1,3	3,3	0,68
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 19. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Sysmän kunnan alueella

Sysmän kunnan alueelta tutkittiin kaksi tutkimusalaa, joista toinen sijaitsi Sysmän taajamassa ja toinen tausta-alueella Nikkaroisten kylässä. Sormipaisukarpeen vaurioasteet vastasivat selvää vauriota (ka. 3,1). Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 7 lajia tutkimusalaa kohden ja lajilukumäärän perusteella Sysmän jäkälälajisto oli lievästi köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 1,95 ja indeksin perusteella lajisto oli köyhtynyt. Tutkimusaloista lähellä keskustaa olevalla havaittiin lieviä muutoksia ja tausta-alalla tila oli köyhtynyt (Taulukko 1 ja kuva 1).



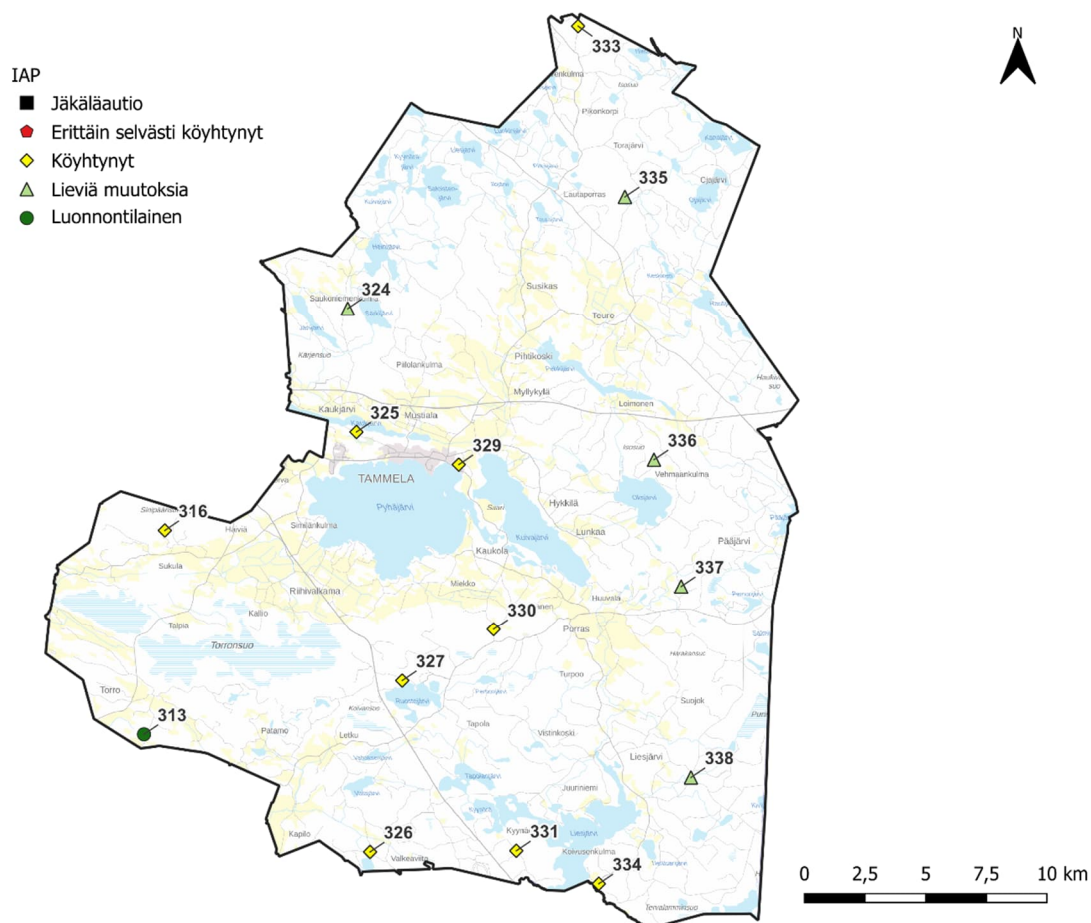
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Sysmän kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Sysmä, n = 2	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,1	3	3,2	0,14
lajilukumäärä	7	6	8	1,41
ilmanpuhtausindeksi	1,95	1,5	2,4	0,59
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 20. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Tammelan kunnan alueella

Tammelan kunnan alueella sijaitsi 15 tutkimusala, joista 2 sijaitsi taajamassa ja loput 13 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 3,2 (vaihteluväli 3,0–5,0), mikä vastaa selvää vauriota. Vaurioaste vaihteli alueilla selvästi kuolleeseen. Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 4,9 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 3–8), ja lajilukumäärän perusteella Tammelan jäkälälajisto oli keskimäärin köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 2,0 (vaihteluväli 1,1–3,2), ja indeksin perusteella lajisto oli köyhtynyt. Indeksien arvot vaihtelivat tutkimusaloilla luonnontilaisesta köyhtyneeseen. Normaalialue lajistoa esiintyi yhdellä tutkimusalalla kunnan länsiosassa (Taulukko 1 ja Kuva 1).



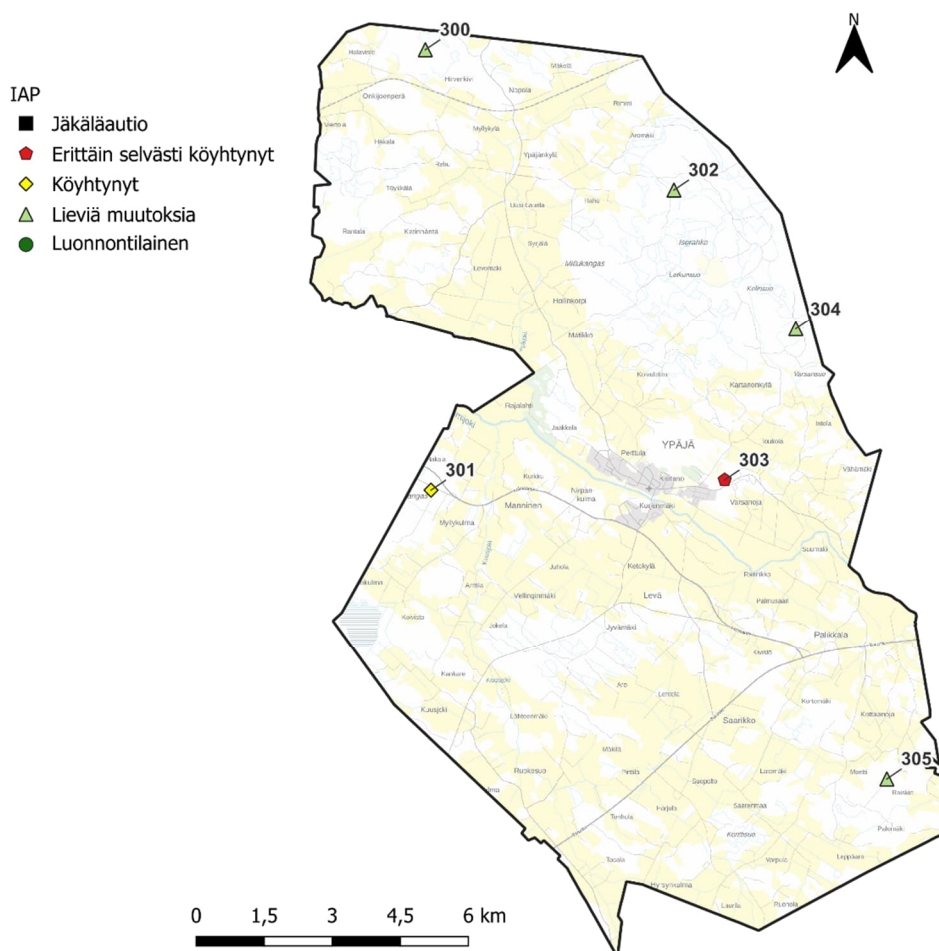
Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Tammelan kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Tammela, n = 15	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,2	3	5	0,55
lajilukumäärä	4,9	3	8	1,58
ilmanpuhtausindeksi	2,0	1,1	3,2	0,60
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 21. Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Ypäjän kunnan alueella

Ypäjän kunnan alueella sijaitsi 6 tutkimusala, joista yksi sijaitsi taajamassa ja loput 5 tausta-alueilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli keskimäärin 3,2, joka vastaa selvää vauriota. Ilman epäpuhtauksille herkkien jäkälälajien lukumäärä oli keskimäärin 5,5 lajia tutkimusala kohden (vaihteluväli 2–8) ja lajilukumäärän perusteella Ypäjän jäkälälajisto oli keskimäärin lievästi köyhtynyt. Ilmanpuhtausindeksin keskiarvo oli 2,1 ja indeksin perusteella lajisto oli lievästi muuttunut. Alhaisimmat indeksiarvot sijoittuivat Ypäjän taajamaan, missä ilmanlaatu oli IAP-indeksin perusteella heikointa (Taulukko 1 ja Kuva 1).



Kuva 1. Keskimääräiset ilmanpuhtausindeksin arvot Ypäjän kunnan alueella. Tutkimusalojen numerot ovat symboleiden vieressä.

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

Ypäjä n = 6	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	3,2	2,8	3,8	0,37
lajilukumäärä	5,5	2	8	2,07
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,98	2,68	0,63
Koko alue, n = 303	keskiarvo	pienin	suurin	keskihajonta
sormipaisukarpeen vaurioaste	2,9	1,8	5	0,5
lajilukumäärä	5,8	1	9	1,4
ilmanpuhtausindeksi	2,1	0,2	4,1	0,63

Liite 22. Rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten toimijakohtaiset päästömäärät kunnittain vuonna 2024.

Kunta	Yritys	Hiukkaset (t/vuosi)	Typen oksidit (t/vuosi)	Rikin oksidit (t/vuosi)
Asikkala	JELD-WEN Suomi Oy, Vääksyn tehdas	4,74	11,2	
	Lahti Energia Oy, Tunnelisuun lämpökeskus	0,008	0,38	0,0006
	Yhteensä vuonna 2024	4,75	11,6	0,0006
Forssa	Fingrid Oyj, Forssan varavoimalaitos	0,009	13,01	0,053
	HKFoods Finland Oy, Forssan tuotantolaitokset		1,45	
	Nevel Oy, Forssan voimalaitos	0,21	71,8	0,22
	Nevel Oy, Forssan alueen lämpölaitokset	0,78	5,1	5,43
	Saint-Gobain Finland Oy, Isover Forssan lasivillatehdas	23,3	36,8	
	Uusioaines Oy, Lasinpuhdistuslaitos & Vaahtolasitehdas	0,1	5,3	0,029
	Yhteensä vuonna 2024	24,4	133	5,73
Hartola	Lempeä Lämpö Oy, Hartolan kuningaslämpö Oy	3,2	5	1,25
	Yhteensä vuonna 2024	3,2	5	1,25
Hausjärvi	Adven Oy, Oitin lämpölaitos	1,5	3	0,62
	Oitin Valu Oy, Rautavalimo	0,08		
	Gasum Oy, biokaasulaitos		0,67	1,3
	Yhteensä vuonna 2024	1,58	3,69	1,92
Heinola	Stora Enso Oyj, Heinolan Flutingtehdas	8,08	245	335
	Versowood Oy, Vierumäen yksikkö	8,38	48,8	4,59
	Kuusakoski Oy, Heinolan tehdas	1,09	3,3	0,13
	Lahti Energia Oy, Heinolan voimalaitos	0,48	32,7	9,89
	Loimua Oy, Heinolan lämpölaitokset	0,017	1,36	0,005
	Vierumäen Infra Oy, Suomen Urheiluopiston lämpölaitos	0,0018	0,02	0,000051
	Yhteensä vuonna 2024	18	331	349
Hollola	Lahti Energia, Hollolan lämpölaitokset	0,004	0,2	0,0003
	Peab Industri Oy, Asfalttiasema Okeroinen	1,27	2,89	5,56
	Yhteensä vuonna 2024	1,27	3,07	5,56
Hämeenlinna	Fiskars Finland Oy Ab, Iittalan Lasitehdas	0,81	22,5	
	Loimua Oy, Vanajan voimalaitos	0,8	105,4	4,6
	Loimua Oy, Hämeenlinnan alueen voimalaitokset	1,22	13,9	2,1
	SSAB Europe Oy, Hämeenlinnan tehdas	2,76	82	
	Metsä Fibre Oy, Rengon sahan voimalaitos	4	18,3	2,01
	Lammin Ikkuna Oy	0,81	0,36	
	Oy Linde Gas Ab, Hämeenlinnan Vetytehdas	0,11	1,2	0,11
	Peab Industri Oy, Velssin asfalttiasema	0,19	2,23	0,14
	CANPACK Finland Oy, Hämeenlinnan tehdas		1,36	
	Fingrid Oyj, Vanajan varavoimalaitos	0,007	1,38	0,0015
	Hämeenlinnan Osuusmeijeri		0,92	
	Yhteensä vuonna 2024	10,7	250	8,93
Iitti	Adven Oy, Kausalan lämpölaitos	0,5	16,9	0,94
	Yhteensä vuonna 2024	0,5	16,9	0,94

Kunta	Yritys	Hiukkaset (t/vuosi)	Typen oksidit (t/vuosi)	Rikin oksidit (t/vuosi)
Janakkala	Loimua Oy, Janakkalan lämpölaitokset	0,21	8,97	0,63
	Tervakoski Oy, Erikoispaperitehdas		29,1	
	Adven Oy, LK 216 Turenki	0,19	6,73	
	Yhteensä vuonna 2024	0,4	44,8	0,63
Jokioinen	Adven Oy, lämpölaitos	0,014	0,96	0,77
	Yhteensä vuonna 2024	0,014	0,96	0,77
Kärkölä	Koskisen Oyj, Tehdastien laitosalue	62,2	13,9	0,72
	Loimua Oy, Koskisen Oy:n laitosalueiden energiantuotantolaitokset	3,17	64,6	0,96
	Yhteensä vuonna 2024	65,4	78,5	1,68
Lahti	Lahden Seurakuntayhtymä, Levon krematorio	0,0007		
	Asfalttikallio Oy, Kujalan asfalttiasema	0,02	1,18	0,002
	Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy, Fazerin biohöyrylaitos	0,26	6,83	0,71
	Adven Oy, LK 331 Viking Malt	0,37	5,45	2,48
	Lahti Energia Oy, Kymijärven laitosalue	4,15	503	86,4
	Lahti Energia Oy, Lahden alueen lämpökeskukset	0,19	8,8	1,1
	Wipak Oy, Nastolan tehdas		1,02	0,01
	JRS-Pharma Oy, LK192 prosessihöyrylaitos	0,94	3,19	2,93
	Yhteensä vuonna 2024	5,93	530	93,7
Loppi	Alteams Finland Oy, Lopen valimo	0,29	0,35	4,33
	Adven Oy, Lopen lämpölaitokset	0,02	0,22	0,05
	Yhteensä vuonna 2024	0,31	0,57	4,38
Orimattila	Ferroplan Oy, Jätteenpolttolaitos	0,01	0,31	0,064
	Yhteensä vuonna 2024	0,01	0,31	0,064
Riihimäki	NG Nordic Finland Oy, Riihimäen toimipiste ja muovinjalostamo	1,44	347	17,51
	Adven Oy, LK219 Valio Riihimäki	0,06	3,49	0,31
	Versowood Oy, Riihimäen yksikkö	2,9	34,4	0,86
	Riihimäen Kaukolämpö Oy, Mattilan lämpökeskus	0,026	1,86	
	Rasmix Oy, Riihimäen tuotantolaitos	0,03	0,206	
	Yhteensä vuonna 2024	4,45	387	18,7
Sysmä	Nevel Oy, Sysmän lämpölaitos	3,3	8	6,6
	Yhteensä vuonna 2024	3,3	8	6,6
Tammela	Nevel Oy, Tammelan lämpölaitos	0,68	1,26	0,03
	Yhteensä vuonna 2024	0,68	1,26	0,03

Liite 23. Rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten toimijakohtaiset vuosipäästöt laskettuna keskiarvona vuosien 2020–2024 päästöistä.

Kunta	Yritys	Keskiarvot (t) 2020–2024		
		Hiukkaset	Typen oksidit	Rikin oksidit
Asikkala	JELD-WEN Suomi Oy, Vääksyn tehdas	2,57	12,1	0,07
	Lahti Energia Oy, Tunnelisuun lämpökeskus	0,037	0,83	0,09
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	2,60	12,9	0,10
Forssa	Fingrid Oyj, Forssan varavoimalaitos	0,010	14,2	0,11
	HKFoods Finland Oy, Forssan tuotantolaitokset		1,53	
	Nevel Oy, Forssan voimalaitos	0,40	91,8	1,21
	Nevel Oy, Forssan alueen lämpölaitokset	0,73	4,46	4,37
	Saint-Gobain Finland Oy, Isover Forssan lasivillatehdas	23,7	37,7	
	Uusioaines Oy, Lasinpuhdistuslaitos & Vaahtolasitehdas	0,059	6,09	0,62
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	24,9	155,7	6,32
	Lempeä Lämpö Oy, Hartolan kuningaslämpö Oy	3,424	4,806	1,174
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	3,42	4,81	1,17
Hattula	Loimua Oy, Parolannummen lämpökeskus		0,82	
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä		0,82	
Hausjärvi	Adven Oy, Oitin lämpölaitos	1,37	2,77	0,57
	Oitin Valu Oy, rautavalimo	0,147		
	Gasum Oy, biokaasulaitos		0,67	1,3
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	1,49	2,90	0,83
Heinola	Stora Enso Oyj, Heinolan Flutingtehdas	11,07	223,2	348,5
	Versowood Oy, Vierumäen yksikkö	12,54	48,1	5,77
	Kuusakoski Oy, Heinolan tehdas	1,30	20,5	17,7
	Lahti Energia Oy, Heinolan voimalaitos	1,12	35,9	7,20
	Loimua Oy, Heinolan lämpölaitokset	0,023	1,200	0,062
	Vierumäen Infra Oy, Suomen Urheiluopiston lämpölaitos	0,060	0,695	0,0017
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	26,1	329	379
	Lahti Energia, Keskikankaan lämpölaitos	0,011	0,128	0,025
Hollola	Lahti Energia, Soramäen lämpölaitos		0,078	
	Peab Industri Oy, Asfalttiasema Okeroinen	1,84	3,55	8,19
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	1,48	3,02	6,57
	Humppilan Kaukolämpö Oy, Lämpölaitos	0,35	0,24	0,036
Humppila	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	0,35	0,24	0,036
Hämeenlinna	Fiskars Finland Oy Ab, Iittalan Lasitehdas	3,95	47	0,09
	Loimua Oy, Vanajan voimalaitos	1,98	141	7,87
	Loimua Oy, Hämeenlinnan alueen voimalaitokset	1,49	13,5	1,92
	SSAB Europe Oy, Hämeenlinnan tehdas	3,76	85,9	
	Metsä Fibre Oy, Rengon sahan voimalaitos	5,00	16,3	1,25
	Adven Oy, LK310 ST1 Hämeenlinna	0,42	1,53	0,17
	Lammin Ikkuna Oy	0,80	0,37	
	Oy Linde Gas Ab, Hämeenlinnan Vetytehdas	0,10	1,31	0,10
	Peab Industri Oy, Velssin asfalttiasema	0,31	1,73	0,07
	CANPACK Finland Oy, Hämeenlinnan tehdas	0,51	1,40	
	Fingrid Oyj, Vanajan varavoimalaitos	0,01	1,27	0,01
	Hämeenlinnan Osuusmeijeri		2,80	
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöistä	17,8	313	10,7

Kunta	Yritys	Keskiarvot (t) 2020–2024		
		Hiukkaset	Typen oksidit	Rikin oksidit
Iitti	Adven Oy/Kausalan Kaukolämpö Oy, Kausalan lämpölaitos	2,34	13,06	2,41
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	2,34	13,06	2,41
Janakkala	Versowood Oy, Turengin pellettitehdas	0,93	7,79	9,85
	Loimua Oy, Turengin lämpökeskus	0,28	10,6	0,86
	Loimua Oy, Kuumolan varalämpölaitos		0,02	
	Tervakoski Oy, Erikoispaperitehdas		39,1	
	Adven Oy, LK 216 Turenki	0,36	6,56	1,30
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	0,94	59,3	5,58
Jokioinen	Adven Oy, Lämpölaitos	0,011	0,75	0,43
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	0,011	0,75	0,43
Kärkölä	Koskisen Oyj, Tehdastien laitosalue	72,0	17,1	0,8
	Loimua Oy, Koskisen Oy:n Mäntsäläntien laitosalueen energiantuotantolaitos	4,3	35,8	2,1
	Loimua Oy, Koskisen Oy:n Tehdastien laitosalueen energiantuotantolaitos	0,8	28,2	5,3
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	77,1	81,0	8,16
Lahti	Lahden Seurakuntayhtymä, Levon krematorio	0,001		
	Asfalttikallio Oy, Kujalan asfalttiasema	0,020	1,18	0,002
	Suomen Teollisuuden Energiapalvelut - STEP Oy, Fazerin biohöyrylaitos	0,32	6,43	0,85
	Adven Oy, LK 331 Viking Malt	0,70	4,94	1,46
	Lahti Energia Oy, Kymijärven laitoskokonaisuus	3,26	543	92
	Lahti Energia Oy, Lahden alueen lämpölaitokset	0,82	33	2,26
	Wipak Oy, Nastolan tehdas		0,90	0,01
	JRS-Pharma Oy, LK192 prosessihöyrylaitos	0,94	3,19	2,93
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	4,7	585	96
Loppi	Alteams Finland Oy, Lopen valimo	0,47	0,61	6,57
	Adven Oy, Lopen lämpölaitokset	3,77	8,23	7,56
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	1,2	2,3	8,1
Orimattila	Ferroplan Oy, Jätteenpolttolaitos	0,008	0,22	0,04
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	0,008	0,220	0,044
Padasjoki	Padasjoen Energia Oy, ent. Nevel Oy, Padasjoen lämpölaitos	2,100	6,100	1,700
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	2,100	6,100	1,700
Riihimäki	NG Nordic Finland Oy, Riihimäen toimipiste ja muovijalostamo	1,520	316	20,322
	Adven Oy, LK219 Valio Riihimäki	0,398	5,272	0,594
	Versowood Oy, Riihimäen yksikkö	5,876	40	0,930
	Riihimäen Kaukolämpö Oy, Riihimäen lämpökeskukset	0,087	1,600	
	Rasmix Oy, Riihimäen tuotantolaitos	0,025	0,601	0,029
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	7,76	363,0	21,31
Sysmä	Nevel Oy, Sysmän lämpölaitos	2,98	6,28	2,85
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	2,98	6,28	2,85
Tammela	Nevel Oy, Tammelan lämpölaitos	0,766	1,412	0,018
	Keskiarvo vuosien 2020–2024 päästöstä	0,766	1,412	0,018

Liite 24. Havaintoalatiedot

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN		Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala
300	X			292663	6756354	Ypäjä		
301	X			292788	6746651	Ypäjä		
302	X			298145	6753269	Ypäjä		
303	X	X		299263	6746876	Ypäjä		
304	X	X		300831	6750204	Ypäjä		
305	X			302839	6740283	Ypäjä		
306	X			304859	6746211	Jokioinen		
307	X	X		304971	6742064	Jokioinen		
308	X			308178	6753558	Jokioinen		
309	X	X		308998	6746052	Jokioinen		
310	X			309168	6759451	Jokioinen	X	
311	X			310861	6764441	Forssa		
312	X			312269	6749146	Jokioinen	X	
313	X			313212	6734191	Tammela		
314	X	X		313639	6749169	Forssa		
315	X	X		313808	6746500	Forssa		
316	X			314073	6742604	Tammela		
317	X			315568	6744282	Forssa		
318	X	X		315479	6748829	Forssa		
319	X	X		315249	6747232	Forssa		
320	X			316925	6756824	Forssa	X	
321	X	X	X	316965	6744705	Forssa		
322	X	X		317472	6748384	Forssa		
323	X			320984	6765595	Forssa		
324	X			321613	6751769	Tammela		
325	X	X		321972	6746659	Tammela	X	
326	X			322535	6729369	Tammela		
327	X			323859	6736395	Tammela	X	
328	X			325991	6763703	Forssa	X	
329	X	X		326191	6745315	Tammela		
330	X			327626	6738512	Tammela		
331	X			328563	6729414	Tammela		
332	X			330907	6774314	Hämeenlinna		
333	X	X		331111	6763406	Tammela		
334	X			331964	6728063	Tammela		
335	X			333042	6756379	Tammela		
336	X			334240	6745517	Tammela		
337	X			335361	6740293	Tammela	X	
338	X			335765	6732421	Tammela		
339	X	X		337383	6767178	Hämeenlinna		
340	X			337677	6775478	Hämeenlinna		
341	X			337582	6763597	Hämeenlinna		
342	X	X		339616	6738072	Loppi		
343	X			342744	6770577	Hämeenlinna		
344	X			343131	6728187	Loppi		
345	X			344516	6767194	Hämeenlinna		

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
346	X			345897	6748420	Hämeenlinna		
347	X	X		345787	6777751	Hämeenlinna		X
348	X			346938	6734682	Loppi		
349	X			346661	6758661	Hattula		
350	X			350022	6739351	Loppi		
351	X			350276	6744105	Hämeenlinna		
352	X			351405	6725452	Loppi		
353	X			353386	6736918	Loppi		
354	X			353511	6728975	Loppi		
355	X	X		353605	6753574	Hämeenlinna		
356	X			353780	6749029	Hämeenlinna	X	
358	X			355110	6739278	Loppi	X	
359	X			355480	6773392	Hattula		
360	X			355983	6783352	Hattula		X
361	X			358064	6776853	Hattula		
362	X			357418	6756460	Hämeenlinna		
363	X	X		357722	6770819	Hattula		
364	X	X		358904	6762183	Hämeenlinna		
365	X			358904	6790822	Hämeenlinna		
366	X	X		359157	6766403	Hämeenlinna		
367	X	X		359490	6734314	Loppi		
368	X			359481	6754658	Janakkala		
369	X			359793	6720812	Loppi		
370	X			360214	6743565	Hämeenlinna		
371	X	X		360643	6764698	Hämeenlinna		
372	X	X	-	361193	6762158	Hämeenlinna		
373	X	X		361424	6763351	Hämeenlinna		
374	X			361676	6735204	Loppi		
375	X			362187	6727050	Loppi		
376	X			362285	6794410	Hämeenlinna		
377	X			362433	6759918	Hämeenlinna		
378	X	X		362880	6768655	Hämeenlinna		
379	X	X		363146	6766498	Hämeenlinna		
380	X			363246	6787851	Hämeenlinna		
381	X			363377	6744953	Janakkala		
382	X			364227	6729635	Loppi		
383	X			364993	6741384	Janakkala		
384	X	X		365411	6763638	Hämeenlinna		
385	X	X		366211	6767637	Hämeenlinna		
386	X	X	-	366813	6762263	Hämeenlinna		
387	X			366421	6749508	Janakkala		
388	X	X		366763	6764464	Hämeenlinna		
389	X			366676	6755161	Janakkala	X	
390	X	X		367769	6737937	Loppi		
391	X	X		369958	6756329	Janakkala	X	
392	X	X		368007	6761105	Hämeenlinna		
393	X			370147	6768380	Hämeenlinna		X
394	X			370541	6777680	Hämeenlinna	X	

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
395	X			373174	6766056	Hämeenlinna		
396	X	X		370516	6784776	Hämeenlinna		
397	X			371205	6734050	Loppi		
398	X	X		371993	6796894	Hämeenlinna		
399	X	X		371653	6743864	Janakkala		
400	X			371793	6773006	Hämeenlinna		X
401	X			372168	6728016	Riihimäki		
402	X			372641	6787697	Hämeenlinna		
403	X	X		373756	6754773	Janakkala		
404	X	X		374284	6743896	Janakkala		
405	X	X		374409	6734602	Riihimäki		
406	X			375811	6758049	Janakkala		X
407	X			376129	6749344	Janakkala		
409	X			376375	6741623	Riihimäki		
410	X			377504	6728019	Riihimäki		
411	X			377106	6736074	Riihimäki		
412	X	X		377535	6737941	Riihimäki		
413	X	X		377582	6732923	Riihimäki		
414	X	X		377837	6736476	Riihimäki		
415	X			378020	6751315	Janakkala		
416	X			380366	6775650	Hämeenlinna		X
417	X	X		379763	6736475	Riihimäki		
418	X			379882	6772003	Hämeenlinna		
419	X	X		380496	6733937	Riihimäki		
420	X	X		380652	6739753	Riihimäki	X	
421	X	X		381407	6736909	Riihimäki		
422	X			381719	6746692	Hausjärvi		
423	X	X	-	381859	6738793	Riihimäki		
424	X	X		381538	6777708	Hämeenlinna	X	
425	X			382285	6765084	Janakkala		
426	X	X		382631	6735609	Hausjärvi		
427	X			383516	6783267	Hämeenlinna		
428	X			384877	6729130	Hausjärvi		
429	X			384936	6788913	Hämeenlinna		
430	X			385094	6779840	Hämeenlinna		
431	X			385645	6740153	Hausjärvi		
432	X			386679	6757679	Janakkala		
433	X			387366	6795636	Hämeenlinna		
434	X	X		387623	6735784	Hausjärvi		
435	X			389894	6747346	Hausjärvi		
436	X			389895	6761968	Hämeenlinna		
437	X			389815	6783088	Hämeenlinna		
438	X			389617	6771177	Hämeenlinna	X	
439	X			390128	6753737	Janakkala		
440	X			390456	6736486	Hausjärvi		X
441	X			390055	6766263	Hämeenlinna	X	
442	X	X		390943	6730843	Hausjärvi		
443	X	X		390972	6778346	Hämeenlinna		

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
444	X			392105	6803047	Padasjoki	X	
445	X			391854	6794307	Hämeenlinna	X	
446	X			392030	6757760	Hämeenlinna		
447	X	X		392394	6739543	Hausjärvi		
448	X	X		392554	6774102	Hämeenlinna		
449	X			393693	6789666	Hämeenlinna		
450	X			396108	6728474	Hausjärvi		
452	X			396967	6738611	Hausjärvi		
453	X			398027	6760910	Hollola		
454	X			398725	6791532	Hämeenlinna		
455	X			398637	6751613	Kärkölä		
456	X	X		399643	6766623	Hollola		X
457	X	X		400684	6747990	Kärkölä		
458	X			400883	6789768	Hämeenlinna		
459	X			401389	6755369	Kärkölä		
460	X	X		401335	6784295	Hämeenlinna		
461	X			404428	6790553	Asikkala		
462	X			404707	6754380	Kärkölä		X
463	X			405711	6746662	Kärkölä	X	
464	X	X		405659	6749870	Kärkölä		
465	X	X		403296	6748282	Kärkölä	X	
466	X			409098	6761044	Hollola		X
467	X	X		412263	6740505	Kärkölä		X
468	X	X		408621	6802973	Padasjoki		
469	X			411269	6784740	Asikkala		
470	X			409845	6788793	Asikkala	X	
471	X			410143	6769671	Hollola	X	
472	X			412417	6778375	Asikkala		
473	X			411687	6754203	Hollola		X
474	X			413204	6746222	Kärkölä	X	
475	X			413232	6793096	Asikkala	X	
476	X			411854	6761253	Hollola		X
477	X			415219	6769806	Hollola		X
479	X			417291	6751805	Hollola		X
480	X			417101	6745522	Orimattila	X	
481	X			417454	6793728	Asikkala		
482	X	X		416585	6758941	Hollola		X
483	X			418595	6738900	Orimattila		X
484	X	X		418590	6762391	Hollola		X
485	X	X		419207	6784306	Asikkala		
486	X			420389	6783453	Asikkala		
487	X			421647	6744867	Orimattila		
488	X	X	X	421162	6763788	Hollola		X
489	X			421693	6762012	Lahti		X
490	X	X		422210	6782319	Asikkala		
492	X	X		423073	6781716	Asikkala		
493	X			423301	6764019	Lahti		X
494	X	X		424110	6757596	Lahti		X

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
495	X			423499	6751574	Hollola		X
496	X			423491	6770731	Hollola		X
497	X			424564	6739076	Orimattila		
498	X			424417	6781609	Asikkala		
499	X			424773	6779573	Asikkala	X	
500	X			424576	6761826	Lahti		X
501	X			424486	6732516	Orimattila		
502	X			424917	6801020	Asikkala		
503	X			425731	6766691	Lahti		X
504	X			426024	6746025	Orimattila		
505	X			426244	6794571	Asikkala		
506	X			426083	6784165	Asikkala		X
507	X			427037	6759391	Lahti		X
508	X	X		426579	6761257	Lahti		X
509	X			427213	6743610	Orimattila		
510	X	X	X	428036	6764137	Lahti		X
511	X			428071	6808650	Sysmä		
512	X	X		428222	6756210	Lahti		X
513	X			428270	6762337	Lahti		X
514	X	X		428282	6759954	Lahti		X
515	X	X		428407	6819701	Sysmä		
516	X	X		429409	6752287	Orimattila		X
517	X	X		428489	6758247	Lahti		X
518	X			428877	6778852	Asikkala	X	
519	X			429211	6775501	Asikkala		
520	X			429428	6766120	Lahti		X
521	X			429436	6762004	Lahti		X
522	X	X		430375	6740251	Orimattila		
523	X			430840	6783733	Asikkala		X
524	X	X	X	430961	6762345	Lahti		X
525	X			431516	6734994	Orimattila		
526	X	X		431518	6742867	Orimattila		
527	X			430841	6759253	Lahti		X
528	X			431793	6798106	Asikkala		X
529	X			430577	6790671	Asikkala		
530	X			432240	6747415	Orimattila		
531	X			432215	6765787	Lahti		X
532	X	X		432217	6764333	Lahti		X
533	X			432978	6744275	Orimattila	X	
534	X	X		433390	6758606	Lahti		X
535	X	X		434277	6742415	Orimattila		X
536	X			433245	6760661	Lahti		X
537	X			435004	6762300	Lahti		X
538	X			436084	6764694	Lahti		X
539	X			436259	6777658	Asikkala		X
540	X			436628	6772359	Lahti		X
541	X			436926	6838315	Hartola	X	
542	X			436102	6783015	Asikkala		X

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
543	X	X		436104	6758257	Lahti		X
544	X			438094	6735708	Orimattila		
545	X			438779	6743814	Orimattila		X
546	X			438462	6747570	Orimattila		X
547	X			438936	6754958	Lahti		X
548	X			440680	6799261	Heinola	X	
549	X			440650	6760158	Lahti		X
550	X			438740	6761845	Lahti	X	
551	X	X		439857	6757727	Lahti		X
552	X			440555	6737842	Orimattila	X	
553	X			440763	6777458	Heinola	X	
555	X	X		442096	6774988	Heinola		X
556	X			442317	6780070	Heinola		X
557	X			443139	6734142	Orimattila		
558	X	X		443202	6776807	Heinola		
559	X			442671	6772565	Heinola		X
560	X	X	-	443209	6756558	Lahti		X
561	X			444657	6842305	Hartola		
562	X			444423	6781016	Heinola		X
564	X			445381	6747952	Orimattila		X
565	X	X		445135	6816864	Hartola		
566	X	X		445819	6783041	Heinola	X	
567	X			446070	6794793	Heinola		X
568	X	X (vain humus)	X	445863	6781303	Heinola		X
569	X			446266	6778338	Heinola		
570	X			445750	6784678	Heinola		X
571	X			446017	6744570	Orimattila		X
572	X			448181	6781361	Heinola		X
573	X	X		447027	6826875	Hartola		
574	X			447377	6762378	Lahti	X	
575	X	X		447783	6787804	Heinola		X
576	X	X		448865	6734873	Orimattila		
577	X	X		448278	6775809	Heinola		
578	X			449446	6770512	Lahti	X	
579	X			449051	6787754	Heinola		X
580	X			449656	6782052	Heinola		X
581	X	X	-	449464	6784283	Heinola		X
582	X			449177	6753806	Lahti		X
583	X			450422	6792841	Heinola		X
584	X	X		450368	6782753	Heinola		X
585	X	X		450608	6783864	Heinola		X
586	X			451265	6784969	Heinola		X
587	X			451752	6800729	Heinola	X	
588	X	X		452546	6789341	Heinola	X	
589	X			452347	6783252	Heinola		X
590	X			453696	6729554	Orimattila		X
591	X	X		455130	6738370	Orimattila		

Alan nro	Jäkälät	Humus ja sammal	Dioksiinit ja furaanit	ETRS-TM35FIN	Kunta	Uusi tutkimusala	Osittain uusi tutkimusala	Alan nro
592	X			456481	6791337	Heinola		X
593	X			457586	6797605	Heinola		X
594	X			458813	6781994	Heinola		
595	X			458843	6822794	Hartola	X	
596	X			458826	6806755	Heinola	X	
597	X			461021	6786065	Heinola	X	
598	X			464169	6792109	Heinola		
599	X			465829	6797098	Heinola		X
601	X	X	X	382934	6739109	Hausjärvi		
602	X	X		451378	6787690	Heinola		X
603	X	X	X	363865	6759066	Hämeenlinna		
604	X	X		382452	6740320	Hausjärvi		
605	X	X		465048	6750837	litti	X	
606	X	X		473351	6749177	litti	X	
607	X			452294	6773301	litti	X	
608	X			464430	6739687	litti	X	
609	X	X		303453	6759968	Humppila	X	
610	X			300392	6767635	Humppila	X	

Liite 25. Muuttujaryhmien välinen yhteisvaihtelu: korrelaatiotaulukot

Korrelaation tilastollinen merkitsevyys:

** = tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$)

** = tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$)

* = tilastollisesti melkein merkitsevä ($p < 0,05$)

Jäkälämuuttujien ja sammalten alkuainepitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot (Spearman).

	Sammal : Hg	Sammal : Cd	Sammal : Cr	Sammal : Cu	Sammal : Pb	Sammal : Ni	Sammal : Zn	Sammal : V
Hyp. vaurio	0,068	0,103	-0,018	0,333**	-0,054	-0,008	0,098	-0,033
Yleinen vaurio	0,068	0,064	0,183	0,346**	0,078	0,175	0,222*	0,272**
Lajilukumäärä	-0,088	-0,144	-0,199*	-0,339**	-0,103	-0,21*	-0,261**	-0,339**
IAP	-0,134	-0,169	-0,189	-0,311**	-0,108	-0,181	-0,306**	-0,333**
Hyp. peit.	-0,199*	-0,247*	-0,144	-0,226*	-0,21*	-0,146	-0,167	-0,159
Bryoria peit.	-0,076	-0,032	0,007	-0,083	0,085	0,024	-0,04	-0,137
Alg. es.	0,099	0,144	0,286**	0,226*	0,31**	0,313**	0,21*	0,308**

Jäkälämuuttujien sekä humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot (Spearman).

	Hyp. vaurio	Yleinen vaurio	Lajilukumäärä	IAP	Hyp. peit.	Bryoria peit.	Alg. es.
Humus: Cd	0,13	-0,107	0,116	0,097	-0,141	0,115	-0,247*
Humus: Cr	0,029	0,26**	-0,226*	-0,271**	-0,206*	-0,176	0,386**
Humus: Cu	0,125	0,291**	-0,229*	-0,241*	-0,157	-0,096	0,216*
Humus: Pb	-0,267**	-0,015	0,017	0,011	-0,143	0,04	0,387**
Humus: Ni	-0,003	0,216*	-0,183	-0,217*	-0,141	-0,085	0,355**
Humus: Zn	0,252**	0,291**	-0,2*	-0,244*	-0,204*	-0,136	-0,048
Humus: V	-0,04	0,19	-0,178	-0,221*	-0,172	-0,141	0,403**
Humus: pH	0,373**	0,421**	-0,299**	-0,416**	-0,067	-0,267**	0,096
Humus: VH	-0,399**	-0,249*	0,17	0,234*	-0,015	0,225*	0,2*
Humus: KVK	0,203*	0,173	-0,1	-0,179	-0,208*	0,085	-0,222*

Humuksen alkuainepitoisuuksien ja kemiallisten ominaisuuksien sekä sammalten alkuainepitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot (Spearman).

	Sammal: Hg	Sammal: Cd	Sammal: Cr	Sammal: Cu	Sammal: Pb	Sammal: Ni	Sammal: Zn	Sammal: V
Humus: Cd	0,027	0,222*	0,009	0,116	0,066	0,075	0,205*	-0,062
Humus: Cr	0,402**	0,429**	0,555**	0,567**	0,574**	0,481**	0,558**	0,687**
Humus: Cu	0,153	0,358**	0,363**	0,063	0,342**	0,51**	0,494**	0,491**
Humus: Pb	0,402**	0,317**	0,497**	0,388**	0,6**	0,134	0,328**	0,474**
Humus: Ni	0,32**	0,347**	0,492**	-0,361**	0,494**	0,005	0,484**	0,626**
Humus: Zn	0,292**	0,45**	0,4**	0,344**	0,376**	0,521**	0,664**	0,412**
Humus: V	0,432**	0,399**	0,482**	-0,459**	0,536**	-0,067	0,436**	0,625**
Humus: pH	0,43**	0,375**	0,307**	0,276**	0,275**	0,154	0,439**	0,398**
Humus: VH	-0,255**	-0,248*	-0,062	0,601**	-0,015	0,311**	-0,179	-0,091
Humus: KVK	0,25*	0,117	0,151	0,452**	0,106	0,605**	0,221*	0,132

Liite 26a. Jäkälätutkimuksen tulokset: frekvenssilajien runsaus

Lyhenteiden selitykset:

- Hypphy = Hypogymnia physodes, sormipaisukarpeen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5; 0: jäkälää ei todettu tutkituilla rungoilla, 5: jäkälää todettiin kaikilla rungoilla)
- Paramb = Parmeliopsis ambigua, keltatyvikarpeen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Ph&lal = Parmeliopsis hyperopta & Imshaugia aleurites, harmaatyi- ja tuhkakarpeen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Bryoria = Bryoria spp., luppojen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Usnea = Usnea spp., naavojen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Plagla = Platismatia glauca, harmaaröyhelön esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Vulpin = Vulpicida pinastri, keltaröyhelön esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Psedur = Pseudevernia furfuracea, harmaahankakarpeen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Tuchlo = Tuckermannopsis chlorophylla, ruskoröyhelön esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Parsul = Parmelia sulcata, raidanisokarpeen esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- Hypsca = Hypocenomyce scalaris, seinäsuomujäkälän esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- AlgSco = Algae & Scoliciosporum, viherlevän ja vihersukkulajäkälän esiintymisfrekvenssi tutkimusaloilla (0–5)
- IAP = tutkimusalan IAP-indeksi
- Lajilkm = tutkimusalalla esiintyneiden lajien määrä (lukuun ottamatta Hypsca ja AlgSco)
- HypVaur = sormipaisukarpeen vaurioaste tutkimusalalla (1–5: 1 = terve, 5 = kuollut tai puuttuu)
- YlVaur = yleinen vaurioaste tutkimusalalla (1–5: 1 = terve lajisto, 5 = jäkäläautio)

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Asikkala	461	5	5	5	5	5	0	4	2	1	0	0	5	0		2,94	3,2	3	7	107	34,1	MT
Asikkala	502	5	5	5	3	0	1	0	3	1	0	0	1	0		1,86	3	3,8	6	82	26,1	MT
Asikkala	518	5	5	5	3	1	1	0	0	0	0	1	3	0		1,68	3,8	3,6	6	124	39,5	OMT
Asikkala	528	5	5	5	2	5	5	0	0	1	0	0	2	0		2,56	2	3	6	96	30,6	MT
Asikkala	469	5	5	5	2	5	5	5	2	2	0	0	2	0		3,48	3	3	8	122	38,9	MT
Asikkala	470	5	5	5	2	2	1	0	5	0	0	0	0	0		2,10	2,8	3,8	6	110	35,0	OMT
Asikkala	472	5	5	5	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,94	3	4	4	99	31,5	MT
Asikkala	475	5	5	5	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0		1,63	3	3,8	5	98	31,2	OMT
Asikkala	481	5	5	5	4	0	1	2	0	0	0	0	2	0		1,77	3,2	4	5	136	43,3	MT
Asikkala	485	5	4	5	5	0	0	1	0	0	0	0	4	0		1,54	4	4	4	74	23,6	MT
Asikkala	486	5	5	5	0	1	2	0	3	0	0	0	4	0		1,68	3	3,6	5	92	29,3	MT
Asikkala	490	5	5	5	3	1	1	5	0	1	0	0	5	0		2,26	3,4	3,8	7	132	42,0	MT
Asikkala	492	5	5	5	2	0	1	0	5	0	0	0	2	0		1,85	2,8	3,8	5	90	28,7	MT
Asikkala	498	5	5	5	5	0	0	1	5	0	0	0	1	0		2,17	3	4	5	95	30,3	MT
Asikkala	499	5	4	5	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0		1,83	3,8	3,4	6	117	37,3	OMT
Asikkala	505	5	5	5	3	0	0	0	3	1	0	0	1	0		1,74	3	3,8	5	138	43,9	MT
Asikkala	506	5	5	5	2	0	1	0	4	2	0	0	3	0		1,98	2,4	3,4	6	93	29,6	MT
Asikkala	519	5	5	5	5	1	1	2	2	2	0	0	5	0		2,45	3,2	3,6	8	93	29,6	OMT
Asikkala	523	5	5	5	4	0	3	2	1	3	0	1	2	0		2,60	2,4	3	8	110	35,0	MT
Asikkala	529	5	5	5	1	2	0	0	1	1	0	0	3	2		1,56	3,4	3,4	6	118	37,6	MT
Asikkala	539	5	5	5	1	1	3	3	0	0	0	0	4	0		1,94	2,4	3,2	6	120	38,2	MT
Asikkala	542	5	5	5	3	1	4	2	0	1	0	0	3	0		2,28	2,2	3,2	7	98	31,2	MT
Forssa	314	5	5	5	0	0	1	5	5	4	0	0	0	1		2,69	3	3,2	6	101	32,2	MT
Forssa	319	5	5	5	3	0	0	0	4	0	0	0	2	4		1,73	2,8	4	4	128	40,8	MT
Forssa	311	5	5	5	5	1	3	3	0	1	0	0	5	0		2,48	2,8	3,4	7	86	27,4	VT
Forssa	315	5	5	5	1	0	0	0	1	0	1	0	5	0		1,34	3,4	4	5	106	33,8	OMT
Forssa	317	5	5	5	1	0	0	3	2	1	0	0	1	0		1,77	3,8	3,8	6	124	39,5	MT
Forssa	318	5	5	5	3	0	0	2	1	0	0	0	3	0		1,65	3,4	4	5	102	32,5	MT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Forssa	320	5	5	5	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,73	3	4	4	95	30,3	MT
Forssa	321	5	5	5	2	0	0	0	1	0	0	0	5	0		1,30	3,4	4	4	92	29,3	OMT
Forssa	322	5	5	5	4	0	0	2	0	3	0	0	5	0		1,99	4	3,4	5	127	40,4	VT
Forssa	323	5	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0,99	3,4	4	3	117	37,3	MT
Forssa	328	5	5	5	3	0	1	0	5	0	0	0	0	0		1,96	3,2	3,8	5	134	42,7	MT
Hartola	541	5	4	5	5	4	0	0	2	0	0	0	5	0		2,13	3,4	3,2	5	130	41,4	MT
Hartola	561	5	5	5	5	4	1	0	2	1	0	0	4	0		2,47	2,6	3,2	7	115	36,6	MT
Hartola	565	5	5	5	4	0	1	0	5	0	0	0	0	0		2,07	2,2	3,8	5	98	31,2	VT
Hartola	573	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,62	2	3,6	4	125	39,8	OMT
Hartola	595	5	5	5	2	1	0	0	2	0	0	0	4	0		1,54	2,4	3,8	5	138	43,9	MT
Hattula	359	5	5	5	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0		1,53	2,8	3,8	4	101	32,2	MT
Hattula	360	5	5	5	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0		1,10	3,2	3,8	3	102	32,5	MT
Hattula	361	5	5	5	0	5	0	0	4	0	0	0	2	0		2,04	3,2	3	4	81	25,8	OMT
Hattula	363	5	5	5	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0		1,20	2,8	4	3	128	40,8	MT
Hattula	349	5	5	5	5	2	0	5	0	2	0	0	5	0		2,59	3	3,6	6	138	43,9	VT
Hausjärvi	422	5	5	5	3	2	4	5	0	0	0	0	5	0		2,64	3,4	3	6	84	26,8	VT
Hausjärvi	435	5	5	5	2	5	5	5	1	0	0	0	5	0		3,14	3,6	3	7	106	33,8	MT
Hausjärvi	426	5	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0		1,20	3,6	4	3	99	31,5	VT
Hausjärvi	428	5	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0		2,11	3,2	4	4	83	26,4	VT
Hausjärvi	431	5	5	5	3	1	0	0	5	0	0	0	1	0		1,96	3	3,8	5	84	26,8	MT
Hausjärvi	434	5	5	5	3	0	0	5	0	3	0	0	5	0		2,24	3,2	3,4	5	104	33,1	MT
Hausjärvi	440	5	5	5	4	2	1	5	1	4	0	0	2	0		2,94	3	3,2	8	96	30,6	CT
Hausjärvi	442	5	5	5	5	0	1	5	0	3	0	0	4	0		2,58	3,2	3,2	6	92	29,3	MT
Hausjärvi	447	5	5	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,12	3	4	3	106	33,8	MT
Hausjärvi	450	5	5	5	4	0	0	1	0	0	0	0	4	0		1,53	3,4	4	4	132	42,0	MT
Hausjärvi	452	5	5	5	1	1	0	0	4	0	0	1	5	0		1,77	3	3,8	6	126	40,1	MT
Hausjärvi	601	5	4	5	1	0	0	0	0	0	1	0	5	0		1,13	4,4	4	4	121	38,5	MT
Hausjärvi	604	5	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2		1,52	3	4	3	146	46,5	MT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Heinola	548	5	5	5	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0		1,77	3,2	3,6	5	100	31,8	MT
Heinola	553	5	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1		1,09	2	4	3	97	30,9	MT
Heinola	555	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	2	0		1,62	2,6	4	4	77	24,5	MT
Heinola	556	5	5	5	2	0	0	0	4	0	1	0	2	0		1,76	3	4	5	116	36,9	VT
Heinola	559	5	5	5	5	0	0	0	1	0	0	0	4	2		1,62	2,6	4	4	100	31,8	MT
Heinola	562	5	5	5	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0		1,73	2,6	4	4	93	29,6	MT
Heinola	566	5	5	5	4	0	0	0	4	0	0	0	5	4		1,84	2,8	4	4	96	30,6	MT
Heinola	567	5	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0		1,22	3	3,8	4	125	39,8	VT
Heinola	568	5	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	1	5		1,22	4,6	4	3	131	41,7	MT
Heinola	570	5	4	5	5	2	4	0	0	4	0	0	5	0		2,63	4	2,6	6	76	24,2	VT
Heinola	572	5	5	5	5	1	1	0	0	2	0	0	5	0		2,00	2,8	3,4	6	113	36,0	VT
Heinola	575	5	5	5	3	4	4	3	0	2	1	0	5	0		3,03	2,2	3	8	111	35,4	VT
Heinola	581	5	5	4	3	0	0	0	2	0	0	1	5	0		1,54	2,4	4	5	101	32,2	MT
Heinola	583	5	5	5	0	1	4	1	0	1	0	0	5	0		1,84	3,2	3,2	6	71	22,6	MT
Heinola	584	5	5	5	0	0	0	0	1	1	0	0	4	1		1,21	3	3,8	4	91	29,0	MT
Heinola	585	5	5	5	2	1	3	0	0	0	0	0	5	0		1,70	2,8	3,4	5	86	27,4	MT
Heinola	586	5	5	5	0	1	0	3	0	1	0	0	5	0		1,58	2,6	3,6	5	126	40,1	MT
Heinola	587	5	5	5	2	2	3	2	1	2	0	0	3	0		2,39	3	3	8	105	33,4	MT
Heinola	588	5	5	5	4	0	0	0	1	0	0	0	4	0		1,52	3,2	4	4	98	31,2	VT
Heinola	589	5	5	5	3	0	0	0	0	2	0	0	3	0		1,54	2,4	3,2	4	122	38,9	OMT
Heinola	592	5	5	5	5	0	2	0	1	2	0	0	3	0		2,10	2	3,6	6	114	36,3	MT
Heinola	593	5	5	5	5	0	5	1	3	5	0	0	4	0		3,16	2	2,6	7	85	27,1	VT
Heinola	596	5	5	5	0	3	5	0	5	0	0	0	0	0		2,51	3	3	5	123	39,2	MT
Heinola	597	5	5	5	2	1	0	0	2	1	0	0	5	1		1,65	2	3,6	6	116	36,9	MT
Heinola	602	5	5	5	5	2	5	0	0	4	0	0	4	3		2,85	3,4	3	6	86	27,4	CT
Heinola	558	5	5	5	4	0	0	1	0	1	0	0	4	0		1,64	3	3,8	5	101	32,2	MT
Heinola	569	5	5	5	5	4	5	4	2	5	0	0	0	0		3,90	3	3	8	123	39,2	VT
Heinola	577	5	5	5	5	1	2	1	5	0	0	0	0	0		2,54	3,2	3,4	7	105	33,4	VT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Heinola	579	5	5	5	1	0	0	0	1	0	0	0	5	2		1,20	2,8	4	4	129	41,1	MT
Heinola	580	5	5	5	1	5	1	4	2	3	1	0	3	0		3,01	2	2,6	9	134	42,7	VT
Heinola	594	5	5	5	3	0	2	0	4	0	0	0	4	0		1,98	3	3,6	5	122	38,9	MT
Heinola	598	5	5	5	2	1	0	2	2	1	0	0	3	0		1,89	3	3,6	7	82	26,1	MT
Heinola	599	5	5	5	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,73	3	4	4	93	29,6	MT
Hollola	456	5	5	5	1	1	2	3	1	4	0	0	5	0		2,39	2,4	3	8	84	26,8	MT
Hollola	471	5	5	5	3	2	0	0	5	0	0	0	0	0		2,09	1,8	3,6	5	136	43,3	VT
Hollola	476	5	5	5	0	2	3	5	1	2	0	0	4	1		2,53	3	3,2	7	102	32,5	MT
Hollola	479	5	5	5	0	2	1	3	3	0	0	0	4	5		2,03	2	3,6	6	92	29,3	MT
Hollola	484	5	5	5	5	0	0	3	2	0	0	0	5	1		2,08	2,2	4	5	93	29,6	MT
Hollola	488	5	5	5	4	1	0	2	4	1	0	0	0	0		2,31	2,8	3,6	7	143	45,5	OMT
Hollola	495	5	5	5	1	0	0	3	1	0	0	0	5	0		1,55	2	3,8	5	106	33,8	MT
Hollola	453	5	5	5	3	1	5	5	2	3	0	0	3	0		3,20	3,2	3	8	99	31,5	VT
Hollola	466	5	5	5	0	0	2	1	5	1	0	0	1	0		2,00	3	3,6	6	119	37,9	VT
Hollola	477	5	5	5	3	1	3	4	1	3	0	0	5	0		2,73	2,2	2,8	8	159	50,6	MT
Hollola	482	5	5	5	0	4	0	1	0	1	0	0	5	0		1,72	3	3,2	5	95	30,3	VT
Hollola	496	5	5	5	1	4	4	3	1	1	1	0	5	0		2,80	2,4	2,6	9	90	28,7	MT
Hollola	473	5	5	5	2	0	1	4	2	4	0	0	1	1		2,47	2,4	3,2	7	90	28,7	VT
Humppila	609	5	5	5	3	0	0	4	1	1	0	0	5	1		2,00	3	3,8	6	91	29,0	VT
Humppila	610	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	1	0		1,62	3,2	4	4	88	28,0	MT
Hämeenlinna	339	5	5	5	5	0	0	0	2	0	0	0	2	0		1,73	3	4	4	130	41,4	MT
Hämeenlinna	378	5	5	5	0	1	1	0	1	1	0	0	5	0		1,46	3	3,6	6	127	40,4	OMT
Hämeenlinna	341	5	5	5	5	0	1	3	0	1	0	0	4	0		2,11	3	3,6	6	114	36,3	VT
Hämeenlinna	345	5	5	5	3	0	1	4	0	1	0	0	4	0		2,01	3,4	3,8	6	82	26,1	MT
Hämeenlinna	346	5	5	5	2	2	0	0	4	0	0	0	2	0		1,87	3	3,6	6	84	26,8	MT
Hämeenlinna	347	5	5	4	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0		1,54	2,4	3,6	4	101	32,2	OMT
Hämeenlinna	351	5	5	5	4	1	1	5	0	2	0	0	2	0		2,48	3,4	3,2	7	141	44,9	VT
Hämeenlinna	355	5	5	5	0	0	2	1	4	0	0	0	5	0		1,78	2,8	3,6	5	123	39,2	OMT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Hämeenlinna	356	5	5	5	1	0	0	1	5	1	0	0	0	0		1,86	3	3,8	6	119	37,9	VT
Hämeenlinna	362	5	5	5	5	1	2	5	0	4	0	0	1	0		2,94	3,2	3,2	7	93	29,6	MT
Hämeenlinna	364	5	5	5	1	0	0	4	1	3	0	0	4	0		2,02	3,2	3,4	6	77	24,5	MT
Hämeenlinna	365	5	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0		1,09	3	4	3	106	33,8	VT
Hämeenlinna	366	5	5	5	3	0	0	0	1	0	0	0	4	0		1,41	4,2	4	4	115	36,6	MT
Hämeenlinna	371	5	5	5	3	0	0	1	0	0	0	0	4	0		1,42	3,4	4	4	120	38,2	MT
Hämeenlinna	372	5	5	5	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1		1,30	3	3,8	4	116	36,9	MT
Hämeenlinna	373	5	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	4	4		1,09	3,4	4	3	82	26,1	MT
Hämeenlinna	376	5	5	5	4	0	0	1	5	0	0	0	0	0		2,06	2,2	3,8	5	86	27,4	MT
Hämeenlinna	377	5	5	5	4	1	1	4	0	1	0	0	5	0		2,25	3	3,4	7	103	32,8	VT
Hämeenlinna	379	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0		0,98	3,4	4	2	94	29,9	MT
Hämeenlinna	380	5	5	5	3	2	0	0	0	0	0	0	4	0		1,55	3	3,6	4	86	27,4	MT
Hämeenlinna	384	5	5	5	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0		1,20	2,4	4	3	132	42,0	MT
Hämeenlinna	385	5	5	5	5	0	0	2	1	0	0	0	5	0		1,86	3,4	4	5	101	32,2	MT
Hämeenlinna	386	5	5	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0		1,30	3	4	3	95	30,3	MT
Hämeenlinna	388	5	5	5	1	0	1	5	0	2	0	0	5	0		2,04	3	3,4	6	122	38,9	VT
Hämeenlinna	392	5	5	5	4	1	3	3	0	3	0	0	5	0		2,61	3,2	3,2	7	111	35,4	MT
Hämeenlinna	393	5	5	5	4	2	0	5	0	5	0	0	5	0		2,83	2,4	3	6	111	35,4	CT
Hämeenlinna	394	5	5	5	1	5	2	0	4	0	0	0	0	0		2,39	2,2	3	6	143	45,5	MT
Hämeenlinna	395	5	5	5	5	4	2	4	0	2	0	0	3	0		2,97	2,8	3,2	7	129	41,1	MT
Hämeenlinna	396	5	5	5	1	5	0	2	5	0	0	0	0	0		2,48	2,6	3	6	104	33,1	MT
Hämeenlinna	398	5	5	5	4	4	0	1	0	0	0	0	5	4		2,03	3	3,2	5	86	27,4	MT
Hämeenlinna	400	5	5	5	2	1	0	3	0	1	0	0	5	0		1,79	3,2	3,6	6	104	33,1	VT
Hämeenlinna	402	5	5	5	2	0	0	0	2	0	0	0	3	3		1,41	2,2	4	4	100	31,8	OMT
Hämeenlinna	416	5	5	5	3	5	0	2	5	1	0	0	0	0		2,81	2	3	7	143	45,5	VT
Hämeenlinna	418	5	5	5	5	5	5	1	2	1	0	0	3	0		3,21	2,4	3	8	94	29,9	MT
Hämeenlinna	424	5	5	5	2	5	1	1	1	0	0	0	3	0		2,17	2,2	3,2	7	128	40,8	VT
Hämeenlinna	427	5	5	5	4	0	0	1	1	0	0	0	3	2		1,63	3,2	4	5	96	30,6	MT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- ritys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Hämeenlinna	429	5	5	5	4	5	0	5	1	1	0	0	5	0		2,85	3	3	7	151	48,1	MT
Hämeenlinna	430	5	5	5	5	5	4	5	1	5	0	0	4	0		3,92	2,6	3	8	141	44,9	VT
Hämeenlinna	433	5	5	5	5	5	0	1	1	0	0	0	5	0		2,37	3,2	3	6	134	42,7	MT
Hämeenlinna	437	5	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0		2,05	3	3,8	4	120	38,2	MT
Hämeenlinna	438	5	5	5	5	1	0	0	5	0	0	0	1	0		2,17	2,4	3,6	5	130	41,4	MT
Hämeenlinna	441	5	5	3	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0		1,44	2,6	4	4	89	28,3	MT
Hämeenlinna	443	5	5	5	5	0	1	0	0	1	0	0	5	3		1,76	3,2	3,8	5	92	29,3	MT
Hämeenlinna	445	5	5	5	5	4	0	4	2	0	0	0	4	1		2,70	3,6	3,4	6	84	26,8	MT
Hämeenlinna	446	5	5	5	2	3	5	4	1	3	0	0	5	0		3,12	3	3	8	110	35,0	MT
Hämeenlinna	448	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0		1,52	3	4	3	92	29,3	OMT
Hämeenlinna	449	5	5	5	4	1	1	0	5	0	0	0	0	0		2,19	2,2	3,6	6	105	33,4	MT
Hämeenlinna	454	5	5	5	5	2	2	4	0	3	0	0	4	0		2,84	2,6	3,4	7	85	27,1	VT
Hämeenlinna	458	5	5	5	5	5	1	4	0	0	0	0	2	0		2,74	2,8	3,2	6	127	40,4	MT
Hämeenlinna	603	5	5	5	3	0	0	0	5	0	0	0	2	0		1,84	4	4	4	90	28,7	MT
Hämeenlinna	332	5	5	5	5	1	0	1	0	2	0	0	4	0		1,99	3,2	3,6	6	126	40,1	MT
Hämeenlinna	340	5	5	5	5	2	1	0	0	1	0	0	5	0		2,01	3,2	3,6	6	122	38,9	MT
Hämeenlinna	343	5	5	5	4	4	1	3	1	1	0	0	3	0		2,61	2,6	3,2	8	121	38,5	MT
Hämeenlinna	370	5	5	5	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,84	3	4	4	94	29,9	MT
Hämeenlinna	460	5	5	5	5	5	0	4	1	1	0	0	3	0		2,84	3	3	7	128	40,8	MT
Hämeenlinna	436	5	5	5	1	1	3	2	2	2	0	0	3	0		2,27	3	3,2	8	108	34,4	MT
Iitti	605	5	4	5	4	0	0	1	0	0	0	0	2	0		1,43	4,2	4	4	128	40,8	MT
Iitti	606	5	5	5	4	0	0	0	5	1	0	0	0	0		2,06	3	3,8	5	81	25,8	VT
Iitti	607	5	5	5	3	2	5	2	5	0	0	0	0	0		2,94	3	3	7	89	28,3	MT
Iitti	608	5	5	5	5	0	0	3	1	2	0	0	3	0		2,21	3,2	3,6	6	127	40,4	VT
Janakkala	381	5	5	5	4	0	0	2	3	0	0	0	3	0		1,96	3,6	4	5	114	36,3	MT
Janakkala	383	5	5	5	2	1	0	1	0	2	0	0	3	1		1,67	3	3,4	6	79	25,2	MT
Janakkala	387	5	5	5	0	0	0	3	4	2	0	1	3	0		2,12	3,2	3,6	6	83	26,4	MT
Janakkala	389	5	5	5	2	3	0	0	5	1	0	0	1	0		2,22	2,8	3,4	6	120	38,2	VT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	YL Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Janakkala	391	5	5	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0		1,41	3,4	3,8	4	87	27,7	MT
Janakkala	399	5	5	5	3	0	0	3	1	0	0	1	5	0		1,89	3,4	4	6	93	29,6	VT
Janakkala	403	5	5	5	0	1	0	5	0	1	0	0	3	2		1,81	3	3,6	5	124	39,5	MT
Janakkala	404	5	5	5	1	0	0	2	2	2	0	0	3	0		1,77	3,2	3,6	6	105	33,4	VT
Janakkala	406	5	5	5	3	2	0	1	5	0	0	0	0	0		2,20	3	3,4	6	95	30,3	MT
Janakkala	407	5	5	5	0	3	1	2	2	0	0	0	4	0		1,93	3,4	3,2	6	85	27,1	MT
Janakkala	415	5	5	5	5	1	0	3	0	0	0	0	3	0		2,00	3	3,8	5	107	34,1	VT
Janakkala	425	5	5	5	0	1	5	1	4	0	0	0	1	0		2,27	3	3	6	123	39,2	OMT
Janakkala	432	5	5	5	4	2	2	5	0	3	0	0	5	0		2,85	3,4	3,4	7	102	32,5	VT
Janakkala	439	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0		1,52	3	4	3	110	35,0	MT
Janakkala	368	5	5	5	4	3	2	1	5	2	0	0	2	0		2,92	3	3	8	91	29,0	MT
Jokioinen	306	5	5	5	2	0	0	3	0	0	0	0	4	0		1,55	3,4	4	4	151	48,1	MT
Jokioinen	307	5	5	5	2	0	2	5	0	4	0	0	5	0		2,50	3,6	3,2	6	109	34,7	VT
Jokioinen	308	5	5	5	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0		1,22	3	4	4	97	30,9	MT
Jokioinen	309	5	5	4	0	0	0	1	0	3	0	0	5	0		1,35	3	3,4	4	107	34,1	MT
Jokioinen	310	5	5	5	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0		1,41	3	4	4	83	26,4	MT
Jokioinen	312	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	1	0	0		1,75	2,8	4	5	120	38,2	VT
Kärkölä	457	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0,20	5	4,6	1	157	50,0	MT
Kärkölä	462	5	5	5	0	2	1	4	1	4	0	0	0	0		2,40	2,2	2,6	7	101	32,2	VT
Kärkölä	467	5	5	5	2	0	0	5	4	0	0	0	3	0		2,21	2	4	5	104	33,1	MT
Kärkölä	455	5	5	5	3	3	2	5	0	4	0	0	4	0		2,98	3	3,2	7	110	35,0	CT
Kärkölä	459	5	5	4	4	2	4	3	0	4	0	0	4	0		2,88	3,4	3,2	7	142	45,2	VT
Kärkölä	463	5	5	5	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0		1,82	3	3,6	4	101	32,2	VT
Kärkölä	464	5	5	5	4	1	0	2	0	2	0	0	4	0		2,00	3,4	3,6	6	89	28,3	MT
Kärkölä	465	5	5	3	1	1	1	0	5	0	0	2	0	0		1,93	2,8	3,6	7	91	29,0	VT
Kärkölä	474	5	5	5	5	1	3	4	0	5	0	0	5	0		3,07	2	2,6	7	150	47,8	CT
Lahti	489	5	5	5	3	3	1	5	0	2	0	0	5	0		2,62	2	2,8	7	118	37,6	MT
Lahti	493	5	5	5	2	2	0	4	1	4	0	0	5	2		2,49	2,2	3	7	122	38,9	MT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	Yl. Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Lahti	494	5	5	5	4	0	1	2	0	3	0	0	5	0		2,12	2,2	3,2	6	83	26,4	MT
Lahti	500	5	5	5	2	0	0	1	2	0	0	0	4	0		1,53	1,8	4	5	106	33,8	MT
Lahti	503	5	5	5	5	1	4	0	0	5	0	0	4	0		2,72	2,8	3	6	120	38,2	MT
Lahti	507	5	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	5	5		0,90	4	4	3	72	22,9	OMT
Lahti	508	5	5	5	4	0	0	0	5	0	0	0	5	5		1,94	3,4	4	4	78	24,8	MT
Lahti	510	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0		0,89	2,4	4	2	99	31,5	MT
Lahti	512	5	5	5	4	1	0	4	0	3	0	0	4	0		2,35	2,6	2,8	6	85	27,1	MT
Lahti	513	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1		0,49	3	4	1	89	28,3	MT
Lahti	514	5	5	5	5	0	2	0	3	5	1	0	5	5		2,80	3,2	3	7	94	29,9	CT
Lahti	517	5	5	5	4	4	3	4	0	4	1	0	4	2		3,36	2,8	3	8	134	42,7	MT
Lahti	520	5	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	5	0		1,21	2,8	4	3	110	35,0	MT
Lahti	521	5	5	5	1	0	0	0	2	0	0	0	5	2		1,30	2,2	4	4	74	23,6	MT
Lahti	524	5	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	1	3		2,05	2,6	4	4	87	27,7	MT
Lahti	527	5	5	5	4	1	1	1	0	5	0	1	5	5		2,48	2,6	3	8	113	36,0	OMT
Lahti	531	5	5	5	4	0	0	2	1	1	0	0	4	1		1,87	2,6	3,8	6	123	39,2	MT
Lahti	532	5	5	5	3	1	1	0	2	3	0	0	4	2		2,11	2,4	3,4	7	98	31,2	MT
Lahti	534	5	2	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5		1,01	4,6	4	3	118	37,6	MT
Lahti	536	5	5	5	3	2	1	4	4	2	0	0	3	0		2,81	3	3	8	97	30,9	MT
Lahti	537	5	5	5	4	1	1	0	5	0	0	0	2	2		2,19	2,8	3,8	6	66	21,0	MT
Lahti	538	5	5	5	5	2	0	3	5	5	0	0	1	2		3,23	2,6	2,6	7	121	38,5	VT
Lahti	540	5	5	5	1	0	2	0	0	5	0	0	5	0		1,92	2,6	2,2	5	90	28,7	MT
Lahti	543	5	5	5	2	0	0	0	2	0	0	0	3	1		1,41	2,6	4	4	105	33,4	MT
Lahti	547	5	5	5	5	0	0	2	2	0	0	0	5	1		1,97	2	4	5	116	36,9	MT
Lahti	549	5	5	5	5	0	3	2	0	2	0	0	2	0		2,36	2	3,2	6	105	33,4	MT
Lahti	550	5	5	5	4	3	0	3	4	3	0	0	1	0		2,91	2	3,2	7	95	30,3	CT
Lahti	551	5	5	5	4	0	1	2	4	3	0	0	5	0		2,54	2	3,2	7	92	29,3	MT
Lahti	560	5	5	5	0	1	0	0	0	0	0	0	5	3		1,11	3	3,8	3	92	29,3	VT
Lahti	574	5	5	5	2	1	1	3	0	3	0	0	5	0		2,15	2,2	3,2	7	139	44,3	VT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	YL Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Lahti	578	5	5	5	1	2	1	0	3	3	0	1	5	1		2,26	3	3,6	8	95	30,3	MT
Lahti	582	5	5	5	1	0	2	4	2	5	0	0	4	1		2,60	2	2,8	7	99	31,5	CT
Loppi	344	5	5	5	5	0	0	2	1	0	0	0	4	0		1,86	3	4	5	93	29,6	VT
Loppi	348	5	5	5	3	0	2	4	0	2	0	0	4	0		2,26	2,8	3,4	6	81	25,8	MT
Loppi	353	5	5	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0		1,30	3	4	3	119	37,9	VT
Loppi	397	5	5	5	4	0	0	2	0	1	0	0	4	0		1,76	3,2	3,8	5	110	35,0	CT
Loppi	342	5	4	5	5	0	0	1	0	1	0	0	3	0		1,65	3	3,8	5	101	32,2	VT
Loppi	350	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,62	2,8	4	4	143	45,5	MT
Loppi	352	5	5	5	4	0	3	5	1	0	0	0	5	0		2,48	3,2	3,6	6	122	38,9	MT
Loppi	354	5	5	5	2	0	2	3	1	0	0	0	3	0		1,91	2,8	3,4	6	93	29,6	MT
Loppi	358	5	5	5	3	4	5	5	5	5	0	0	0	0		4,13	3,2	3	8	140	44,6	CT
Loppi	367	5	5	5	3	3	3	5	0	5	0	0	2	0		3,22	2,8	2,8	7	117	37,3	MT
Loppi	369	5	5	5	5	0	4	5	0	5	0	0	3	0		3,18	3	3	6	140	44,6	VT
Loppi	374	5	5	5	0	1	3	2	1	0	0	0	3	0		1,82	3	3,2	6	118	37,6	VT
Loppi	375	5	5	5	3	0	5	5	1	4	1	0	4	0		3,22	3,4	3	8	88	28,0	MT
Loppi	382	5	5	5	3	1	5	5	4	0	0	0	3	0		3,06	3	3	7	96	30,6	MT
Loppi	390	5	5	5	3	0	2	4	0	4	0	0	5	0		2,49	3	3,2	6	97	30,9	MT
Orimattila	483	5	5	5	5	1	4	2	1	2	0	0	3	1		2,71	3	3	8	100	31,8	VT
Orimattila	516	5	5	5	1	0	0	3	0	4	0	0	5	0		1,91	2,2	2,4	5	127	40,4	MT
Orimattila	571	5	5	5	4	2	5	3	2	5	1	0	4	1		3,57	2	2,8	9	107	34,1	CT
Orimattila	590	5	5	5	3	4	1	5	2	0	0	0	3	0		2,73	3,2	3,2	7	80	25,5	VT
Orimattila	480	5	5	4	1	0	0	0	5	1	0	0	0	5		1,64	3	3,8	5	124	39,5	MT
Orimattila	487	5	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0		1,20	2	4	3	103	32,8	MT
Orimattila	497	5	5	5	2	0	1	0	5	0	0	0	0	0		1,85	3	3,8	5	131	41,7	MT
Orimattila	501	5	5	5	3	3	1	4	0	0	0	0	5	0		2,27	3	3,4	6	119	37,9	VT
Orimattila	504	5	5	5	4	0	1	0	5	0	0	0	0	0		2,07	3	4	5	110	35,0	VT
Orimattila	509	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	2	0		1,62	3	4	4	69	22,0	VT
Orimattila	522	5	5	5	4	0	1	3	5	4	0	0	1	0		2,88	2,8	3,2	7	124	39,5	VT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	YL Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Orimattila	525	5	5	5	1	0	1	5	0	3	0	0	1	0		2,15	3	3,4	6	89	28,3	VT
Orimattila	526	5	5	5	4	0	2	1	1	2	0	0	2	0		2,12	3,2	3,2	7	132	42,0	MT
Orimattila	530	5	5	5	2	0	0	0	5	0	0	0	0	1		1,73	3	4	4	91	29,0	MT
Orimattila	533	5	5	4	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,63	2	4	4	100	31,8	MT
Orimattila	535	5	5	5	5	1	3	5	0	5	0	0	5	0		3,18	2	2,4	7	94	29,9	MT
Orimattila	544	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,62	2,8	4	4	126	40,1	MT
Orimattila	545	5	5	5	5	3	2	4	0	2	0	0	5	0		2,84	2	2,6	7	107	34,1	CT
Orimattila	546	5	5	5	4	0	1	5	0	4	0	0	5	0		2,59	2	2,6	6	145	46,2	VT
Orimattila	552	5	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1,52	3	4	7	117	37,3	MT
Orimattila	557	5	5	5	5	3	5	5	0	5	0	0	3	0		3,68	3,2	3	7	76	24,2	VT
Orimattila	564	5	5	5	4	0	0	2	0	2	0	0	4	0		1,88	2	3,6	5	109	34,7	MT
Orimattila	576	5	5	5	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0		1,21	3,8	3,8	4	130	41,4	OMT
Orimattila	591	5	5	5	5	0	2	5	0	2	0	0	2	0		2,59	3	3,4	6	119	37,9	MT
Padasjoki	468	5	5	5	3	0	0	3	1	0	0	0	5	2		1,76	3	3,6	5	132	42,0	OMT
Padasjoki	444	5	5	5	1	5	0	1	5	0	0	0	0	0		2,37	2	3	6	118	37,6	MT
Riihimäki	413	5	5	5	3	0	0	0	1	0	0	0	5	0		1,41	3,8	4	4	103	32,8	OMT
Riihimäki	401	5	5	5	3	0	0	2	4	0	0	0	5	0		1,96	3	4	5	94	29,9	MT
Riihimäki	405	5	5	5	2	4	5	0	5	0	0	0	4	0		2,85	3	3,2	6	81	25,8	MT
Riihimäki	409	5	5	5	2	4	3	5	1	5	0	0	3	0		3,35	3	3	8	140	44,6	VT
Riihimäki	410	5	5	5	4	0	0	4	0	2	0	0	5	0		2,11	3,4	3,6	5	129	41,1	MT
Riihimäki	411	5	4	5	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0		1,31	3,8	4	3	138	43,9	MT
Riihimäki	412	5	5	5	2	0	0	4	1	0	0	0	5	0		1,77	3,2	4	5	115	36,6	VT
Riihimäki	414	5	5	5	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0		1,30	3	4	5	124	39,5	MT
Riihimäki	417	5	5	5	2	0	1	0	2	0	0	0	5	0		1,53	3,6	3,8	5	113	36,0	MT
Riihimäki	419	5	5	5	1	0	0	0	5	0	0	0	1	0		1,62	3	4	4	144	45,9	MT
Riihimäki	420	5	5	4	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0		1,53	3,2	3,8	4	115	36,6	VT
Riihimäki	421	5	5	5	2	0	1	1	0	1	0	0	2	0		1,56	3	3,8	6	135	43,0	MT

Kunta	Ala	Runkojen lkm	Frekvenssilajien esiintyminen													IAP	Hyp. Vaur	YL Vaur	Laji- lkm	Runko- jen ympä- rys- mitta	Runko- jen halkai- sija	Tausta- tietoja
			Hypphy	Paramb	Ph&lal	Bryoria	Usnea	Plagla	Vulpin	Psefur	Tuchlo	Parsul	Hypsca	AlgSco								
Riihimäki	423	5	5	3	2	5	3	5	0	3	0	0	5	0		2,94	3,2	3	7	96	30,6	MT
Sysmä	511	5	5	5	2	0	0	1	1	1	0	0	2	0		1,54	3,2	3,8	6	111	35,4	MT
Sysmä	515	5	5	5	2	2	2	1	3	2	0	0	3	0		2,37	3	3,2	8	108	34,4	MT
Tammela	316	5	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		1,09	4	4	3	97	30,9	VT
Tammela	324	5	5	5	5	1	1	5	0	5	0	0	1	0		2,93	3	3	7	159	50,6	VT
Tammela	330	5	5	5	3	0	0	2	3	0	0	0	5	0		1,86	3	4	5	107	34,1	MT
Tammela	336	5	5	5	4	0	1	4	1	0	0	0	0	0		2,11	3,2	4	6	122	38,9	CT
Tammela	337	5	5	5	2	0	4	4	0	1	0	0	0	0		2,28	3,2	3,2	6	124	39,5	VT
Tammela	325	5	5	5	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0		1,64	3,2	4	4	84	26,8	MT
Tammela	326	5	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0		1,52	3	4	3	109	34,7	MT
Tammela	327	5	0	5	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0		1,34	5	4	3	119	37,9	MT
Tammela	329	5	5	5	3	0	1	4	0	0	0	0	5	0		1,90	3	3,8	5	104	33,1	MT
Tammela	331	5	5	5	5	0	0	2	0	0	0	0	5	0		1,75	3	4	4	121	38,5	VT
Tammela	333	5	5	5	5	0	0	1	2	0	0	0	0	0		1,85	3	4	5	131	41,7	VT
Tammela	334	5	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0		1,41	3	4	3	84	26,8	MT
Tammela	335	5	5	5	4	0	2	5	0	3	0	0	1	0		2,60	3	3,4	6	103	32,8	VT
Tammela	338	5	5	5	5	0	1	4	0	1	0	0	5	0		2,23	3	3,6	6	113	36,0	VT
Tammela	313	5	5	5	1	2	5	5	1	5	0	0	2	0		3,24	3	3	8	84	26,8	MT
Ypäjä	300	5	5	5	1	1	3	5	0	2	0	0	3	0		2,41	2,8	3,2	7	121	38,5	VT
Ypäjä	301	5	5	5	3	1	0	4	0	0	0	0	5	0		1,90	3	4	5	138	43,9	VT
Ypäjä	302	5	5	5	5	0	0	5	0	1	0	0	2	0		2,22	3	3,8	5	113	36,0	VT
Ypäjä	303	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0		0,98	3	4	2	94	29,9	MT
Ypäjä	304	5	5	5	5	0	1	5	0	3	0	0	3	0		2,58	3,4	3,4	6	95	30,3	MT
Ypäjä	305	5	5	5	1	1	5	4	0	2	1	0	5	0		2,68	3,8	3	8	100	31,8	VT
Esiintyy x kpl tutkimusalueella (yhteensä 303 alaa)			301	302	259	130	137	173	185	147	11	10	247	51	Alo- jen ka	2,1	2,9	3,5	5,5	108,1	34,4	

Liite 26b. Jäkelätutkimuksen tulokset: frekvenssilajien runsaus

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Asikkala	461	3	3	1,8	2	0	2,2	0,4	0,2	0	0	1,2
Asikkala	502	3	3	1,4	0	0,2	0	1,4	0,2	0	0	0,2
Asikkala	518	2,6	3	1,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0,2	0,8
Asikkala	528	3	3	0,4	1,2	1	0	0	0,2	0	0	0,6
Asikkala	460	3	3	2,6	2	0	2,2	0,2	0,4	0	0	0,6
Asikkala	469	3	3	0,6	1,6	2,8	2,6	0,6	0,6	0	0	0,4
Asikkala	470	3	3	0,4	0,6	0,2	0	3	0	0	0	0
Asikkala	472	3	3	1,8	0	0	0	3	0	0	0	0
Asikkala	475	3	2,4	0,2	0	0	0	2,4	0,6	0	0	0
Asikkala	481	3	3	1,6	0	0,2	1,2	0	0	0	0	0,6
Asikkala	485	2,4	3	2,6	0	0	0,2	0	0	0	0	1
Asikkala	486	3	3	0	0,4	0,4	0	1,2	0	0	0	0,8
Asikkala	490	3	3	0,8	0,6	0,2	2,6	0	0,2	0	0	1,2
Asikkala	492	3	3	0,8	0	0,4	0	2,4	0	0	0	0,6
Asikkala	498	3	3	3	0	0	0,6	3	0	0	0	0,2
Asikkala	499	2,4	2,6	0,8	0,6	0,6	0	0,2	0	0	0	0
Asikkala	505	3	3	1	0	0	0	1,6	0,4	0	0	0,2
Asikkala	506	3	3	0,4	0	0,2	0	1,2	0,6	0	0	1
Asikkala	519	3	3	1,8	0,2	0,4	0,8	0,4	0,6	0	0	1
Asikkala	523	3	3	1,2	0	0,8	1	0,2	1,2	0	0,2	0,4
Asikkala	529	3	3	0,6	0,6	0	0	0,4	0,2	0	0	0,6
Asikkala	539	3	3	0,2	0,2	0,8	1	0	0	0	0	1,2

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauc</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Asikkala	542	3	3	0,6	0,4	1	0,4	0	0,2	0	0	0,6
Forssa	314	3	3	0	0	0,2	3	2,4	1,8	0	0	0
Forssa	319	3	3	1,4	0	0	0	1,2	0	0	0	0,4
Forssa	311	3	3	3	0,2	1	1,4	0	0,2	0	0	1,2
Forssa	313	3	3	0,2	1	2,8	3	0,2	3	0	0	0,4
Forssa	315	2,6	2,8	0,2	0	0	0	0,2	0	0,2	0	1
Forssa	317	3	3	0,6	0	0	1,8	0,4	0,2	0	0	0,2
Forssa	318	3	3	1	0	0	1,2	0,2	0	0	0	0,6
Forssa	320	3	3	1	0	0	0	2,8	0	0	0	0
Forssa	321	3	2,8	0,4	0	0	0	0,4	0	0	0	2
Forssa	322	3	3	1,6	0	0	0,4	0	1	0	0	1
Forssa	323	2,4	3	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Forssa	328	3	3	1,2	0	0,2	0	3	0	0	0	0
Hartola	541	2,4	3	2,6	1,2	0	0	0,6	0	0	0	1
Hartola	561	3	3	2,6	1	0,2	0	0,4	0,4	0	0	1
Hartola	565	3	3	1,8	0	0,2	0	3	0	0	0	0
Hartola	573	2,8	3	0,2	0	0	0	2,8	0	0	0	0
Hartola	595	3	3	0,8	0,2	0	0	0,6	0	0	0	0,8
Hattula	340	3	3	2,6	0,4	0,2	0	0	0,2	0	0	1,6
Hattula	359	3	3	0	0	0	0	2	0,2	0	0	0
Hattula	360	3	2,4	0	0	0	0	0	0,4	0	0	2
Hattula	361	2,8	2,8	0	2	0	0	1,6	0	0	0	0,6
Hattula	363	3	3	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0,6

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Hattula	332	3	3	2,6	0,2	0	0,4	0	1	0	0	0,8
Hattula	343	3	2,8	1,2	1,4	0,2	1,6	0,4	0,2	0	0	0,8
Hausjärvi	422	3	3	1,2	0,4	1,2	2,8	0	0	0	0	1,4
Hausjärvi	435	3	3	0,6	1,2	1,6	2,8	0,2	0	0	0	2
Hausjärvi	426	3	2,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1,4
Hausjärvi	428	3	3	2,2	0	0	3	0	0	0	0	1
Hausjärvi	431	3	3	0,8	0,2	0	0	2,8	0	0	0	0,2
Hausjärvi	434	3	3	1,4	0	0	3	0	0,8	0	0	1,8
Hausjärvi	440	3	3	1,4	0,6	0,2	2,6	0,2	1	0	0	0,4
Hausjärvi	442	3	3	2,4	0	0,2	2,2	0	0,8	0	0	0,8
Hausjärvi	447	3	0,4	0	0	0	0	2,6	0	0	0	0
Hausjärvi	450	2,8	2,8	1,6	0	0	0,4	0	0	0	0	0,8
Hausjärvi	452	3	3	0,2	0,2	0	0	1,2	0	0	0,2	1
Hausjärvi	457	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hausjärvi	601	2	3	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0	1,2
Hausjärvi	604	3	2,6	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0
Heinola	548	2,8	3	2,2	0	0,8	0	0,2	0	0	0	0
Heinola	553	3	3	0,4	0	0	0	0	0	0	0	1,6
Heinola	555	3	3	0,2	0	0	0	2,8	0	0	0	0,4
Heinola	556	3	3	1	0	0	0	2,2	0	0,2	0	0,6
Heinola	559	3	3	1,4	0	0	0	0,2	0	0	0	1
Heinola	562	3	3	0,8	0	0	0	2,2	0	0	0	0
Heinola	566	3	3	0,8	0	0	0	1,8	0	0	0	1

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Heinola	567	3	3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	2
Heinola	568	0,4	2,6	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Heinola	570	1,8	3	2,6	0,4	1,2	0	0	1,8	0	0	2
Heinola	572	3	3	3	0,4	0,2	0	0	0,6	0	0	1,2
Heinola	575	3	3	0,8	1,8	1,6	0,6	0	0,4	0,2	0	1,8
Heinola	581	3	1,8	0,6	0	0	0	0,4	0	0	0,2	1,8
Heinola	583	2,8	2,8	0	0,2	1,2	0,4	0	0,2	0	0	2
Heinola	584	3	1,4	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	1,2
Heinola	585	3	2	0,8	0,6	1	0	0	0	0	0	2
Heinola	586	3	3	0	0,2	0	0,8	0	0,2	0	0	1,4
Heinola	587	3	3	0,4	0,4	0,8	0,8	0,2	0,4	0	0	1,2
Heinola	588	2,8	3	1,2	0	0	0	0,2	0	0	0	1
Heinola	589	3	3	1	0	0	0	0	0,8	0	0	0,6
Heinola	592	3	3	1	0	0,4	0	0,2	0,6	0	0	0,6
Heinola	593	3	3	2,2	0	2,2	0,2	0,8	2,8	0	0	1
Heinola	596	3	3	0	1	1,4	0	2,4	0	0	0	0
Heinola	597	3	3	0,4	0,2	0	0	0,8	0,2	0	0	1,2
Heinola	602	2,2	3	2,8	0,4	2,2	0	0	2	0	0	0,8
Heinola	558	3	3	1,6	0	0	0,4	0	0,2	0	0	0,8
Heinola	569	3	3	2,8	0,8	1,6	2	0,8	2,8	0	0	0
Heinola	577	3	3	2,6	0,2	0,4	0,2	2,4	0	0	0	0
Heinola	579	3	2,2	0,2	0	0	0	0,2	0	0	0	2
Heinola	580	3	3	0,2	1,8	0,2	1,2	0,6	1	0,2	0	0,6

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Heinola	594	3	3	1	0	0,6	0	1,4	0	0	0	0,8
Heinola	598	3	3	1	0,2	0	0,4	1,2	0,2	0	0	0,6
Heinola	599	3	3	0,4	0	0	0	3	0	0	0	0
Hollola	471	3	3	0,6	0,4	0	0	2,2	0	0	0	0
Hollola	476	3	3	0	1	1,4	2,6	0,6	1	0	0	1,2
Hollola	479	3	2,6	0	0,4	0,2	1	1,2	0	0	0	1,6
Hollola	484	2,8	3	2,6	0	0	1	0,8	0	0	0	1,6
Hollola	495	2,6	2,8	0,2	0	0	1,2	0,2	0	0	0	2
Hollola	453	3	3	1,6	0,2	2,4	2,8	0,4	1,2	0	0	0,6
Hollola	466	3	3	0	0	0,4	0,6	2,4	0,2	0	0	0,2
Hollola	477	3	3	0,8	0,2	1	2,4	0,2	1	0	0	1,4
Hollola	482	3	3	0	1,6	0	0,2	0	0,2	0	0	1,8
Hollola	496	2,8	2,8	0,2	2	1,4	1	0,4	0,2	0,2	0	1,4
Hollola	456	2,8	2,8	0,2	0,2	0,4	1,6	0,4	2,2	0	0	2
Humppila	609	3	3	1	0	0	2	0,2	0,6	0	0	1
Humppila	610	3	3	0,2	0	0	0	2,8	0	0	0	0,2
Hämeenlinna	339	3	3	2,6	0	0	0	0,4	0	0	0	0,4
Hämeenlinna	349	3	3	2,8	0,4	0	2,6	0	0,6	0	0	1,2
Hämeenlinna	378	3	2,8	0	0,4	0,2	0	0,2	0,2	0	0	2
Hämeenlinna	436	3	3	0,2	0,2	0,8	1,2	0,4	0,4	0	0	0,6
Hämeenlinna	341	3	3	3	0	0,2	1,4	0	0,2	0	0	0,8
Hämeenlinna	345	3	3	1	0	0,2	2,2	0	0,6	0	0	1,2
Hämeenlinna	346	3	3	0,8	0,4	0	0	1,6	0	0	0	0,4

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Hämeenlinna	347	3	2,4	0	0,2	0	0	3	0	0	0	0
Hämeenlinna	351	3	3	2,2	0,2	0,2	2,8	0	0,4	0	0	0,4
Hämeenlinna	355	3	3	0	0	0,6	0,2	1,4	0	0	0	1,8
Hämeenlinna	356	3	3	0,4	0	0	0,2	3	0,2	0	0	0
Hämeenlinna	362	3	3	2,2	0,2	0,4	3	0	1,4	0	0	0,2
Hämeenlinna	364	3	3	0,6	0	0	2,4	0,6	0,8	0	0	0,8
Hämeenlinna	365	3	3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	1
Hämeenlinna	366	2,6	2,8	1,4	0	0	0	0,2	0	0	0	1,4
Hämeenlinna	368	3	3	2,2	0,6	0,6	0,6	1,8	0,8	0	0	0,4
Hämeenlinna	371	3	3	1,2	0	0	0,6	0	0	0	0	1,4
Hämeenlinna	372	3	3	1	0	0	0	0,4	0	0	0	0,2
Hämeenlinna	373	3	3	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,8
Hämeenlinna	376	3	3	1,4	0	0	0,4	2,4	0	0	0	0
Hämeenlinna	377	3	3	2	0,2	0,2	2	0	0,2	0	0	1
Hämeenlinna	379	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
Hämeenlinna	380	3	3	1,2	0,4	0	0	0	0	0	0	1,2
Hämeenlinna	384	3	3	0	0	0	0	0,6	0	0	0	1
Hämeenlinna	385	3	3	2,4	0	0	1	0,2	0	0	0	1
Hämeenlinna	386	3	2,8	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0
Hämeenlinna	388	3	3	0,2	0	0,2	3	0	0,4	0	0	1
Hämeenlinna	392	3	2,8	2,2	0,2	0,8	1,4	0	0,6	0	0	1
Hämeenlinna	393	3	3	1,8	0,8	0	2,6	0	2,8	0	0	2
Hämeenlinna	394	3	3	0,2	2,6	0,4	0	2,2	0	0	0	0

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Hämeenlinna	395	3	3	1,4	0,8	0,4	2,4	0	1	0	0	1
Hämeenlinna	396	3	3	0,2	2,2	0	0,6	3	0	0	0	0
Hämeenlinna	398	3	3	1,6	1,4	0	0,2	0	0	0	0	1,2
Hämeenlinna	400	3	3	0,6	0,2	0	1,2	0	0,2	0	0	1,6
Hämeenlinna	402	3	2,8	0,6	0	0	0	1,8	0	0	0	0,6
Hämeenlinna	416	3	3	0,8	3	0	0,8	3	0,2	0	0	0
Hämeenlinna	418	3	3	1,6	2,4	2	0,4	0,6	0,2	0	0	1
Hämeenlinna	424	3	3	0,6	1,8	0,2	0,2	0,6	0	0	0	0,6
Hämeenlinna	427	3	3	1,4	0	0	0,2	0,4	0	0	0	0,6
Hämeenlinna	429	3	3	2	2,8	0	2,2	0,2	0,2	0	0	1,2
Hämeenlinna	430	3	3	2,6	2	1,2	3	0,2	2,4	0	0	1,4
Hämeenlinna	433	3	3	1,6	2	0	0,6	0,2	0	0	0	1,6
Hämeenlinna	437	3	3	2,2	0	0	0	3	0	0	0	0
Hämeenlinna	438	3	3	2,2	0,2	0	0	2	0	0	0	0,2
Hämeenlinna	441	3	1,6	0	0	0	0,2	3	0	0	0	0
Hämeenlinna	443	3	3	3	0	0,2	0	0	0,2	0	0	2,2
Hämeenlinna	445	2,6	3	2,6	1,8	0	2,2	0,8	0	0	0	1,2
Hämeenlinna	446	3	3	0,8	0,8	2	2,4	0,6	0,8	0	0	1,2
Hämeenlinna	448	3	3	1,8	0	0	0	0	0	0	0	1,6
Hämeenlinna	449	3	3	1,2	0,2	0,2	0	3	0	0	0	0
Hämeenlinna	454	3	3	2,4	1	0,4	2,4	0	1,2	0	0	1,2
Hämeenlinna	458	3	3	2,2	1,2	0,2	2,4	0	0	0	0	0,6
Hämeenlinna	603	3	3	1,8	0	0	0	2,8	0	0	0	0,4

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
litti	605	2,2	3	2,2	0	0	0,2	0	0	0	0	0,6
litti	606	3	3	1,8	0	0	0	3	0,2	0	0	0
litti	607	3	3	1,4	0,8	1,4	1	2,4	0	0	0	0
litti	608	2,8	3	3	0	0	1,6	0,2	0,6	0	0	0,6
Janakkala	370	3	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0
Janakkala	381	3	3	1,6	0	0	1,2	1,2	0	0	0	0,6
Janakkala	383	3	3	1,2	0,4	0	0,2	0	0,6	0	0	0,6
Janakkala	387	3	3	0	0	0	1,6	1,8	0,4	0	0,2	0,6
Janakkala	389	3	3	0,6	0,6	0	0	3	0,2	0	0	0,2
Janakkala	391	3	3	0,8	0	0	0	1,2	0	0	0	0
Janakkala	399	2,8	3	1,8	0	0	1,6	0,2	0	0	0,2	1
Janakkala	403	3	3	0	0,2	0	2,6	0	0,2	0	0	0,6
Janakkala	404	2,8	3	0,4	0	0	0,8	0,4	0,6	0	0	0,6
Janakkala	406	3	3	0,6	0,4	0	0,2	2,6	0	0	0	0
Janakkala	407	3	3	0	1,2	0,6	0,8	0,4	0	0	0	1
Janakkala	415	3	3	3	0,4	0	1,2	0	0	0	0	0,6
Janakkala	425	3	3	0	0,2	1,8	0,6	2,4	0	0	0	0,2
Janakkala	432	2,6	3	2,2	0,8	1	2,8	0	1	0	0	1
Janakkala	439	3	3	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0,6
Jokioinen	306	3	3	0,8	0	0	1,2	0	0	0	0	0,8
Jokioinen	307	2,8	3	0,4	0	0,4	3	0	1,2	0	0	1
Jokioinen	308	3	3	0,6	0	0,2	0	0	0	0	0	0,4
Jokioinen	309	2,8	2	0	0	0	0,2	0	1,2	0	0	1

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Jokioinen	310	3	3	1	0	0	0	0,4	0	0	0	0,2
Jokioinen	312	3	3	0,2	0	0	0	2,8	0	0	0,2	0
Kärkölä	462	2,8	3	0	0,6	0,2	2,2	0,4	2,4	0	0	0
Kärkölä	467	3	3	0,4	0	0	2,2	1	0	0	0	0,6
Kärkölä	473	3	3	0,4	0	0,4	2,4	0,6	2	0	0	0,2
Kärkölä	455	3	3	0,6	1,2	0,6	3	0	1	0	0	0,8
Kärkölä	459	3	2,4	2,2	0,6	1,6	1,6	0	1,8	0	0	1
Kärkölä	463	3	3	0	0	0,4	1,8	0	0	0	0	0,2
Kärkölä	464	3	3	1,2	0,2	0	0,8	0	1	0	0	0,8
Kärkölä	465	3	1,2	0,2	0,2	0,2	0	2,8	0	0	0,4	0
Kärkölä	474	3	3	2,6	0,4	1	2	0	2,8	0	0	1,2
Lahti	488	3	3	1,6	0,2	0	0,4	1,8	0,2	0	0	0
Lahti	489	3	2,8	0,6	0,6	0,2	3	0	0,6	0	0	1,8
Lahti	493	3	3	0,4	0,4	0	2,2	0,2	1	0	0	1,8
Lahti	494	2,6	3	2	0	0,2	1	0	1,4	0	0	2
Lahti	500	3	3	0,4	0	0	0,2	1	0	0	0	1,4
Lahti	503	2,8	3	1	0,2	1,4	0	0	3	0	0	1,2
Lahti	507	3	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	2
Lahti	508	2,6	3	0,8	0	0	0	2,2	0	0	0	1,2
Lahti	510	3	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2
Lahti	512	3	3	1,2	0,2	0	2	0	1	0	0	1,2
Lahti	513	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4
Lahti	514	3	3	2,6	0	0,6	0	0,6	1,8	0,4	0	1,4

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Lahti	517	3	3	1	1,2	0,6	1,8	0	1,4	0,2	0	1,2
Lahti	520	2,2	2,8	1	0	0	0	0	0	0	0	1,8
Lahti	521	3	3	0,2	0	0	0	0,4	0	0	0	1,6
Lahti	524	3	3	1	0	0	0	1,8	0	0	0	0,2
Lahti	527	3	3	1	0,2	0,4	0,2	0	2	0	0,2	2
Lahti	531	3	3	0,8	0	0	1	0,4	0,2	0	0	1,6
Lahti	532	3	3	0,6	0,2	0,2	0	0,4	0,8	0	0	1
Lahti	534	1,2	2,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lahti	536	2,2	3	0,6	0,4	0,4	1	1	0,8	0	0	0,8
Lahti	537	3	3	0,8	0,2	0,2	0	3	0	0	0	0,4
Lahti	538	3	3	1,2	0,4	0	1,6	1,4	2,2	0	0	0,2
Lahti	540	3	3	0,6	0	0,4	0	0	3	0	0	2
Lahti	543	3	2,6	0,4	0	0	0	0,6	0	0	0	0,8
Lahti	547	3	2,4	1	0	0	0,8	0,4	0	0	0	1,8
Lahti	549	3	3	1,6	0	0,6	0,6	0	0,8	0	0	0,4
Lahti	550	3	3	0,8	0,8	0	1	0,8	1,4	0	0	0,2
Lahti	551	3	3	1,4	0	0,2	1	2	1,8	0	0	1,4
Lahti	560	3	2,2	0	0,2	0	0	0	0	0	0	2,2
Lahti	574	3	3	0,4	0,2	0,2	1,2	0	1,4	0	0	1,2
Lahti	578	3	3	0,4	0,4	0,2	0	1,2	1,4	0	0,2	1
Lahti	582	3	3	0,2	0	0,4	2	0,6	1,6	0	0	0,8
Loppi	344	3	3	2,6	0	0	1	0,2	0	0	0	0,8
Loppi	348	3	3	1,4	0	0,4	2,4	0	1,2	0	0	0,8

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Loppi	353	3	2,6	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0
Loppi	397	3	3	1,6	0	0	1,2	0	0,4	0	0	0,8
Loppi	342	2,4	3	2,6	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0,6
Loppi	350	3	3	0,2	0	0	0	3	0	0	0	0
Loppi	352	2,8	3	2	0	0,8	2,6	0,4	0	0	0	1
Loppi	354	3	3	0,8	0	0,8	1,8	0,2	0	0	0	0,8
Loppi	358	3	3	0,8	1,4	1,8	2	3	1,8	0	0	0
Loppi	367	3	3	1	0,6	1,2	2,6	0	3	0	0	0,4
Loppi	369	3	3	3	0	1,4	3	0	3	0	0	0,6
Loppi	374	3	3	0	0,2	0,6	1	0,2	0	0	0	0,6
Loppi	375	3	3	1,4	0	3	2,4	0,2	1,4	0,4	0	0,8
Loppi	382	3	3	1,4	0,2	1,4	3	1,4	0	0	0	0,6
Loppi	390	3	3	1,8	0	0,4	2,2	0	1,6	0	0	1,4
Orimattila	483	2,8	3	2,8	0,2	0,8	0,6	0,2	0,8	0	0	0,6
Orimattila	516	3	3	0,2	0	0	1,6	0	1,4	0	0	2
Orimattila	571	3	3	1,8	0,6	1,4	1	0,4	3	0,2	0	1,2
Orimattila	590	3	3	1,2	0,8	0,2	2,4	0,6	0	0	0	0,6
Orimattila	480	3	1,6	0,2	0	0	0	2,8	0,2	0	0	0
Orimattila	487	3	3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1,2
Orimattila	497	3	3	0,4	0	0,2	0	3	0	0	0	0
Orimattila	501	3	3	1	0,8	0,4	2,4	0	0	0	0	1,2
Orimattila	504	3	3	1,2	0	0,2	0	3	0	0	0	0
Orimattila	509	3	3	0,4	0	0	0	3	0	0	0	0,4

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Orimattila	522	3	3	1,6	0	0,2	1,2	3	1,6	0	0	0,2
Orimattila	525	3	3	0,4	0	0,2	3	0	1,6	0	0	0,2
Orimattila	526	3	3	2	0	0,6	0,6	0,6	0,8	0	0	0,4
Orimattila	530	3	3	0,8	0	0	0	2,4	0	0	0	0
Orimattila	533	3	2	0,4	0	0	0	2,8	0	0	0	0
Orimattila	535	3	3	2,2	0,2	1	3	0	3	0	0	1,4
Orimattila	544	3	3	0,2	0	0	0	2,6	0	0	0	0
Orimattila	545	3	3	2,6	0,6	0,6	2	0	0,6	0	0	1,8
Orimattila	546	3	3	2,2	0	0,2	2,8	0	1,8	0	0	2
Orimattila	552	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Orimattila	557	3	3	3	0,8	1,8	2,6	0	3	0	0	0,6
Orimattila	564	3	3	0,8	0	0	0,6	0	0,6	0	0	1,2
Orimattila	576	3	3	0,2	0	0	0	0	0,6	0	0	0,6
Orimattila	591	2,8	3	2,6	0	0,4	2,6	0	0,4	0	0	0,6
Padasjoki	468	3	3	0,6	0	0	0,6	0,2	0	0	0	2
Padasjoki	444	3	3	0,2	3	0	0,2	3	0	0	0	0
Riihimäki	413	3	3	1	0	0	0	0,2	0	0	0	2
Riihimäki	401	3	3	1,2	0	0	1	1,4	0	0	0	1
Riihimäki	405	3	3	0,6	1,4	2,6	0	2,4	0	0	0	0,8
Riihimäki	409	3	3	0,8	1,2	1	3	0,2	3	0	0	0,6
Riihimäki	410	3	3	2	0	0	1,8	0	1	0	0	1
Riihimäki	411	2,4	2,6	0	0	0	0	1	0	0	0	1,4
Riihimäki	412	3	2,8	0,4	0	0	2,2	0,2	0	0	0	1

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Riihimäki	414	3	2,6	0	0	0	0	0,6	0	0	0	1,4
Riihimäki	417	2,2	2,2	0,8	0	0,2	0	0,4	0	0	0	1,4
Riihimäki	419	3	3	0,2	0	0	0	2,6	0	0	0	0,2
Riihimäki	420	3	2,4	0	0	0	0	2,6	0,2	0	0	0
Riihimäki	421	3	3	0,6	0	0,4	0,4	0	0,2	0	0	0,6
Riihimäki	423	3	1,8	1	1,4	1,2	2,2	0	0,8	0	0	1,4
Sysmä	511	3	3	0,4	0	0	0,2	0,4	0,2	0	0	0,4
Sysmä	515	3	3	0,8	0,6	0,4	0,2	1,4	0,4	0	0	0,6
Tammela	316	2,4	3	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Tammela	324	3	3	2,6	0,2	0,2	3	0	2,4	0	0	0,2
Tammela	330	3	3	1	0	0	0,6	1	0	0	0	1
Tammela	336	3	3	1,8	0	0,2	2	0,4	0	0	0	0
Tammela	337	3	3	1	0	2	2,4	0	0,2	0	0	0
Tammela	325	3	3	0	0,2	0	0	2,6	0	0	0	0
Tammela	326	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0,2
Tammela	327	0	3	2,2	0	0	0	1,8	0	0	0	0,2
Tammela	329	3	3	0,8	0	0,2	2	0	0	0	0	1
Tammela	331	3	3	2,6	0	0	0,6	0	0	0	0	1
Tammela	333	3	3	2,4	0	0	0,2	1	0	0	0	0
Tammela	334	3	3	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0,6
Tammela	335	3	3	2,2	0	0,4	2,8	0	1,4	0	0	0,2
Tammela	338	3	3	2,6	0	0,4	2,2	0	0,4	0	0	1,4
Ypäjä	300	3	3	0,4	0,2	0,6	3	0	0,4	0	0	0,6

Kunta	Ala	Frekvenssilajien runsaus (0-3)										
		Sormipaisukarve	Keltatyvikarve	Harmaatyvi- ja tuhkatyvikarve	Lupot	Naavat	Harmaaröyhelö	Keltaröyhelö	Hankakarve	Ruskoröyhelö	Raidanisokarve	Seinäsuomujäkälä
		<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>P. hyperopta, Imshaugia aleurites</i>	<i>Bryoria spp.</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Platismatia glauc</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
Ypäjä	301	3	3	1	0,2	0	1,4	0	0	0	0	1
Ypäjä	302	3	3	2	0	0	2,8	0	0,4	0	0	0,4
Ypäjä	303	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ypäjä	304	3	3	2,8	0	0,2	2,6	0	0,8	0	0	0,6
Ypäjä	305	3	2,8	0,6	0,4	2,4	2,4	0	0,6	0,2	0	1
Keskiarvo		2,91	2,88	1,07	0,31	0,33	0,88	0,82	0,47	0,01	0,01	0,80

Liite 27. Sammalnäytteiden tulokset

Ala	Kunta	Elohopea (Hg)	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)
		mg/kg dry							
485	Asikkala	0,04	0,2	2,4	4,7	0,92	2,2	34	0,67
490	Asikkala	<0,03	0,098	3,3	4,5	0,86	1,8	33	0,84
492	Asikkala	0,034	0,094	3,8	5,1	1,2	2,0	31	1,2
314	Forssa	0,034	0,1	2,3	7,0	0,74	1,7	29	0,69
315	Forssa	0,036	0,16	3,5	6,9	1,3	2,8	48	0,94
318	Forssa	<0,03	0,087	1,8	6,2	0,69	1,5	29	0,48
319	Forssa	0,03	0,11	3,5	7,3	1,8	2,8	40	1,2
321	Forssa	0,035	0,11	2,8	6,4	1,1	2,1	41	1,0
322	Forssa	0,04	0,14	3,7	5,8	1,1	2,5	33	1,1
565	Hartola	<0,03	0,082	1,6	3,5	0,81	1,2	26	0,57
573	Hartola	<0,03	0,097	2,2	5,3	0,71	1,4	36	0,69
363	Hattula	0,041	0,13	4,6	6,9	1,4	2,9	35	1,4
426	Hausjärvi	0,051	0,17	5,3	7,8	2,3	3,3	42	1,4
434	Hausjärvi	0,036	0,13	2,5	5,6	0,98	1,7	32	0,72
442	Hausjärvi	<0,03	0,12	1,9	5,0	0,9	1,1	53	0,55
447	Hausjärvi	<0,03	0,11	4,7	5,2	1,2	3,3	29	1,3
601	Hausjärvi	0,046	0,17	4,7	34	5,4	9,9	66	1,1
604	Hausjärvi	0,047	0,17	6,0	47	7,3	14	86	1,2
555	Heinola	0,57	0,21	8,6	6,1	1,9	4,8	68	2,7
558	Heinola	0,032	0,11	1,6	5,2	0,87	1,1	39	0,63
566	Heinola	0,036	0,26	5,6	15	5,4	4,3	82	1,6
575	Heinola	0,033	0,13	3,1	4,9	1,9	2,2	41	0,78
577	Heinola	<0,03	0,12	2,7	5,1	1,1	1,6	35	0,55
581	Heinola	0,052	0,22	7,3	6,7	6,3	4,5	68	1,5
584	Heinola	0,039	0,14	3,4	5,2	2,6	2,4	42	0,97
585	Heinola	0,035	0,13	1,6	4,5	1,8	1,4	41	0,67
588	Heinola	<0,03	0,093	1,1	4,1	0,88	0,85	31	0,39
602	Heinola	0,037	0,14	5,1	9,5	4,1	2,9	65	0,91
456	Hollola	0,048	0,12	3,7	4,8	1,4	2,4	38	1,1
482	Hollola	0,032	0,11	3,2	4,4	1,1	2,0	33	0,63
484	Hollola	0,031	0,089	5,0	5,7	1,2	2,7	36	1,1
488	Hollola	0,044	0,13	6,1	6,0	1,9	3,4	45	1,4
609	Humppila	0,044	0,14	4,0	6,0	2,4	2,5	42	1,1
339	Hämeenlinna	0,047	0,12	2,3	5,2	1,1	1,8	33	0,86
347	Hämeenlinna	0,036	0,12	3,6	4,4	1,0	2,2	36	0,9
355	Hämeenlinna	0,056	0,2	2,9	7,7	1,6	2,6	58	1,4
364	Hämeenlinna	0,044	0,12	2,1	5,5	0,98	1,6	32	0,88
366	Hämeenlinna	0,055	0,17	3,2	7,6	1,3	2,3	41	1,7
371	Hämeenlinna	0,052	0,17	2,4	8,1	1,3	2,0	47	1,6
372	Hämeenlinna	0,042	0,12	3,1	5,65	0,95	1,96	35	1,1
373	Hämeenlinna	0,04	0,14	4,8	7,8	1,0	3,3	44	1,6
378	Hämeenlinna	0,038	0,14	3,6	6,2	1,4	2,4	44	0,91

Ala	Kunta	Elohopea (Hg)	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)
379	Hämeenlinna	0,046	0,14	3,7	7,7	0,84	2,1	41	1,3
384	Hämeenlinna	0,03	0,11	3,5	6,3	0,81	2,2	49	1,2
385	Hämeenlinna	0,036	0,079	2,5	5,7	0,71	1,7	31	0,69
386	Hämeenlinna	<0,03	0,089	3,9	6,5	0,81	2,9	66	1,3
388	Hämeenlinna	<0,03	0,08	1,7	5,0	0,57	1,2	31	0,53
392	Hämeenlinna	0,034	0,12	2,6	6,0	0,91	1,8	41	0,92
396	Hämeenlinna	0,042	0,067	3,6	4,2	0,91	2,5	27	0,78
398	Hämeenlinna	0,065	0,15	3,0	5,6	1,2	2,2	41	0,85
424	Hämeenlinna	0,036	0,096	2,2	3,8	0,94	1,5	28	0,65
443	Hämeenlinna	0,038	0,1	4,7	4,8	1,2	2,7	35	1,6
448	Hämeenlinna	0,073	0,19	4,1	6,1	1,8	2,7	47	1,6
460	Hämeenlinna	0,031	0,12	2,2	4,7	0,71	1,4	33	0,48
603	Hämeenlinna	0,053	0,15	5,7	8,8	3,5	3,9	52	2,2
605	litti	0,055	0,2	3,6	8,5	1,9	2,0	53	0,83
606	litti	0,032	0,1	2,3	5,0	0,86	1,3	30	0,48
391	Janakkala	0,04	0,096	2,9	5,0	1,1	1,8	33	0,97
399	Janakkala	0,04	0,11	3,3	5,4	0,87	2,1	37	0,8
403	Janakkala	<0,03	0,068	1,6	3,0	0,74	1,2	21	0,6
404	Janakkala	<0,03	0,09	2,6	5,5	0,81	1,7	33	0,77
307	Jokioinen	0,036	0,11	3,1	6,8	1,1	3,5	28	0,66
309	Jokioinen	0,044	0,13	4,1	8,2	1,2	2,8	52	1,4
457	Kärkölä	0,034	0,1	3,7	5,9	0,97	1,9	30	0,87
464	Kärkölä	0,04	0,12	3,9	7,4	1,3	2,2	38	0,84
465	Kärkölä	0,056	0,092	4,8	5,9	1,3	2,6	44	1,0
467	Kärkölä	0,054	0,08	4,7	4,5	1,3	2,9	33	0,96
494	Lahti	0,039	0,12	6,0	6,8	1,6	3,6	36	2,0
508	Lahti	0,044	0,17	4,4	8,2	8,4	3,7	75	2,6
510	Lahti	0,037	0,15	4,1	5,8	1,4	2,7	43	1,5
512	Lahti	0,047	0,17	4,5	5,1	1,8	2,8	41	1,4
514	Lahti	0,047	0,18	4,9	6,9	1,9	3,1	47	2,0
517	Lahti	0,053	0,14	5,8	6,6	1,6	3,7	46	1,8
524	Lahti	0,035	0,11	4,0	7,5	1,8	3,1	41	1,2
532	Lahti	0,061	0,12	4,8	6,2	1,6	3,4	33	1,1
534	Lahti	0,034	0,09	8,6	7,6	2,8	4,1	44	1,6
543	Lahti	0,041	0,15	3,2	5,4	1,2	2,0	41	0,85
551	Lahti	0,041	0,14	3,2	6,2	1,2	2,4	40	1,5
560	Lahti	0,043	0,14	7,0	6,6	1,7	3,7	45	1,9
342	Loppi	0,05	0,13	2,9	6,4	1,1	2,2	44	0,78
367	Loppi	0,038	0,12	2,3	4,7	0,96	1,6	31	0,63
390	Loppi	0,048	0,14	3,2	6,4	1,0	1,9	35	0,82
516	Orimattila	0,038	0,11	4,4	4,4	1,2	2,8	33	1,0
522	Orimattila	0,031	0,12	3,5	5,0	1,2	1,9	32	0,69
526	Orimattila	0,035	0,11	3,3	5,5	1,2	2,0	37	0,88
535	Orimattila	0,032	0,14	3,0	4,3	1,5	2,0	37	0,79
576	Orimattila	0,051	0,14	3,5	5,3	1,3	2,2	44	0,91

Ala	Kunta	Elohopea (Hg)	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)
591	Orimattila	<0,03	0,11	1,9	5,1	0,8	2,0	33	0,43
468	Padasjoki	0,036	0,088	2,7	3,8	0,97	2,0	31	0,7
405	Riihimäki	0,038	0,089	4,7	6,2	1,1	2,5	30	0,93
412	Riihimäki	0,039	0,13	5,9	6,8	1,2	3,2	39	1,2
413	Riihimäki	0,039	0,17	4,3	6,1	1,1	2,2	45	0,88
414	Riihimäki	0,039	0,14	6,5	7,9	2,1	3,6	48	1,8
417	Riihimäki	0,046	0,18	7,6	8,0	1,8	4,0	48	1,7
419	Riihimäki	0,036	0,081	2,9	6,3	1,1	1,9	32	0,83
420	Riihimäki	0,04	0,13	5,0	11	2,2	3,8	47	1,1
421	Riihimäki	0,042	0,13	4,1	7,1	1,6	2,8	40	1,1
423	Riihimäki	0,039	0,12	3,1	13	1,9	3,5	41	0,74
515	Sysmä	<0,03	0,11	1,1	3,7	0,76	1,0	33	0,43
325	Tammela	0,034	0,092	1,5	5,5	0,64	1,3	32	0,55
329	Tammela	0,033	0,076	1,9	4,6	0,64	1,4	29	0,51
333	Tammela	0,033	0,095	2,0	5,0	0,73	1,6	25	0,45
303	Ypäjä	<0,03	0,078	2,2	6,2	0,64	1,4	33	0,56
304	Ypäjä	0,033	0,1	3,7	4,8	0,7	2,1	31	0,51

Liite 28. Humusnäytteiden tulokset

Ala	Kunta	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)	pH	VH	KVK
mg/kg dry										cmol+/kg	
485	Asikkala	0,37	5,3	8,2	8,5	4,4	64	5	3,21	2,5	21,5
490	Asikkala	0,21	6,1	7,2	17	4,5	66	8,8	3,15	4,3	19,4
492	Asikkala	0,13	12	7,1	12	7,1	59	13	3,84	1,3	18,3
314	Forssa	0,32	4,2	11,0	8,5	4,7	56	6,5	3,24	0,92	20,4
315	Forssa	0,54	10	15	9,2	12	110	7	3,87	1,8	27,6
318	Forssa	0,48	2,9	13	5,4	5	78	3,8	3,95	1,8	28,9
319	Forssa	0,23	9,2	13	17	7,7	59	11	3,08	2,9	20,9
321	Forssa	0,43	7	14	12	10	92	9,7	3,6	1,4	27,8
322	Forssa	0,46	7,6	16	17	9	100	14	3,17	2,4	23
565	Hartola	0,22	1,9	5,8	6,3	3	62	2,6	2,92	3,1	20,8
573	Hartola	0,35	3,1	9,3	6,9	3,1	70	3,3	3,34	2,3	23,3
363	Hattula	0,36	5,5	11	17	5,4	55	11	3,16	4,1	20,3
426	Hausjärvi	0,16	8,7	6,9	12	4,7	68	13	4,13	0,13	25,5
434	Hausjärvi	0,46	2,6	9,2	5,8	3,2	70	3,4	3,05	1,7	18,6
442	Hausjärvi	0,43	2,6	8,2	5,4	2,2	110	3	3,09	1,1	19,6
447	Hausjärvi	0,3	4,3	16	11	6,6	49	6,2	3,05	2,8	22,9
601	Hausjärvi	0,45	21	44	21	17	110	15	3,66	1,4	27
604	Hausjärvi	0,26	9,5	19	14	8,8	100	13	4,43	0,89	18,5
555	Heinola	0,31	13	16	61	9,6	110	17	3,23	4,7	22,4
558	Heinola	0,39	2,6	11	6,3	3,5	82	3,1	3,32	2,7	22,2
566	Heinola	0,4	19	23	69	12	120	21	3,33	5,1	21,9
568	Heinola	12	79	610	1100	100	3000	27	4,12	5,5	28,8
575	Heinola	0,36	11	11	39	8,6	79	30	2,94	8,2	24,6
577	Heinola	0,57	3,4	10	7,4	4,9	61	3,1	2,83	3	18,5
581	Heinola	0,51	11	59	66	8,1	110	28	3,9	2	16,7
584	Heinola	0,17	7,1	10	26	5,4	30	14	3,46	3	14,2
585	Heinola	0,39	6,3	9,3	20	6,4	64	10	2,79	10	25,5
588	Heinola	0,46	2,1	6,8	16	2,7	76	2,8	2,8	4,5	19,1
602	Heinola	0,4	7,9	18	37	6,6	88	13	2,98	7,2	23,6
456	Hollola	0,51	5,9	11	52	6,2	82	11	2,95	4,1	23,9
482	Hollola	0,38	1,7	6,6	7,6	2,7	56	2,3	2,68	5	18,1
484	Hollola	0,2	11,0	16	23	8,6	75	16	3,37	3,3	20,2
488	Hollola	0,38	9,8	14,0	40	8,4	66	11	2,72	7,5	22,3
609	Humppila	0,39	4,9	15,0	19	5	84	5	3,26	2,7	28,2
339	Hämeenlinna	0,28	2,7	8,8	8,8	3,3	57	4,6	3,22	1,5	23
347	Hämeenlinna	0,28	6,5	7,1	29,0	6,4	66	9,4	2,91	4,5	21,9
355	Hämeenlinna	0,16	8,4	10	7,5	6,6	59	15	4,15	0,33	18,5
364	Hämeenlinna	0,27	3,1	7,7	5,1	3,1	55	5	2,98	3,5	19,3
366	Hämeenlinna	0,68	9,7	14	11	7,7	120	16	4,8	0,25	39
371	Hämeenlinna	0,25	20	16	16	12,0	120	40	4,01	0,71	21,4
372	Hämeenlinna	0,19	4,3	8,9	8,7	4,3	53	6,6	3,44	1,9	18,6
373	Hämeenlinna	0,26	15	26	13,0	11	100	31	4,3	0,28	21,1

Ala	Kunta	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)	pH	VH	KVK
378	Hämeenlinna	0,23	27	17	16	14	170	43	4,66	0,4	19,5
379	Hämeenlinna	0,37	7,2	13	17	6	71	13	3,51	1,7	22,9
384	Hämeenlinna	0,49	5,2	14	4,4	6,2	85	5,1	3,01	3,1	20,5
385	Hämeenlinna	0,25	10	14	12	8,2	70	17	3,34	2	26,1
386	Hämeenlinna	0,32	12	13	6	29	92	8	3,22	3,2	24,1
388	Hämeenlinna	0,31	4,1	9,2	7,7	4	52	6	2,87	3,5	20,6
392	Hämeenlinna	0,34	4,8	12,0	5,2	6,1	73	5,2	3,26	2,7	23,1
396	Hämeenlinna	0,36	3,7	8,2	34	8,4	30	6,5	2,5	8,1	25,7
398	Hämeenlinna	0,84	9,6	7,9	28	6,6	56	14	2,91	7,3	21,9
424	Hämeenlinna	0,17	14	13	33	5,8	38	30	3,17	5,6	14,4
443	Hämeenlinna	0,14	32	11	22	11	45	40	3,43	5,1	17,5
448	Hämeenlinna	0,27	52	16	18	26	150	65	5,21	0,36	20,2
460	Hämeenlinna	0,33	1,9	7,8	3,9	3	59	2	3,04	3	21,1
603	Hämeenlinna	0,34	9,5	13	13	5,1	88	7,8	3,41	2,2	27,1
605	Iitti	0,3	5	6,7	12	3,6	67	5,9	4,28	0,99	29,7
606	Iitti	0,37	2,5	6,3	7,3	3,6	66	2,7	2,95	2,8	19,6
391	Janakkala	0,23	7	7,8	41	6,8	37	15	2,91	8,4	21,1
399	Janakkala	0,46	5,6	13	12	6,6	110	5,9	3,59	2	29,1
403	Janakkala	0,18	6,9	12,0	38	6,3	45	13	2,87	6,4	18,4
404	Janakkala	0,28	4,2	11	7,5	4,6	77	6,4	3,21	2,8	23,4
307	Jokioinen	0,43	3,9	12	8,8	7,2	76	4,6	3,25	2,1	23,5
309	Jokioinen	0,34	9,4	21	9	6,2	160	7,5	3,24	2,9	21,6
457	Kärkölä	0,25	2,9	8,1	4,4	2,6	60	3,7	3,08	2,5	19,5
464	Kärkölä	0,28	15	8,4	17	9,3	97	23	3,85	1,4	21,6
465	Kärkölä	0,47	5,3	8,2	22	5,4	140	7,9	3,9	0,8	30,0
467	Kärkölä	0,24	6	5,8	38	5,7	65	10	2,81	6,9	22
494	Lahti	0,34	8,5	10	16	6,3	75	9,3	2,9	6,5	23,9
508	Lahti	0,6	14	20	190	14	110	16	3,65	2,8	17,1
510	Lahti	0,59	14	15	46	12	130	23	3,32	2,7	24,4
512	Lahti	0,29	6,9	11	28	6,7	66	11	2,96	5,1	23,3
514	Lahti	0,4	10	14	33	8,2	85	17,0	3,5	2,7	20,6
517	Lahti	0,26	10	12	38	7,7	84	13	3,31	2,6	23,7
524	Lahti	0,3	15,0	15	25	24	93	32	3,14	5,8	21,6
532	Lahti	0,26	8,6	8,1	20	6,7	38	16	3,76	0,81	22
534	Lahti	0,13	15	9,1	20	7,4	76	19	3,48	4,7	14,8
543	Lahti	0,21	10	8	23	6,9	70	12	3,18	4,4	21,2
551	Lahti	0,25	14	9,8	22	8,8	58	18	3,27	5,6	18,3
560	Lahti	0,25	7,2	12	15	7,9	74	10	3,15	3,9	25
342	Loppi	0,36	2,3	9,5	7	3,9	82	3,3	3,65	2,3	24,8
367	Loppi	0,42	2	7,2	8	3,1	68	3,3	3,31	0,54	19
390	Loppi	0,29	2,8	8	5,6	3	74	3,8	3,43	0,83	20,8
516	Orimattila	0,49	6,2	8,5	26	5,2	67	9,2	2,9	3,6	18,2
522	Orimattila	0,34	3,3	7,6	5,2	3,2	62	3,2	2,77	2,8	18,3
526	Orimattila	0,42	5,9	12	9,7	6,9	67	6,4	3,33	2,2	25,4
535	Orimattila	0,39	2,6	8	22	4,1	45	4,7	2,59	6,9	20,9

Ala	Kunta	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Nikkeli (Ni)	Sinkki (Zn)	Vanadiini (V)	pH	VH	KVK
576	Orimattila	0,35	7,6	8,6	12	6,5	150	8,9	4,14	1,3	33,9
591	Orimattila	0,3	1,8	6,1	6,5	2,2	61	2,3	2,91	0,67	10,4
468	Padasjoki	0,23	13	6,3	33	7,3	53	19	3,31	4,9	17,4
405	Riihimäki	0,35	4,3	7,9	10	4,2	79	5,3	3,91	0,19	27,4
412	Riihimäki	0,31	5,8	10	15	4,8	83	8,5	3,38	1,7	20,8
413	Riihimäki	0,5	11	10	24	6,4	140	20	4,56	0,37	26
414	Riihimäki	0,43	7,1	13	27	5,7	110	9,7	3,76	0,65	22
417	Riihimäki	0,41	12	13,0	15	6,9	92	14	3,69	0,82	22,5
419	Riihimäki	0,26	4,1	9,8	7,8	3,9	74	4,1	3,26	1,7	22,3
420	Riihimäki	0,28	7,0	10	17	5,9	84	9,3	3,69	0,75	23,6
421	Riihimäki	0,42	4,1	10	13	4,7	97	5,1	3,33	0,89	24,2
423	Riihimäki	0,45	7,7	16	17	6,4	77	10	3,14	2,5	18,7
515	Sysmä	0,28	4,2	7	16	4,0	60	7,3	3,07	3,2	19,1
325	Tammela	0,35	5	14	8,5	5,5	73	8,3	3,69	1,6	29,1
329	Tammela	0,28	3,2	10	6,2	4,5	55	3,7	2,82	3,4	20,1
333	Tammela	0,3	3,9	9,1	9,5	4,2	55	7,1	3,09	3,3	19,6
303	Ypäjä	0,33	3,8	13	5,8	4,8	66	4,8	3,37	1,9	23,9
304	Ypäjä	0,32	1,6	10	4,7	3	54	2	3,03	3	19,1



Lupa- ja valvontavirasto
Tampere, 2026