

RAAHEN ILMANLAATU 2018



RAAHEN ILMANLAATU 2018

ILMANLAADUN SEURANTARAPORTTI, RAAHE 2018

Mittausten suorittaja: **Eero Leppänen** Mittalaitteiden kalibroinnit, metallianalyysit ja PAH-analyysit: **Eurofins Environment Testing Finland Oy** Tulosten editoija: **Aino Alatalo** Raportin laatijat: **Anu Kiviniitty, Aino Alatalo** Taitto: **Anni Mämmelä** Kaaviot: **Anu Kiviniitty, Aino Alatalo, Kari Haapakangas** Valokuvat: **Annekristiina Tuovinen, Anni Mämmelä, Anu Kiviniitty, Henri Ylikulju, Leena Törmälä, Tiina Lämsä, Ville Pisilä, Miilucast Oy, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy** Kartat: **Raahen kaupunki/Maankäyttö ja mittaus, Maanmittauslaitos**

SISÄLLYS

1. TIIVISTELMÄ	6
2. JOHDANTO	7
3. SELITTEET	7
4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT	9
4.1. Kuntien velvoitteet	9
4.2. Seurantaryhmän velvoitteet	10
4.3. Lainsäädännön ja standardien määritelmät	11
5. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKO	13
5.1. Mittausverkon historiaa	13
5.2. Mittauspisteet	15
5.3. Menetelmät	18
5.4. Toimijat	19
6. PÄÄSTÖT	20
6.1. Teollisuus	20
6.2. Liikenne	23
6.3. Asutus ja muut hajalähteet	24
7. TYPEN OKSIDIT (NO_x)	25
7.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä	26
7.2. Typen oksidien mittausten historiaa	27
7.3. Typpimittaukset vuonna 2018	28
8. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)	30
8.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä	30
8.2. Rikkidioksidimittausten historiaa	31
8.3. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2018	32
9. HIUKKASET (PM₁₀)	35
9.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä	36
9.2. Hiukkasmittausten historiaa	37
9.3. Hengitettävät hiukkaset 2018	38
10. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	42
10.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä	42
10.2. PAH-mittausten historiaa	43
10.3. PAH-mittaukset vuonna 2018	44
11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT	49
11.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä	50
11.2. Raskasmetallimittausten historiaa	51
11.3. Metallimittaukset vuonna 2018	52
12. LASKEUMA	57
12.1. Laskeumamittausten historiaa	57
12.2. Laskeumamittaukset vuonna 2018	58
13. SÄÄTIEDOT	63
13.1. Sää tietojen historiaa	63
13.2. Vuoden 2018 sää	64
14. ILMANLAATUINDEKSI	67
14.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2018	68
15. LÄHDELUETTELO	70
16. LIITTEET	70

1. TIIVISTELMÄ

Vuonna 2018 ilmanlaadun mittaustoiminta aloitettiin kaupungin tekemänä työnä aiemmin konsultilla teetetyn työn sijasta. Samalla alettiin tehdä mittauksia uuden viisivuotisen seurantasuunnitelman mukaisesti, minkä takia mittausasemien lukumäärää vähennettiin kolmesta kahteen, kun Merikadulla ollut mittausasema lopetettiin. Molemmille mittausasemille Keskustassa ja Lapaluodossa hankittiin uudet suodatinkeräimet. Tämä vähensi mittausasemilla tehtävää manuaalista työtä ja osaltaan paransi tulosten luotettavuutta, koska mittausjaksoja saadaan jaoteltua satunnaisemmin ja tasaisemmin ympäri vuoden. Molemmille asemille uusittiin tietokoneet ja tiedonsiirtojärjestelmät, mikä varsinkin alkuvuodesta aiheutti jonkin verran katkoksia mittaustulosten saatavuudessa. Lisäksi laskeumamittauspisteiden määrää vähennettiin kolmesta kahteen, kun Saloisissa ollut laskeumamittauspiste lopetettiin. Laskeumia mitataan nyt Välikylässä ja Lentokentäntiellä.

Kaikki mittauslaitteistot toimivat ilman suurempia laitevikoja, mutta vuoden ajalle sattui Lapaluodossa useita useamman päivän kestäneitä mittauskatkoksia, esim. tietoliikenneongelmista johtuen. Tämä aiheutti sen, että joitain mittaustuloksia ei saatu kuukausitasolla lainsäädännön vaatimusten mukaan riittävästi.

Vuonna 2018 Keskustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvää 90,4 % vuodesta ja hyvää tai tyydyttävää molemmilla mittausasemilla yli 98 % vuodesta. Tällöin voidaan sanoa, että Raahessa ilmanlaadun vaikutukset ihmisten terveyteen ovat hyvin epätodennäköisiä ja kasvillisuusvaikutuksetkin ovat vain lieviä pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Hetkellisesti ilmanlaadulla voi olla vaikutuksia herkemille väestöryhmille, esim. keväisin katupölyaikaan. Raahessa tällaisia ajanjaksoja oli ilmanlaatuindeksinä tarkasteltuna koko vuonna Keskustassa yhteensä 10 ja Lapaluodossa yhteensä 38 tunnin aikana.

Vuosi oli säiden suhteen poikkeuksellinen. Alkuvuosi oli pitkän ajan keskiarvon nähden poikkeuksellisen kylmä ja kesä poikkeuksellisen lämmin.

Vuoden aikana sattui yhteensä 4 vuorokausiraja-arvon ylitystä hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀), joista 3 tapahtui Lapaluodossa ja 1 Keskustassa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua asemalla yhteensä 35 kertaa vuoden aikana, ennen kuin vuosittainen raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Kaksi ylityksistä johtui katupölystä, yksi läheisellä teollisuuslaitoksella sattuneesta pölyämisestä. Yhden ylityksen tarkempi syy jäi epäselväksi. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla.

Hiukkasiin sitoutuneen PAH-yhdisteen merkiaiineen bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi Lapaluodossa. Vuosikeskiarvo oli 1,67 ng/m³, kun lainsäädännössä asetettu tavoitearvo on 1 ng/m³. Keskustan vuosikeskiarvo 0,63 ng/m³ ylitti ylemmän arviointikynnyksen 0,6 ng/m³. Tavoitearvo tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Tavoitearvon ja ylemmän arviointikynnyksen ylittyminen vaikuttaa siihen, kuinka tiheästi näytteitä pitää vuodessa kerätä.

Hiukkasiin sitoutuneista metalleista vain neljälle on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvo. Näiden raskasmetallien pitoisuudet jäivät selvästi alle kyseisten arvojen.

Typen oksidien ja rikkidioksidin pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Keskustan mittausasemalla mitattavan typpidioksidipitoisuuden yksi tuntikeskiarvo oli 99,6 µg/m³, joka sivusi alempaa arviointikynnystä 100 µg/m³. Typen oksideita mitataan jatkuvatoimisesti, joten sivuaminen ei aiheuta toimenpiteitä. Lapaluodon mittausasemalla mitattavan rikkidioksidin pitoisuudet olivat jopa kymmenen kertaa pienempiä kuin lainsäädännön raja-arvot. Laskeumasta mitattaville metalleille ei ole lainsäädännössä määriteltyjä raja-arvoja, mutta viime vuoden tulokset olivat aikaisempien vuosien tasolla.

2. JOHDANTO

Tässä raportissa kerrotaan miksi ilmanlaadua mitataan, miten sitä mitataan ja on mitattu Raahessa viime vuosikymmeninä sekä kuvataan tarkemmin vuoden 2018 ilmanlaadun mittausten tuloksia ja pohditaan niiden vaikutusta ihmisiin ja ympäristöön. Tässä raportissa esitellään ne mitatut ja lasketut tulokset, jotka on raportoitu Ilmatieteenlaitokselle. Tässä raportissa olevissa tuloksissa voi olla joitain pieniä eroavaisuuksia Ilmatieteenlaitoksen julkaisemiin virallisiin tilastoihin, koska Ilmatieteenlaitos laskee tilastonsa talviajassa. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta koko vuoden tuloksiin.

Ilmanlaadun mittaukset toteutettiin vuosille 2018–2022 laaditun ja ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailusuunnitelman ja sen

perusteella tehdyn seurantasopimuksen mukaisesti. Ilmanlaadun mittaustoiminnasta ja raportin laadinnasta on vastannut Raahen kaupunki. Ilmanlaadun kustannuksista ovat vastanneet Raahen kaupunki, SSAB Europe Oy (sisältäen Raahen Voima Oy ja Nordkalk Oy), Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy sekä Miilucast Oy. Ilmanlaadun laboratorioanalyysistä on vastannut Eurofins Environment Testing Finland Oy (aikaisemmin Eurofins Nab Labs Oy), joka on myös tehnyt mittauslaitteiden kalibroinnit.

Ajantasaista tietoa Raahen ilmanlaadusta on Raahen kaupungin nettisivuilla raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu sekä valtakunnallisesti koskien koko Suomen ilmanlaatatietoja Ilmatieteenlaitoksen nettisivuilla ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu



3. SELITTEET

Seuraaviin taulukoihin 1 ja 2 on koottu ilmanlaadun mittauksissa ja tässä raportissa käytettäviä yksiköitä, lyhenteitä ja termejä sekä

niiden määritelmiä. Lainsäädäntöön liittyviä termejä on käsitelty erikseen raportin kappaleessa 4.3.

Yksikkö	Selite
μm	Pituuden yksikkö: mikrometri (= metrin miljoonasosa)
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pitoisuuden yksikkö: mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa
ng/m^3	Pitoisuuden yksikkö: nanogrammaa (=gramman miljardisosa) kuutiometrissä ilmaa
$^{\circ}\text{C}$	Lämpötilan yksikkö: Celsiusaste
K	Lämpötilan yksikkö: Kelvinaste, $293\text{ K} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
atm	Paineen yksikkö: atmosfääri, $1\text{ atm} = \text{normaali-ilmakehän paine}$
kPa	Paineen yksikkö: kilopascal, $101,3\text{ kPa} = 1\text{ atm}$

Taulukko 1: Yksiköt ja niiden selitteet.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Epäpuhtaus	Ilmassa oleva aine, jolla voi olla haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia
Tuntikeskiarvo	Yhden tunnin kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai lyhytaikaisemmista tuloksista laskettu keskiarvo yhden tunnin ajalta. Jatkuvatoimisissa mittauksissa tuntiarvo voidaan hyväksyä, jos sen laskemiseen käytettävät arvot kattavat ajallisesti vähintään 75 % tunnista.
Vuorokausikeskiarvo	Vuorokauden kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai tuntiarvoista laskettua vuorokausikeskiarvo. Tuntiarvoista laskettu vuorokausiarvo voidaan hyväksyä, jos tuntiarvoista on hyväksytyjä yli 75 % eli vähintään 18 tuntia, ja peräkkäisiä puuttuvia tuntiarvoja on korkeintaan 25 % eli kuusi tuntia.
Vuosikeskiarvo	Lasketaan siitä aikasarjasta, jonka aikaresoluutio on pienin. Esimerkiksi jos sekä tuntiarvot että vuorokausiarvot ovat käytettävissä, vuosikeskiarvo lasketaan tuntiarvoista. Yleisesti kalibrintien ja normaalin kunnossapidon vuoksi menetetään tuntiarvoja 5 % vuoden tunneista, joka voidaan suoraan vähentää laatutavoitteen 90 %:sta eli laatutavoitteena käytetään 85 % vuoden tunneista.
PM₁₀	Hengitettävät hiukkaset = alle 10 μm :n kokoiset hiukkaset
PM_{2,5}	Pienhiukkaset = alle 2,5 μm :n kokoiset hiukkaset
NO	Typpimonoksidi
NO₂	Typpidioksidi
NO_x	Typhen oksidit (NO ja NO ₂ yhteismäärä laskettuna NO ₂ :na)
SO₂	Rikkidioksidi
PAH	<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i> , Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
B(a)P	Bentso(a)pyreeni, yksi PAH-yhdiste, jota käytetään kaikkien PAH-yhdisteiden merkkiaineena
CEN	<i>European Committee for Standardisation</i> , Euroopan standardisoimisjärjestö
ISO	<i>International Standardisation Organisation</i> , Kansainvälinen standardisointiorganisaatio
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Taulukko 2: Lyhenteitä tai termejä ja niiden määritelmät.

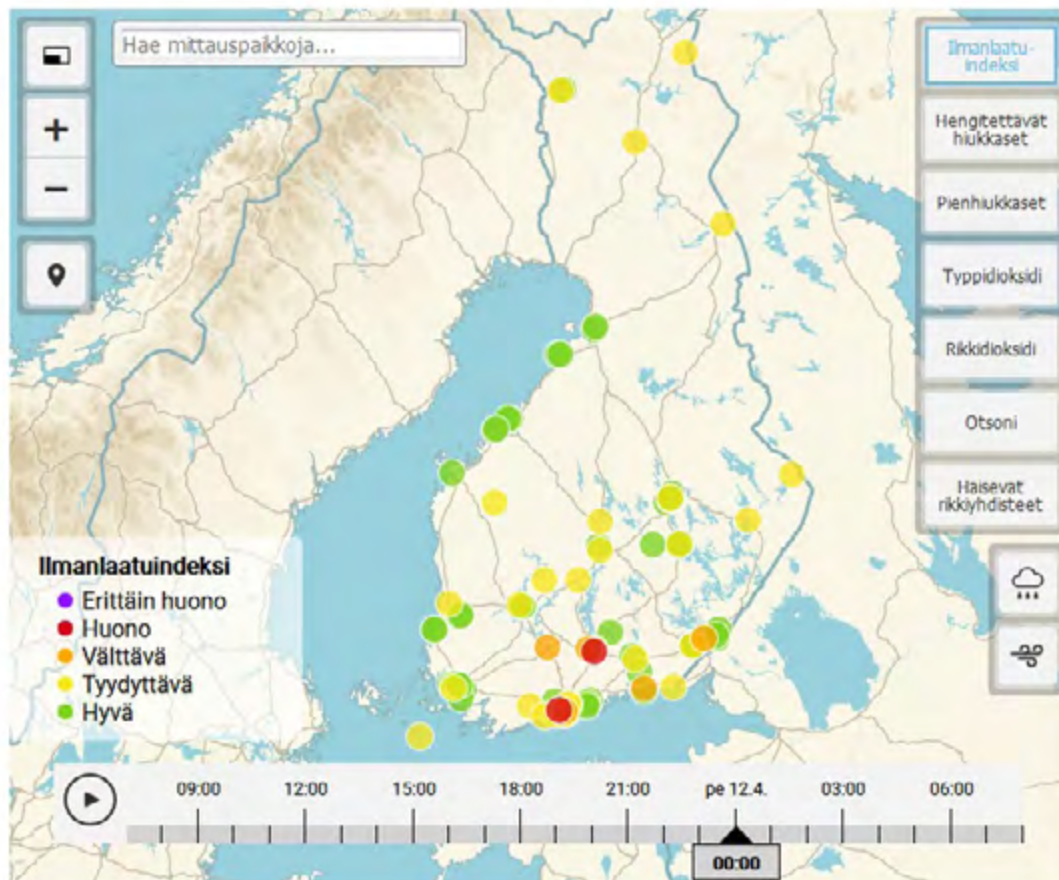
4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT

4.1. Kuntien velvoitteet

Ympäristönsuojelulain mukaisesti kunnan on alueellaan huolehdittava paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta, mukaan lukien ilmanlaadusta. Seurantatiedot on julkistettava ja niistä on tiedotettava tarvittavassa laajuudessa. Tämän lisäksi kuntien tulee tiedottaa asukkaita poikkeuksellisista ilmanlaatuilanteista, kuten raja-arvojen ylityksistä, internetin ja tarvittaessa paikallisten tiedotusvälineiden kautta.

Raahen kaupungin nettisivuilta raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu voi tarkastella ajantasaisesti hengitettävien hiukkasten, typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuuksia sivulle lisätystä karttaupotuksesta (kuva 2). Mahdolliset ylitykset tulevat näkyviin muiden Suomessa mitattujen ylitysten kanssa ilmatieteenlaitoksen nettisivuille ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaadun-uusimmat-ylitykset. Raahessa tapahtuvista ylityksistä on tiedotettu tapauskohtaisesti myös paikallisessa sanomalehdessä.

Lain mukaisesti ilmanlaadun seurannan riittävyttä tarkastellaan vähintään viiden vuoden välein tehtävällä seurantasuunnitelmalla, jossa arvioidaan nykyisten mittausten riittävyys sekä määritellään uudet mittaus-tarpeet ja tavoitteet. Raahessa tämän hetkinen seurantasuunnitelma ja yhteistyösopimukset on tehty vuosille 2018–2022.



Kuva 2: Kaupungin nettisivuilla oleva ilmanlaadunindeksiin ajantasainen karttaupotus. Karttaa zoomaamalla näkee myös koko Suomen ilmanlaadun mittausverkkojen tilanteen.

4.2. Seurantaryhmän velvoitteet

Raahen ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat osaltaan myös mukana olevien toimijoiden omissa ympäristöluvuissa määrätyt velvoitteet ilmaan johdettavien päästöjen seurannasta.

SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaan ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen mukaan luvanhaltijan on osallistuttava Raahen kaupungin ilmanlaadun yhteistarkkailuun, jonka järjestämisessä on otettava huomioon lupapäätöksessä ja sen liitteessä määrätyt asiat.

Tehdasalueella toimiville Raahen Voima Oy:n voimalaitokselle ja Nordkalk Oy:n Raahen kalkinpolttamolle sekä tehdasalueen läheisyydessä sijaitsevalle Raahen Satama Oy:lle on myös annettu ympäristöluvuissa määräykset osallistua Raahen seudun ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

Raahen Energia Oy:n osallistumisvelvoite tulee pieniä polttolaitoksia koskevasta asetuksesta, jonka mukaisesti laitoksen on tarvittaessa osallistuttava ilmanlaadun yhteistarkkailuun. Miilucast Oy:llä ei ole lain tai ympäristölupapäätöksen mukaisesti velvollisuutta osallistua ilmanlaadun mittauksiin.

ELY-keskus huolehtii ympäristön tilan seurannasta alueellaan. ELY-keskuksen tulee olla selvillä ilmanlaadusta ja huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin.



4.3. Lainsäädännön ja standardien määritelmät

Ympäristönsuojelulain lisäksi ilmanlaadun seurantaan vaikuttavia määräyksiä ja pitoisuusarvoja on asetettu mm. ilmanlaatu- ja metalliasetuksissa, jotka osaltaan määrittelevät myös, miten ilmanlaatua tulee mitata.

Seuraavaan taulukkoon 3 on koottuna kaikki nykyisin voimassaolevat lait ja asetukset, jotka vaikuttavat ilmanlaadun mittauksiin ja joihin viitataan myöhemmin raportissa.

Lain lyhenne	Säädösnumero	Laki
YSL	YSL 527/2014	Ympäristönsuojelulaki
YSA	VNa 713/2014	Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta
Ilmanlaatuasetus	VNa 79/2017	Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta
Metalliasetus	VNa 113/2017	Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä
	VNp 480/1996	Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista

Taulukko 3: Ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat lait ja asetukset.



Lainsäädännössä määritellyt raja-arvot, tavoitearvot yms. on eritelty tähän raporttiin numeroarvoina kunkin epäpuhtauden osalta oman kappaleensa yhteydessä. Seuraavan sivun taulukossa 4 määritellään sanallisesti

eri termejä, joita on ryhmitelty epäpuhtauksien mukaan. Taulukkoon ja koko raporttiin on poimittu laeista vain ne epäpuhtaudet, joita Raahessa mitataan.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Raja-arvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Tieteellisin perustein terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vahvistettu pitoisuus, joka on alitettava määräajassa ja <u>jota ei saa ylittää</u> sen jälkeen kun raja-arvo on saavutettu
Tavoitearvo (As, Cd, Ni, B(a)P)	Pitoisuus tai kuormitus, joka on <u>mahdollisuuksien mukaan alitettava</u> määräajassa ja jolla pyritään vähentämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia
Ohjearvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Pitoisuus, jonka ylittyminen <u>pyritään estämään ennakolta</u> pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ohjearvot on otettava huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa.
Kaikille epäpuhtauksille	
Ylempi arviointikynnys	Pitoisuus, jota korkeammassa pitoisuuksissa seuranta-alueella jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja jota alemmissa pitoisuuksissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää
Alempi arviointikynnys	Pitoisuus, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä, kuten päästökartoituksia
Kaikille epäpuhtauksille, mutta Raahessa merkittävintä vai bentso(a)pyreenillä ja nikkelillä	
Jatkuva mittaus	Kiinteillä mittausasemilla jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehdyt mittaukset. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatutavoitteet sallittujen epävarmuuksien, aineiston vähimmäismäärän ja ajallisen kattavuuden suhteen.
Suunta-antava mittaus	Kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatutavoitteet.
Mallintaminen	Esim. leviämismalleilla tai päästökartoituksilla tehty arvio ilmanlaadun tasosta
Rikkidioksidille ja typen oksideille	
Prosenttipiste	Aineiston arvo, jota pienempiä arvoja aineistossa on n % (n = lukumäärä). Esimerkiksi 99. prosenttipiste on se aineiston arvo, jota pienempiä arvoja aineistossa on 99 %
Varoituskynnys	Pitoisuus, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa yleisesti ihmisten terveyttä
Tiedotuskynnys	Pitoisuus, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyttä
Kriittinen taso	Tieteellisin perustein vahvistettu (rikkidioksidin tai typen oksidien) pitoisuus, jota suuremmat pitoisuudet voivat aiheuttaa suoria haitallisia vaikutuksia kasvillisuudessa tai ekosysteemeissä

Taulukko 4: Lainsäädännössä olevia termejä ja niiden määritelmiä eri epäpuhtauksien mukaan.

Ilmanlaatuasetuksen mukaan mittauksissa tulee käyttää mittausten laadun ja jäljitettävyyden takia asetuksessa määritellyjä standardeja. Seuraavaan taulukkoon 5 on koottu-

na kaikki vuoden 2018 mittauksissa käytössä olleet standardit mitattavan epäpuhtauden mukaan luokiteltuna.

Mitattava epäpuhtaus	Standardinumero	Standardin otsikko
NO_x	SFS-EN 14211:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence
SO₂	SFS-EN 14212:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence
PM₁₀	SFS-EN 12341:2014	Ambient air. Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM ₁₀ or PM _{2,5} mass concentration of suspended particulate matter
PAH-yhdisteet	SFS-EN 15549:2008	Air quality. Standard method for the measurement of the concentration of benzo[a]pyrene in ambient air
Raskasmetallit	SFS-EN 14902:2006	Ambient air quality. Standard method for the measurement of the of Pb, Cd, As and Ni in the PM ₁₀ fraction of suspended particulate matter
Laskeuma	SFS-EN 15841:2009	Ambient air quality. Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition

Taulukko 5: Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt standardit.

5. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKO

5.1. Mittausverkon historiaa

Ilmanlaadun seuranta on aloitettu Raahan alueella vuonna 1967 laskeumanäytteiden keräämisellä ja vuonna 1978 aloitettiin ensimmäiset jatkuvatoimiset mittaukset rikkidioksidille. 1980-luvun alussa seuranta laajennettiin koskemaan myös hiukkasia, metalleja ja polysyklisiä aromaattisia hiilivetjiä eli PAH-yhdisteitä.

Aluksi hiukkaspitoisuuksien seuranta kohdistui kokonaisleijumaan. 1990-luvun puolivälissä siirryttiin hengitettävien hiukkasten mittauksiin ja 2000-luvulla alkoivat typen oksidien (NO_x/NO/NO₂) ja pienhiukkasten pitoisuuksien seurannat. Pitoisuuksien historiatietoa on eritelty kunkin epäpuhtauden osalta omissa kappaleissaan.

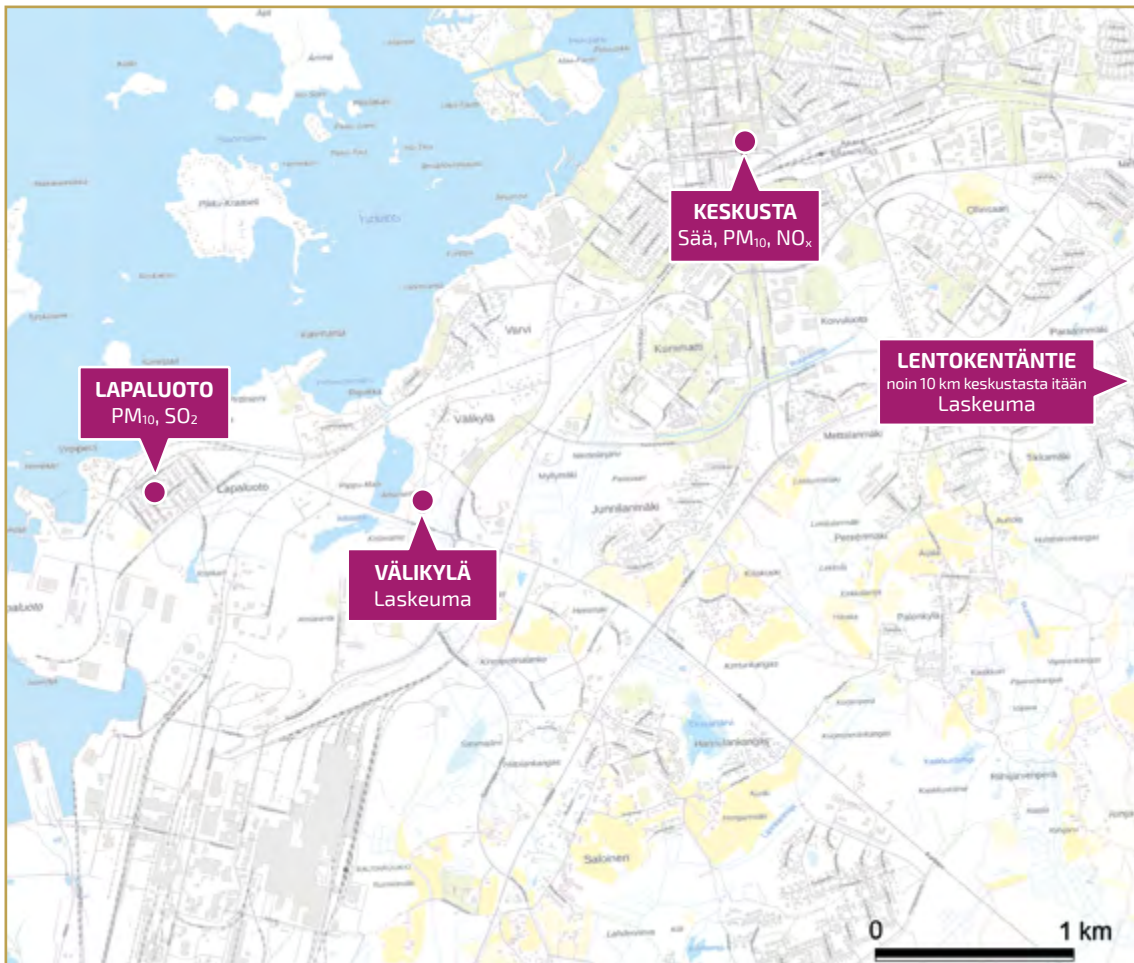
Alkuun Rautaruukki (nyk. SSAB) ja kaupunki tekivät erikseen omia mittauksia omilla mittausasemillaan, joiden lisäksi yksin ja yhdessä teetettiin erilaisia yksittäisiä laajempia tutkimuksia, esim. bioindikaattoritutkimuksia (jäkälä- ja neulaskartoituksia), leviämismallinnuksia sekä Ilmatieteenlaitoksen suorittamia perusselvityksiä. Vuoden 2000 alusta mittausverkot yhdistettiin, mittausasemia siirrettiin ja perustettiin uusia sekä kaikilla mittausasemilla tehdyistä mittauksista tehtiin yksi yhteinen raportti.

Vuosien aikana ilmanlaatua on seurattu erimittaisia ajanjaksoja useilla eri mittausasemilla, nykyisten mittausasemien lisäksi mm. Saloisissa, Kummatissa, Ollinsaressa ja Pattijoella. Mittausverkkoa on pystytty vuosien aikana supistamaan mm. sen takia, että mitattavat pitoisuudet ovat jääneet niin pieniksi, ettei niitä lainsäädännön kannalta ollut enää tarpeellista mitata. Viimeisimpänä

mittaukset voitiin lopettaa Merikadun mittausasemalla vuoden 2018 alusta, jolloin osa Merikadulla tehdyistä mittauksista siirrettiin Keskustan asemalle. Nykyisin käytössä olevat mittausasemat ja -pisteet on merkitty alla olevaan karttaan. Kutakin mittauspistettä selitetään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

Nyt käytössä olevat mittausasemat on uusittu vuonna 2005. Käytettävä laitteisto on hankittu pääsääntöisesti vuosina 2005–2017.

Vuosikausia mittaustoiminnasta vastasi hyvinvointikuntayhtymä, sitten konsulttisopimuksilla Labtium ja Ramboll. Vuoden 2018 mittaus aloitettiin kaupungin omana työnä, ja ainoastaan laboratoriotyöt sekä laadunvarmennus ostetaan konsultilta. Tällä hetkellä konsulttina toimii Eurofins Environment Testing Finland Oy.



Kuva 8: Mittausasemien ja laskeumamittauspisteiden sijainnit sekä mittausasemilla mitattavat epäpuhtaudet.

5.2. Mittauspisteet

5.2.1. Keskustan mittausasema

Aseman nimi:	Keskustan mittausasema
Osoite:	Fellmanin puistokatu 20, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175554, E 379861
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2018:	PM₁₀, NO₂, NO, PAH, metallit, säätietoja
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta



Keskustan mittausasema on ollut nykyisellä paikallaan Fellmanin puistokadun keskiosan viherkaistalla vuodesta 2005. Tätä ennen asema on sijainnut viereisen liikekeskukseen (ent. Hittimaatti, nykyinen Kuntokeskus Raahе) katolla 1996–2003 ja sitä ennen linja-autoaseman pihalla jo vuodesta 1984 lähtien. Mittausaseman pitoisuudet edustavat keskustan suurimpia liikenteen aiheuttamia pitoisuuksia, joten liikenteen ja katupölyn aiheuttamat vaikutukset havaitaan selvästi. Aseman molemmin puolin kulkee kaksikautainen katu ja aseman lähellä sijaitsee niin linja-autoasema, taksiasema kuin vilkas liikennevaloristeyskin.



Joulukuussa 2018 tehtyjen liikennelaskelmien mukaan aseman viereisen Fellmanin puistokadun keskimääräinen liikennemäärä on noin 6 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaan liikenteen osuus on vajaa 7 %. Nopeusrajoitus aseman kohdalla on 40 km/h, mutta läheisten liikennevalojen aiheuttaman jarruttamisen/kiihdyttämisen takia keskimääräinen nopeus on vain noin 30 km/h.

Aseman välittömässä läheisyydessä on vain vähän pientaloasutusta ja teollisuutta. Etäisyyttä SSAB:n teollisuusalueeseen on lähimmilläänkin yli 4 km.

5.2.2. Lapaluodon mittausasema

Aseman nimi:	Lapaluodon mittausasema
Osoite:	Ahtaajankatu 8, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7173942, E 376820
Mittausvuodet:	2004 –
Mittausparametrit v. 2018:	PM ₁₀ , SO ₂ , PAH, metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Lapaluodon mittausasema on sijainnut vanhan Lapaluodon koulun pihalla vuodesta 1984 alkaen. Asema edustaa SSAB:n teollisuusalueen ja sataman läheisyyden takia nimenomaan teollisuuden päästöjä, mutta lisäksi Lapaluodon pitoisuuksiin vaikuttaa myös pientalovaltaisena alueena omakotitalojen puulämmitys. Tehdasalueelle on matkaa noin 1 km.

Tammikuussa 2019 tehtyjen liikennelaskelmien mukaan mittausaseman viereisen Sa-

tamakadun keskimääräinen liikennemäärä on vajaa 600 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaan liikenteen osuus on vajaa 10 %. Ajoneuvojen keskimääräinen nopeus on 17 km/h. Suurimmat teollisuuslaitokset sijoittuvat asemalta katsottuna etelän ja kaakon väliselle sektorille. Lähimmät kuonakäsittelyalueet sijoittuvat noin 700 metrin etäisyydelle mittausasemasta. Teollisuustoimintojen ja Lapaluodon mittausaseman välillä on metsää.



5.3. Menetelmät

Mittauspisteillä mitattavat ilmanlaadun epäpuhtaudet, mittaustiheydet, käytössä olevat laitteet, analyysimenetelmät ja standardit ovat kuvattuna seuraavaan taulukkoon 6.

Raportin kappaleessa 4.3. on eriteltynä käytettävät standardit myös otsikoiden perusteella.

Mittauspiste	Ilman epäpuhtaus	Mittaus-tiheys	Käytössä oleva laite/keräin	Analyysi-menetelmä	Standardi (SFS-EN)
Keskusta	NO _x	Jatkuva-toiminen	Environnement AC 32M	Kemiluminesenssi	14211:2012
	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 A	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014
	PAH-yhdisteet ¹⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS	15549:2008
	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko		ICP-MS	14902:2006
	Sääasema ³⁾	Jatkuva-toiminen	Vaisala WXT520		
Lapaluoto	SO ₂	Jatkuva-toiminen	Thermo Electron model 43i	UV-fluoresenssi	14212:2012
	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 AB	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014
	PAH-yhdisteet ¹⁾	2,5 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS	15549:2008
	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko		ICP-MS	14902:2006
Välilikylä	Laskeuman raskasmetallit ²⁾	1 kk keräys-näyte, 12 krt/v	Laskeumakeräin	ICP-MS	15841:2009
Lentokentäntie					

1) Antraseeni, asenafteneeni, asenaftyyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(g,h,i)perylenei, bentso(bj)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(2,h+a,c)antraseeni, fenantreeni, fluorantreeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni, pyreeni, trifenyleeni,
2) Arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V)
3) Lämpötila, tuulen suunta ja -nopeus, ilmanpaine, suhteellinen kosteus

Taulukko 6: Ilmanlaatumittauksissa käytettävät mittausmenetelmät.

5.4. Toimijat

Vuonna 2018 ilmanlaadun mittauksiin osallistui Raahen kaupungin lisäksi yhteensä kuusi toimijaa: SSAB Europe Oy, Raahen Voima Oy, Nordkalk Oy Ab, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy ja Miilucast Oy.

SSAB Europe Oy:n Raahen tehdas valmistaa erilaisia terästuotteita, päätuotteinaan kuumavalssatut levyt ja kelatuotteet. Tehtaalla on koksamo, kaksi masuunia, terässulatto sekä kuumavalssaamo. Alueella on myös raaka-aineiden ja materiaalien käsittelytoiminnot sekä rahtisatama.

Tehdasalueella sijaitsevalla Nordkalk Oy Ab:n Raahen kalkinpolttamolla valmistetaan terästehtaan kuonanmuodostukseen tarvitsema poltettu kalkki ja raakaraudan rikinpoistolaitoksen tarvitsema rikinpoistoreagenssi. Loput tuotannosta toimitetaan Nordkalkin muille asiakkaille.

Tehdasalueella sijaitseva Raahen Voima Oy on EPV Energia Oy:n ja SSAB Europe Oy:n omistama yhteisyritys, joka omistaa terästehtaan voimalaitosliiketoiminnan. Voimalaitoksen päätehtäviä ovat masuunien puhallusilman tuottaminen, höyryn tuotanto sekä sähkön tuotanto ja jakelu tehtaalle. Osa höyrystä käytetään prosessihöyrynä tehtaan tuotantolaitoksilla. Voimalaitos toimittaa myös kaukolämpöä tehtaan ja Raahen kaupungin verkostoon.

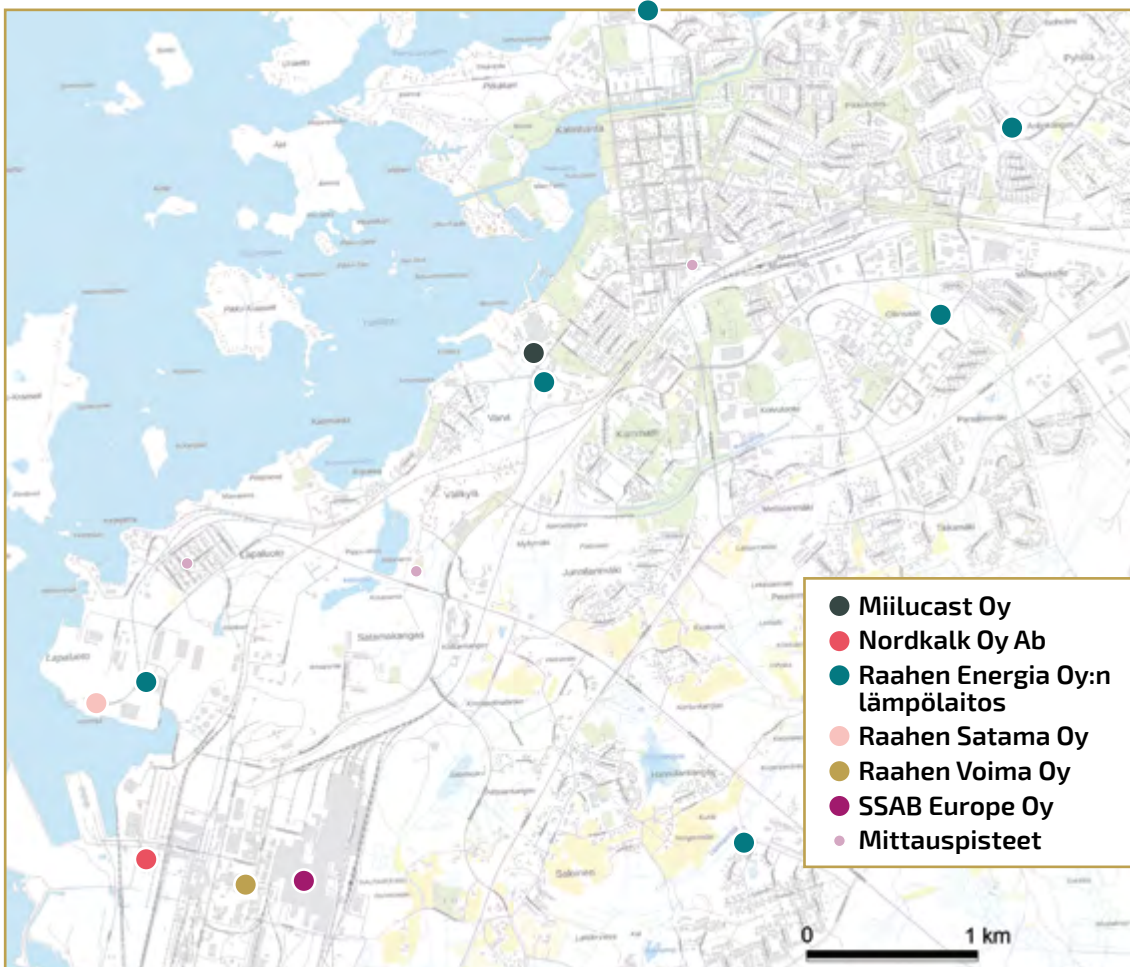


Miilucast Oy valmistaa koneistettuja teräsvalutuotteita, kuten pumppujen, venttiilien ja paperikoneiden osia. Tuotantoa varten Miilucast Oy:llä on käytössä kuusi induktiouunia.

Raahen Energia Oy on Raahen kaupungin omistama energiayhtiö, joka hankkii valtaosan kaupunkialueen kaukolämmöstä ostolämpönä Raahen Voima Oy:ltä. Tämän lisäksi yhtiö tuottaa itse kaukolämpöä vara- ja huippuvoimana yhdellä pellettilämpökeskuksella ja kuudella öljyllä toimivalla lämpökeskuksella.

Raahen Satama Oy vastaa Raahen sataman toiminnasta. Satama sijaitsee kahdessa osassa Lapaluodossa sekä SSAB Europe Oy:n terästehtaan läheisyydessä. Satamassa käy noin 600 alusta vuodessa.





Kuva 21: Ilmanlaadun mittauksissa mukanaolevat toimijat. Kuvasta on rajattu ulos Pattijoen Alakkalassa sijaitseva Raahen Energian lämpölaitos sekä Lentokentäntien laskeumamittauspiste.

6. PÄÄSTÖT

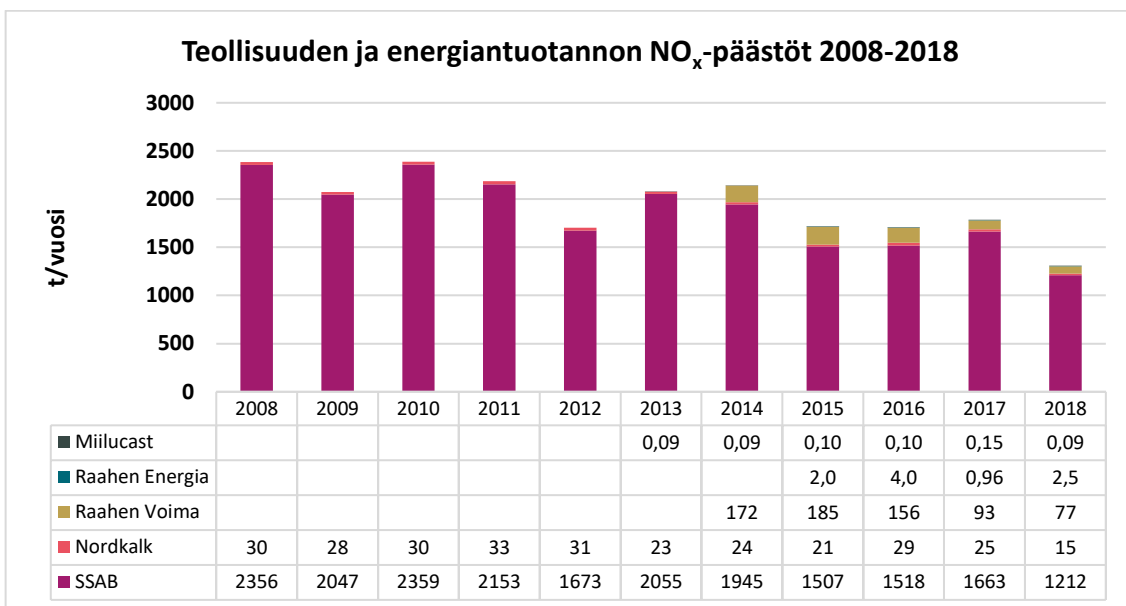
6.1. Teollisuus

Teollisuuden päästöistä merkittävimmät muodostuvat Raahessa SSAB:n, Nordkalkin, Raahen Voiman, Raahen Energian ja Miilucastin toiminnoista. Seuraaviin kuvaajiin 1-4 on esitetty vuoden 2018 teollisuuden piippupäästöt, joihin ei ole laskettu mukaan hajapäästöjä.

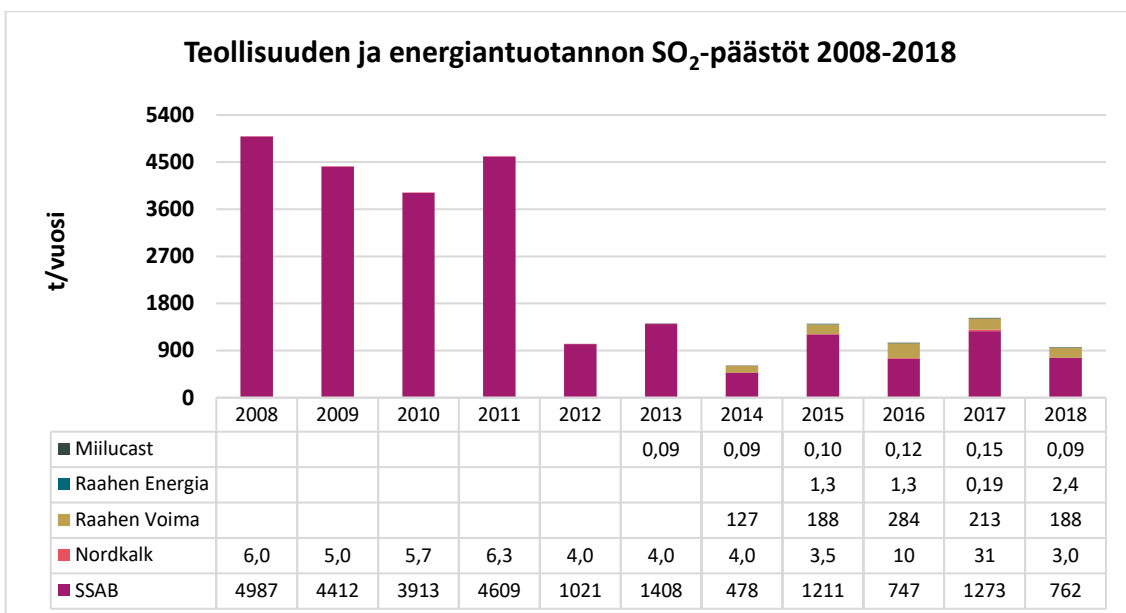
Kuvaajissa on mukana historiatieto myös edellisen 10 vuoden ajalta. Erityisesti rikkidioksidin, hiukkasten ja raskasmetallien kuvaajissa nähdään vuonna 2011 SSAB:lla suljetun sintraamon sekä masuunien uusittujen

pölynpoistojärjestelmien merkittävä vaikutus em. pitoisuuksiin. Vuoteen 2014 Raahen Voiman päästöt sisältyivät SSAB:n päästöihin. Miilucastin ja Raahen Energian päästöt ovat vuodesta 2015 asti, jolloin ne ovat tulleet mittauksiin mukaan. Miilucastin tuloksia on ilmoitettu myös pari vuotta takautuvasti.

SSAB:n rikkidioksidipäästöjen vuosittainen vaihtelu johtuu säännöllisesti kahden vuoden välein tehtävistä rikinpoistolaitoksen huolto- töistä, jolloin rikkidioksidipäästöt ovat edellistä vuotta suuremmat.



Kuvaaja 1: Teollisuuden ja energiantuotannon typen oksidipäästöt 2008–2018.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.



Kuvaaja 2: Teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt 2008–2018.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

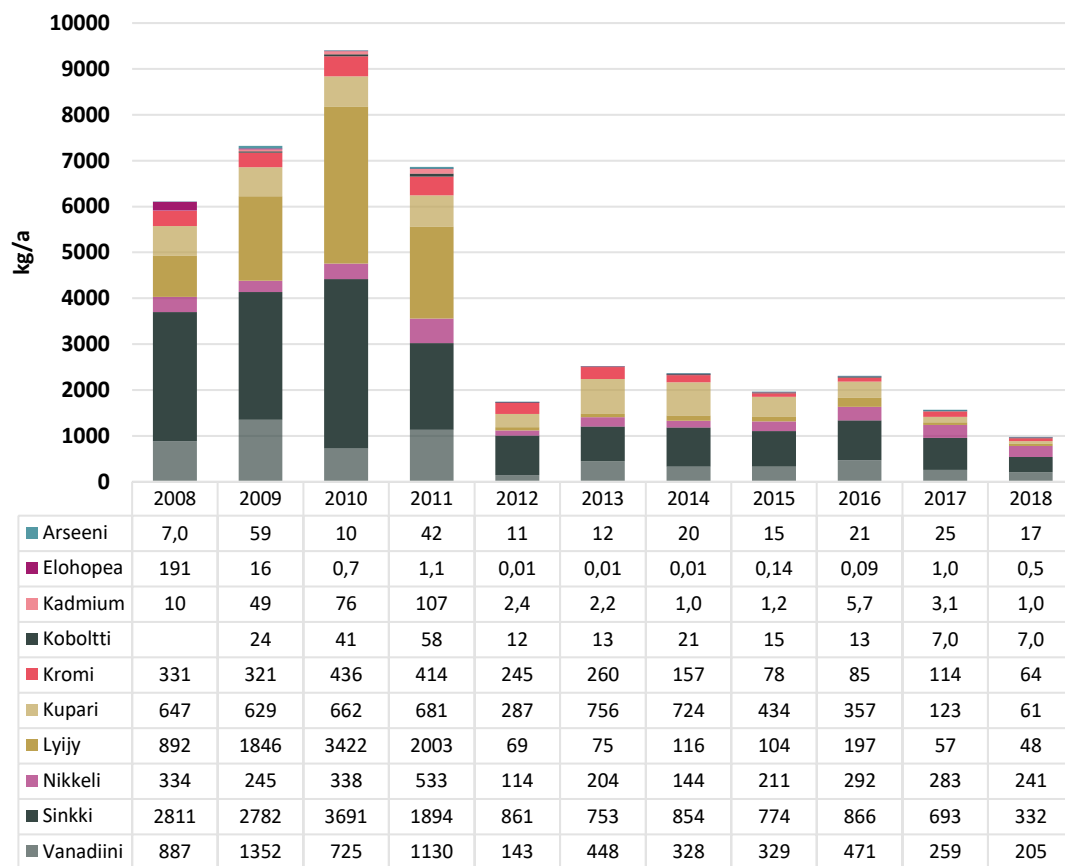
Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2008-2018



Kuvaaja 3: Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2008–2018.

Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

Teollisuuden ja energiantuotannon raskasmetallipäästöt 2008 - 2018



Kuvaaja 4: Teollisuuden ja energiantuotannon yhteenlasketut raskasmetallipäästöt 2008–2018.

Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

6.2. Liikenne

6.2.1. Tieliikenne

Ihmisten kannalta tieliikenteen päästöt ovat usein teollisuuden päästöjä merkittävämpiä, sillä ne vapautuvat lähellä maan pintaa ja kulkeutuvat helpommin ihmisten hengityselimiin. Vuosien aikana liikenteen päästöjä on pystytty alentamaan mm. erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, kuten katalysaattoreiden ja lyijyttömien polttoaineiden käyttöönotolla.

Vuosittaiset liikennepäästöt saadaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttamasta ja ylläpitämästä Suomen liikenteen

pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmästä LIPASTOsta, joka kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä työkonet. LIPASTOssa on tieliikennettä koskeva alamalli LIISA, josta saadaan kuntakohtaiset päästöt vuoden viiveellä. Laskelmat perustuvat automaattisiin liikennelaskureihin, joten eri vuosien tuloksia voi verrata vain karkeasti toisiinsa. Nykyisellä laskentatavalla tietoja on esitetty vuodesta 2015 lähtien, jotka on koottu taulukkoon 7.

Tieliikenteen päästö t/v	2015	2016	2017
Hiilimonoksidi, CO	235,7	207,8	179,5
Hiilivedyt, HC	29,5	25,4	21,5
Typen oksidit, NO _x	180,3	164,5	144,3
Hiukkaset, PM	5,2	4,6	3,9
Metaani, CH ₄	2,5	2,4	2,2
Typpioksiduuli, N ₂ O	1,2	1,2	1,2
Rikkidioksidi, SO ₂	0,2	0,2	0,2
Hiilidioksidi, CO ₂	46 041	50 902	47 460
Suurite (Miljoonaa km)	221	227	229

Taulukko 7: Tieliikenteen päästöt Raahessa 2015–2017 (Lähde: VTT, LIISA-järjestelmä).

6.2.2. Laivaliikenne

Vuosittaiset laivaliikenteen päästöt saadaan satamakohtaisesti LIPASTOn vesiliikennettä koskevasta MEERI-järjestelmästä, joka kuvaa vesiliikenteen pakokaasupäästöjä ja kulutusta. MEERI on jaettu kahteen erilliseen malliin, laivaliikennemalliin ja venemalliin. Mallit on kehitetty 1997, mutta nykyinen laskentatapa on ollut käytössä vuodesta 2012. Laskenta perustuu satamakohtaiseen laivakäyntimäärään, satamasta riippumattomaan sisään- ja



ulosajoaikaan (yhteensä 60 min) ja eri laivatyypeille ominaiseen laiturissa oloaikaan (6–52 h). Päästökertoimet on määritetty kullekin laivatyyppille keskimääräistä laivakäyntiä kohden.

Vuonna 2015 laivaliikenteen päästörajoitukset kiristyivät EU:n rikkidirektiivin myötä,

mikä näkyy myös alla olevan taulukon 8 päästöissä. Vuonna 2017 Raahen satamassa kävi 557 alusta, mikä on hieman enemmän kuin aikaisempana vuonna. Suurempi alusmäärä on nostanut jonkin verran myös sataman päästöjä.

Laivaliikenteen päästö t/v	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Hiilimonoksidi, CO	11,0	8,9	17,4	11,6	10,0	11,5
Hiilivedyt, HC	3,1	2,5	4,9	3,2	2,8	3,2
Typen oksidit, NO _x	82,5	66,3	128,3	87,3	74,3	85,7
Hiukkaset, PM	2,7	2,2	3,9	2,2	1,9	1,8
Metaani, CH ₄	0,4	0,3	0,6	0,4	0,4	0,4
Typpioksiduuli, N ₂ O	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidi, SO ₂	7,2	5,9	6,9	2,7	2,3	1,4
Hiilidioksidi, CO ₂	4 528	3 648	6 998	4 770	4 053	4 673
Satamakäynnit (kpl)	483	547	608	593	532	557

Taulukko 8: Laivaliikenteen päästöt Raahen satamassa 2012–2017 (Lähde: VTT, MEERI-järjestelmä).

6.3. Asutus ja muut hajalähteet

Asutuksen aiheuttamat vaikutukset ilmanlaatuun näkyy parhaiten pientaloalueilla, joissa talojen ja saunojen lämmittämiseen käytetään tulisijoja. Palamisen seurauksena syntyvien savukaasujen mukana ilmaan kerääntyy erityisesti hengitettäviä hiukkasia ja niihin sitoutuneita epätäydellisessä palamisessa muodostuvia PAH-yhdisteitä. Koska taloissa savupiiput ovat matalalla, ilman laimentumisolosuhteet ovat heikommät ja vaikutukset jäävät pääosin päästölähteen lähiympäristöön.

Kovilla tuulilla ilmansaasteet voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän, jolloin esimerkiksi maastopaloista syntyvä savu voi kulkeutua laajallekin alueelle. Suomessa esimerkiksi vuonna 2010 nähtiin vaikutuksia ilmanlaadussa, kun Venäjällä oli laajoja maastopaloja sekä Islannissa tulivuorenpurkaus.



7. TYPEN OKSIDIT (NO_x)

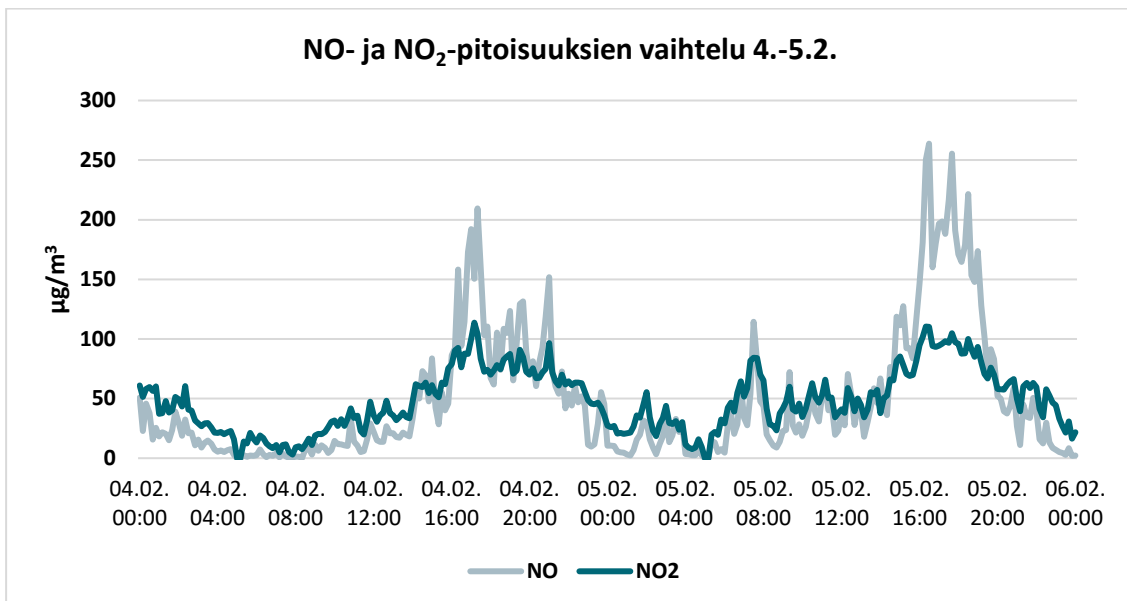
Typen oksideita mitataan jatkuvatoimisesti Keskustan asemalla, sillä typen oksideita muodostuu merkittävimmin liikenteen ja energiantuotannon vaikutuksesta. Vuoden 2018 pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Suurin tuntikeskiarvo 99,6 µg/m³ sivusi alemmaa arviointikynnystä 100 µg/m³, mikä ei kuitenkaan aiheuta toimenpiteitä. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, mittaustuloksia on käytettävissä 99,3 % vuoden tunneista. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 7.3.

Typen oksideilla (NO_x) tarkoitetaan typpioksidia (NO) ja typpidioksidia (NO₂), joita pääsee ilmaan kaikessa palamisessa. Typen oksidipitoisuudet ilmoitetaan typpidioksidina, jotka lasketaan mitattavista NO ja NO_x-pitoisuuksista. Typpidioksidi on kaasu, joka aiheuttaa ihmisille hengitysteiden ärsytystä sekä luonnossa rehevöitymistä ja happamoitumista. Typpidioksidi vaikuttaa myös otsonin muodostumiseen.

Suomessa typpidioksidin kokonaispäästöistä puolet tulee energiatuotannosta ja puolet liikenteestä. Kaupunki-ilmaan liikenteellä on suurempi vaikutus, koska liikenteen päästöt tapahtuvat maanpinnan tasolla suoraan hengitysilmaan.

Typen oksideja syntyy polttomoottoreissa ilman typen sitoutuessa happeen. Erityisen voimakasta tämä muutos on kaupunkiolosuhteissa kiihdytystilanteissa ja maanteillä lujaa ajettaessa. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääosin typpimonoksidia (NO), joka ilmassa hapettuu typpidioksidiksi (NO₂), joka on typen oksideista haitallisin. Typpidioksidipitoisuudet ovat vuosien aikana laskeneet erityisesti katalysaattoreilla varustettujen autojen korvattessa vanhempia autoja, mutta toisaalta liikennemäärän kasvu hidastaa tekniikan parantumisen aiheuttamaa kehitystä.

Suuremmissa kaupungeissa typen oksidipitoisuudet kohoavat erityisesti aamuruuhkan aikaan tai tynninä pakkaspäivinä, jolloin ilman laimentumisolosuhteet ovat heikot. Ku-



Kuvaaja 5: Typpimonoksidi- ja typpidioksidipitoisuuksien ajallinen vaihtelu vuorokaudenajan mukaan Keskustan mittausasemalla 4.-5.2.2019. Ajanjaksolla lämpötila vaihteli -10 ja -20 °C välillä.

vaajassa 5 on havainnollistettu tätä ilmiötä kahden vuorokauden ajalta Keskustan mittausasemalla helmikuussa, jolloin pakkana on vaihdellut -10 ja -20 °C välillä. Alkuvuonna Keskustan sääasemalla oli pitkä katkos, jonka takia kuvaajan lämpötilatiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta. Valtaosa pakokaasujen päästöistä tulee

typpimonoksidina, joka nopeasti hapettuu typpidioksidiksi, mikä on havaittavissa myös Keskustan mittausasemalla NO- ja NO₂-pitoisuuksien vaihteluissa vuorokaudenajan ja liikennemäärien mukaisesti. Pitoisuudet ovat matalimmillaan aamuyön tunteina, alkavat nousta jyrkästi noin aamuviiden jälkeen ja laskevat iltapäivällä klo 16 jälkeen.

7.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä

Typen oksidipitoisuudet ilmoitetaan typpidioksidina (NO₂), jotka lasketaan mitattavista typpimonoksidin (NO) ja typen oksidipitoisuuksista (NO_x). Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti typpidioksidille on määritetty seuraavat raja-arvot pitoisuuksille ulkoilmassa (taulukot 9 ja 10), jotka ovat olleet voimassa 1.1.2010 alkaen. Raja-arvon lisäksi on annettu varoituskyynnysarvo, joka on 400 µg/m³ (kolmen peräkkäisen tunnin arvo).

Varoituskyynnysarvon ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ihmisen terveyttä. Vuodesta 1996 alkaen on ollut voimassa ohjearvot typpidioksidin kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipisteelle sekä kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle. Typen oksideille (NO_x) on metsä- ja maaseutualueilla määritetty 15.8.2001 alkaen kriittinen taso (taulukko 11) kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi.

NO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	200 µg/m ³	50 % (100 µg/m ³)	70 % (140 µg/m ³)	⁴⁾ 150 µg/m ³ ⁵⁾ 70 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä	18 kpl	18 kpl	18 kpl	

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa
 3) 20°C, 1 atm
 4) Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
 5) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 9: Typpidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo, ohjearvot sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

NO ₂ (1 v)	Raja-arvo	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	40 µg/m ³	65 % (26 µg/m ³)	80 % (32 µg/m ³)

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa

Taulukko 10: Typpidioksidin vuosikeskiarvon raja-arvo sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017).

NO _x (1 v)	Kriittinen taso	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	30 µg/m ³	65 % (19,5 µg/m ³)	80 % (24 µg/m ³)
<p>1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita</p> <p>2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa</p>			

Taulukko 11: Typen oksidien vuosikeskiarvon kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueilla (VNa 79/2017).

7.2. Typen oksidien mittausten historiaa

Typen oksideita on mitattu Raahessa vuodesta 2001 lähtien, jolloin mittauslaite sijaitsi osan vuotta Ollinsaarella. Vuonna 2002 mittauslaite siirrettiin kaupungin varikolla sijainneelle mittausasemalle, ja syyskuussa 2004 Keskustan mittausasemalle.

Mittaushistorian aikana typpidioksidipitoisuudet ovat vaihdelleet tasaisesti 10–20 µg/m³ välillä (kuvaaja 6), eivätkä vuosikeskiarvopitoisuudet ole ylittäneet asetettua raja-arvoa koko mittausjakson aikana.



Kuvaaja 6: Typpidioksidin vuosikeskiarvo 2001–2018. Kuvaajaan on merkitty myös vuodesta 2010 lähtien voimassa ollut typpidioksidin vuosikeskiarvon raja-arvo (40 µg/m³).



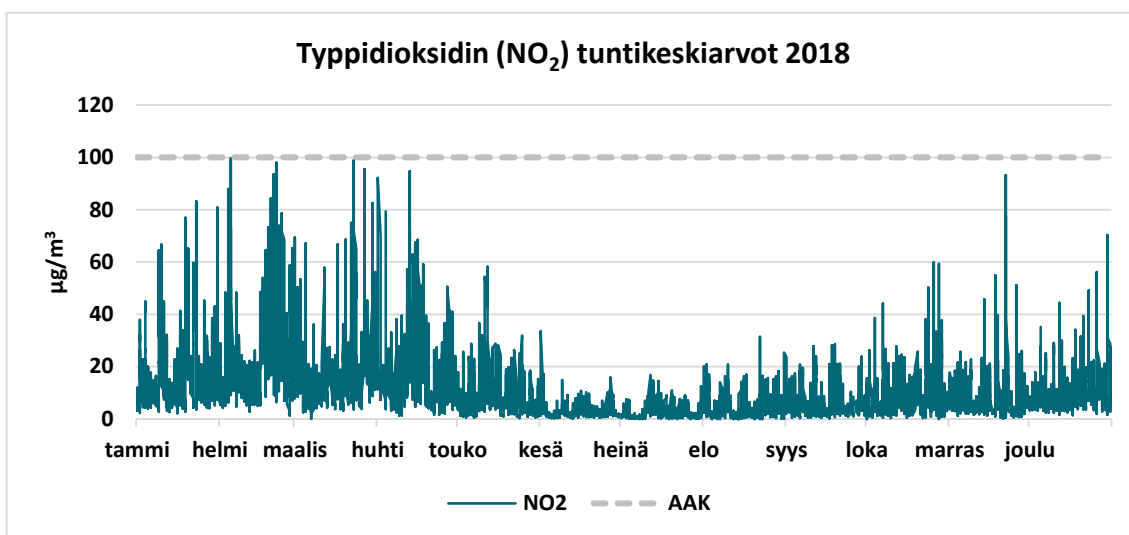
7.3. Typpimittaukset vuonna 2018

Raahessa typen oksideita mitataan jatkuva-toimisesti Keskustan mittausasemalla kemiluminesenssiin perustuvalla Environnement AC32M -mittauslaitteella. Mittaukset sujui-
vat ilman suurempia katkoksia, sillä vuoden aikana sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäviä keskeytyksiä ja ainoastaan yksi pidempi katkos 26.–27.9. Koko vuoden tunneista on hyväksyttyä tuntidataa 99,3 %.

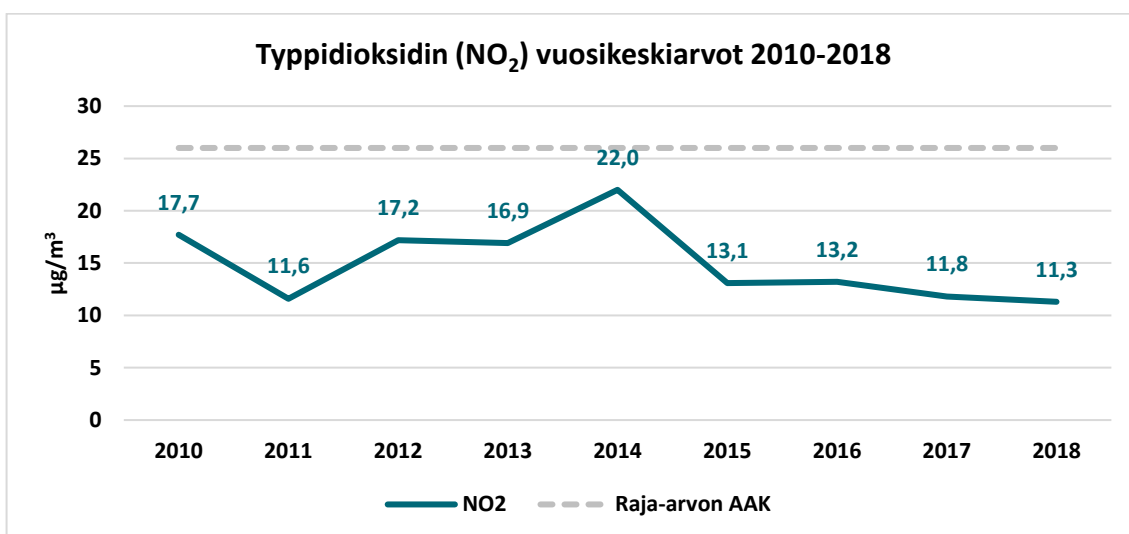
Kuvaajassa 7 on Keskustan asemalla mitatut typpidioksidin tuntikeskiarvot. Typpidioksidipitoisuudet ovat suurempia talvella pakka-
saikaan, kun ilman laimentumisolosuhteet ovat heikommät. Tuntikeskiarvon raja-arvo

on $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka saa ylittyä 18 kertaa vuo-
dessa. Kuvaajasta nähdään, että vuonna 2018 typpidioksidipitoisuudet olivat pari kertaa lähelllä alemmaa arviointikynnystä ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin mitattu tuntikeskiarvo $99,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tapahtui 5.2.2018 klo 17:00.

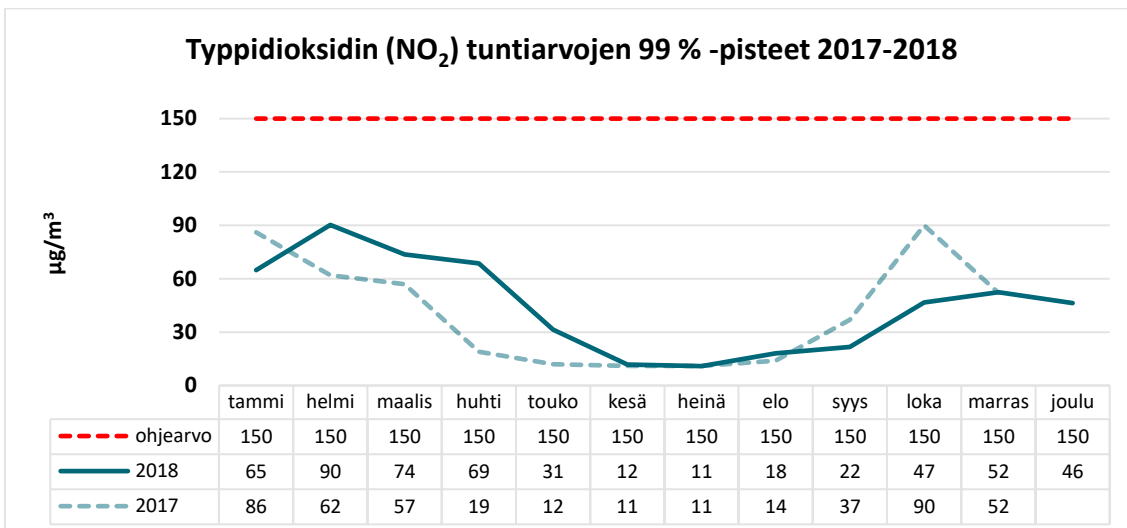
Kuvaajaan 8 on koottu typpidioksidin vuosikeskiarvoja 2010 alkaen. Kuvaajan perusteella viime vuosina NO_2 -pitoisuudet ovat tasaisesti laskeneet ja vuoden 2018 pitoisuus oli pienin tällä vuosikymmenellä. Kaikki arvot ovat selvästi pienempiä kuin vuosikeskiarvon alempi arviointikynnys $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



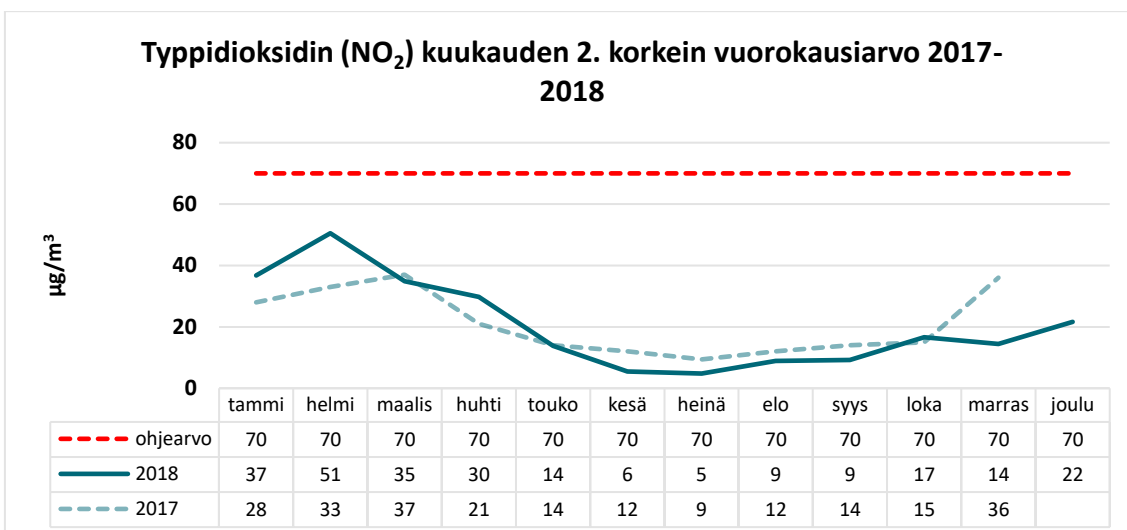
Kuvaaja 7: Typpidioksidin (NO_2) tuntikeskiarvot 2018 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös tuntikeskiarvon alempi arviointikynnys ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuvaaja 8: Typpidioksidin (NO_2) vuosikeskiarvot 2010–2018 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös vuosikeskiarvon raja-arvon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alempi arviointikynnys ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuvaaja 9: Typpidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2017 ja 2018 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös ohjearvo (150 µg/m³).



Kuvaaja 10: Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2017 ja 2018 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös ohjearvo (70 µg/m³).

Kuvaajissa 9-10 on esitetty typpidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2018 sekä vertailun vuoksi vuoden 2017 arvot. Vuoden 2017 tuloksissa ei ole käytettävissä joulukuun tulosta, koska mittauksen ajallista kattavuutta ei ole ollut riittävästi. Molempina vuosina tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 11 – 90 µg/m³, joten ohjearvon (150 µg/m³) ylityksiä ei tullut. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 5 – 51 µg/m³, joten ne eivät ylittäneet ohjearvoa (70 µg/m³).

Raportin liitteessä 1 on koottuna yhteenvertomaisesti typpidioksidin edellä olevien kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.

Typen oksideille on määritelty metsä- ja maaseutualueilla kasvillisuuden suojelemiseksi vuosikeskiarvon kriittinen taso 30 µg/m³. Vuonna 2018 keskiarvo oli 22,7 µg/m³. Raaha ei kaupunkina ole lain määrittelämä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia. Typen oksidipitoisuudet ovat laskeneet viime vuosina lähes samassa suhteessa typpidioksidipitoisuuksien kanssa.

8. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)

Rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon asemalla, koska rikkidioksidia muodostuu merkittävimmin teollisuuden vaikutuksesta. Vuoden 2018 pitoisuudet olivat jopa kymmenen kertaa pienempiä kuin lainsäädännössä määritellyt raja-arvot. Koko vuoden mittaustuloksia on käytettävissä 92,1 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimukset vuosikeskiarvon osalta. Helmikuussa ja toukokuussa oli pidempiä mitauskatkoksia, joiden takia kyseisiltä kuukausilta ei voida laskea kuukausikeskiarvoa, koska lainsäädännön ajallinen kattavuus 75 % ei täyty. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 8.3.

Rikkidioksidi on vesiliukoinen, väritön ja suurissa pitoisuuksissa kitkerän hajuinen, ärsyttävä kaasu. Rikkidioksidi (SO₂) on peräisin teollisuudesta ja energiantuotannosta, ja tieliikenteen osuus päästöistä on pieni.

Rikkidioksidipitoisuudet laskivat voimakkaasti erityisesti 1980-luvulla, jolloin

rikkidioksidipäästöjä alettiin rajoittaa happosateiden aiheuttamien metsävaurioiden ja vesistöjen happamoitumisten takia. Rikittömät polttoaineet yleistyivät 2000-luvun alussa, mikä osaltaan on myös vaikuttanut rikkidioksidipitoisuuksien alenemiseen.



8.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti rikkidioksidille on määritetty seuraavat raja-arvot tunti- ja vuorokausipitoisuuksille sekä vuorokausiarvon ylempi ja alempi arviointikynnys (taulukot 12 ja 13), jotka ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Raja-arvon lisäksi on annettu varoituskynnysarvo, joka on 500 µg/m³ mitattuna kolmen peräkkäisen tunnin aikana. Varoituskynnysarvon ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ihmisen terveyttä. Vuodesta 1996 alkaen on ollut voimassa ohjearvot rikkidioksidin kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipisteelle sekä kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle.

Ennen vuotta 2005 on ollut voimassa vuosikeskiarvolle ohjearvo 40 µg/m³, joka on korvattu tunti- ja vuorokausikeskiarvojen raja-arvoilla. Metsä- ja maaseutualueille on kuitenkin määritelty vuosikeskiarvolle ns. kriittisen tason raja-arvo kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi (taulukko 14), joka on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia.

SO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	350 µg/m ³	250 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä vuodessa	24 kpl	

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
- 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa
- 3) Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste, (20 °C, 1 atm)

Taulukko 12: Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo ja ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}
Numeerinen arvo	125 µg/m ³	40 % (50 µg/m ³)	60 % (75 µg/m ³)	80 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä vuodessa	3 kpl	3 kpl	3 kpl	

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
- 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa
- 3) 20 °C, 1 atm
- 4) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 13: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys sekä ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 v ja talvikausi ¹⁾) ²⁾ metsä- ja maaseutualue	Kriittinen taso ³⁾	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	20 µg/m ³	40 % (8 µg/m ³)	60 % (12 µg/m ³)

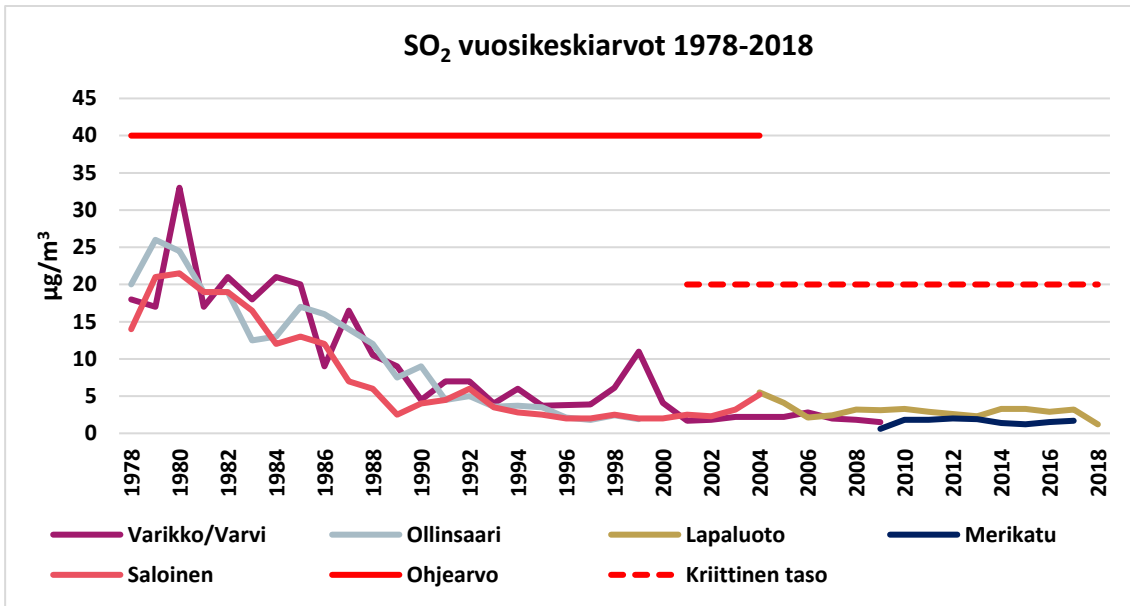
- 1) 1.10.–31.3.
- 2) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
- 3) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa

Taulukko 14: Rikkidioksidin vuosikeskiarvon ja talvikauden (1.10.–31.3.) kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueille (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

8.2. Rikkidioksidimittausten historiaa

Rikkidioksidimittaukset ovat olleet Raahen ilmanlaadun seurannassa ensimmäiset jatkuvatoimiset mittaukset, jotka on aloitettu jo vuonna 1977 (kuvaaja 11). Alussa seuranta-asemia oli kolme, mutta vuosien aikana niitä on pystytty karsimaan laitteiden vanhentumassa ja vanhoja mittausasemia lakkautettaessa, koska pitoisuustasot ovat olleet

niin pienet. Viimeisin siirto on tehty vuonna 2004, jolloin vuosikymmeniä Saloisissa sijainnut mittari siirrettiin Lapaluotoon. Merikadulla tehdyt mittaukset lopetettiin 2017, kun mittausasema lakkautettiin. Tällä hetkellä rikkidioksidia mitataan siis vain Lapaluodossa.



Kuvaaja 11: Rikkidioksidin vuosikeskiarvo 1978–2018. Kuvaajaan on merkitty myös 2004 saakka voimassa ollut vuosikeskiarvon ohjearvo (40 µg/m³) sekä vuodesta 2001 lähtien metsä- ja maaseutualueilla voimassa ollut vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³).

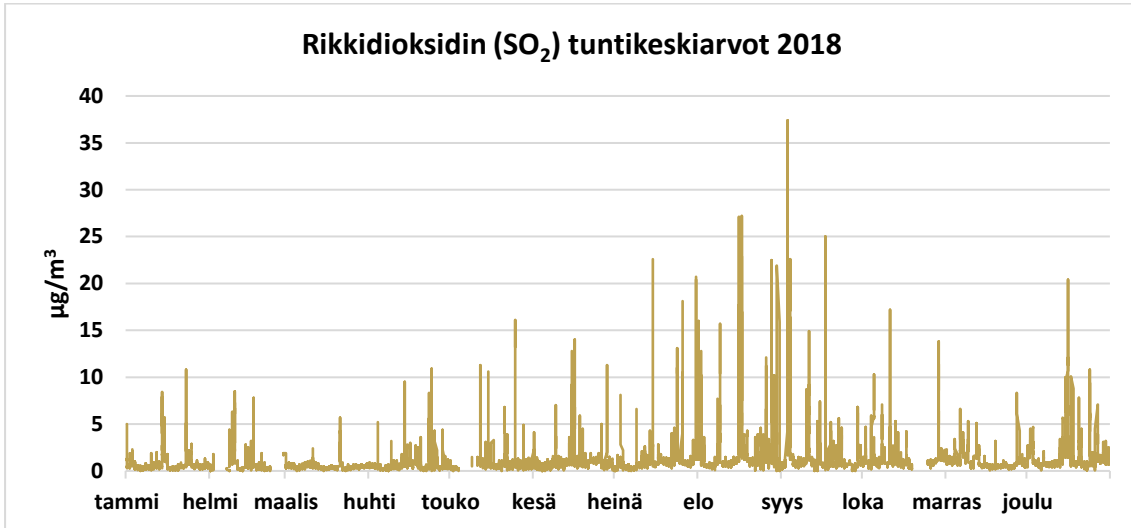
8.3. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2018

Raahessa rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon mittausasemalla UV-fluoresenssiin perustuvalla Thermo Electron model 43i -mittauslaitteella. Vuonna 2018 mittauksissa oli useita korkeintaan parin tunnin kestäneitä mittauskatkoja sekä pari pidempää katkosta 2.-7.2., 23.-28.2., 4.-11.5. ja 19.-25.10. Osa katkoksista johtui atk- ja tiedonsiirto-ongelmista. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 92,1 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %.

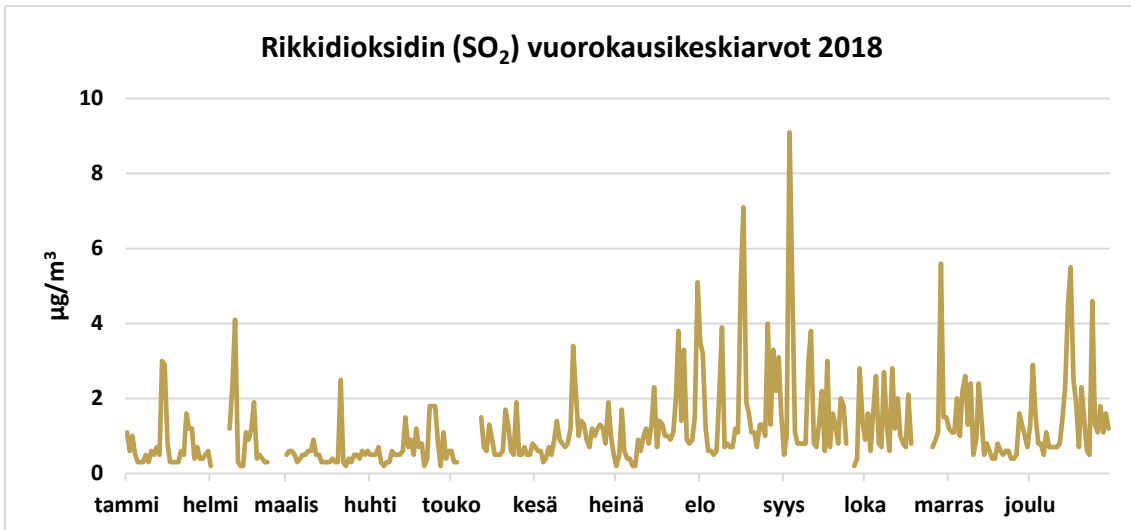
Kuvaajissa 12–14 on rikkidioksidin tuntija vuorokausikeskiarvot viime vuodelta sekä vuosikeskiarvot vuosilta 2010–2018. Verrattuna lainsäädännössä asetettuihin raja-arvoihin pitoisuustasot Raahessa ovat jopa kymmenen kertaa pienemmät. Vuonna 2018 rikkidioksidin vuosikeskiarvo on alempi kuin aiempina vuosina. Ero voi johtua mahdollisesti mittausdatan editoinnista, koska mittauslaitteessa on ollut päällä asetus, joka on kasvattanut mitattua tulosta. Mikäli kyseistä asetusta ei ole aikaisemmin otettu editoitaessa huomioon, se on nostanut koko vuoden pitoisuuksia. Kyseiset pitoisuudet ovat kuitenkin niin alhaisia, ettei eroa voi pitää merkittävänä.

Kuvaajissa 15 ja 16 on esitetty rikkidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2018. Helmikuussa ja toukokuussa oli pidempiä mittauskatkoja, minkä takia helmikuun mittauksia on käytettävissä vain 61,5 % ja toukokuussa 74,9 %. Nämä eivät täytä lainsäädännön vaatimusta 75 % ajallisesta kattavuudesta, minkä takia kuukausikeskiarvoa ei voida laskea. Tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 3 – 18 µg/m³, joten ohjearvo (250 µg/m³) ei ylittynyt. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 1 – 5 µg/m³, joten ohjearvo (80 µg/m³) ei ylittynyt.

Raportin liitteessä 2 on koottuna yhteenvetomaisesti rikkidioksidin seuraavien sivujen kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.



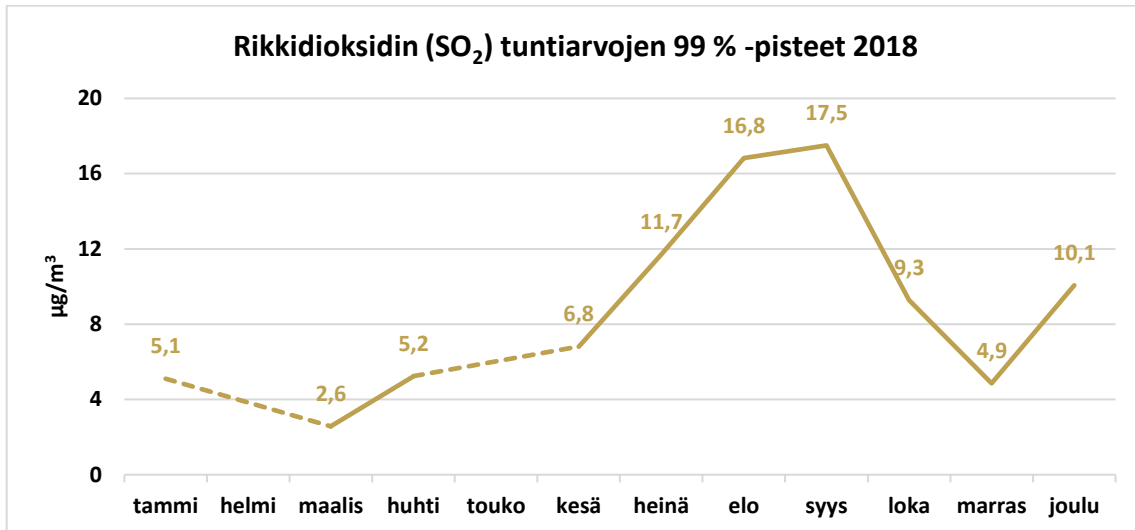
Kuvaaja 12: Rikkidioksidin tuntikeskiarvot Lapaluodossa 2018. Tuntikeskiarvon raja-arvo (350 µg/m³) on lähes kymmenkertainen suurimpaan mitattuun arvoon verrattuna.



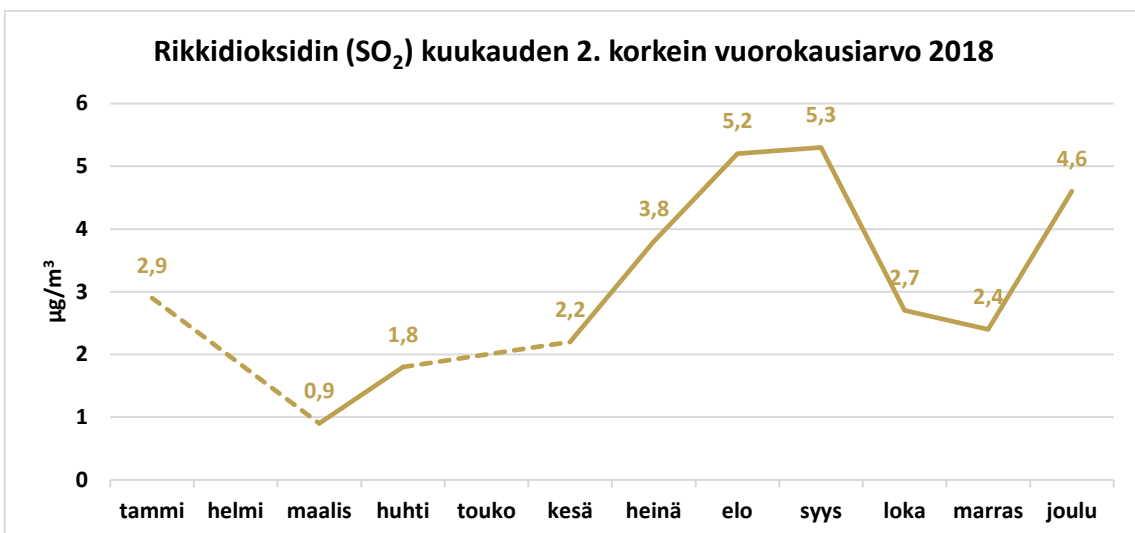
Kuvaaja 13: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvot Lapaluodossa 2018. Vuorokausikeskiarvon raja-arvo (125 µg/m³) on yli kymmenkertainen suurimpaan mitattuun arvoon verrattuna.



Kuvaaja 14: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Lapaluodossa 2010–2018. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³) on huomattavasti suurempi, kuin aikajakson suurin arvo.



Kuvaaja 15: Rikkidioksidin tuntiarvoon verrannolliset pitoisuudet 2018 kuukausittain Lapaluodossa. Pitoisuuksien ohjearvo (250 µg/m³) on yli kymmenkertainen suurimpaan arvoon verrattuna. Lapaluodossa helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus 75 % ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.



Kuvaaja 16: Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2018 Lapaluodossa. Pitoisuuksien ohjearvo (80 µg/m³) on yli 15-kertainen suurimpaan arvoon verrattuna. Lapaluodossa helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus 75 % ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.

9. HIUKKASET (PM₁₀)

Hiukkasia mitataan jatkuvatoimisesti sekä Keskustan että Lapaluodon asemilla. Hiukkasia muodostuu teollisuuden ja liikenteen prosesseissa sekä luonnonilmiöiden seurauksena. Vuoden aikana sattui yhteensä 4 vuorokausiraja-arvon ylitystä, joista 3 tapahtui Lapaluodossa ja 1 Keskustassa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 35 kertaa. Kaksi ylityksistä johtui katupölystä, yksi läheisellä teollisuuslaitoksella sattuneesta pölyämisestä, kun taas yhden ylityksen tarkempi syy jäi epäselväksi. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla. Koko vuoden mittaustietoja on käytettävissä Keskustassa 99,2 % ja Lapaluodossa 90,7 % vuoden tunneista, mitkä täyttävät lainsäädännön vaatimuksen. Lapaluodossa oli helmikuussa ja toukokuussa useamman päivän kestävät mittauskatkokset, minkä takia kyseisiltä kuukausilta ei voitu laskea kuukausikeskiarvoa, koska näillä lainsäädännön vaatimus kattavuudesta ei täyty. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 9.3.

Ilmanlaadussa hiukkasista puhuttaessa tarkoitetaan nimenomaan hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀), joiksi kutsutaan halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia hiukkasia. Nimensä mukaisesti ne voivat kulkeutua hengitettäessä suoraan hengityselimiin. Polttoaineiden palamisessa syntyy myös pienhiukkasia (PM_{2,5}), joiden halkaisija on alle 2,5 µm. Pienhiukkaset voivat kulkeutua hengitysilman mukana hengitystiehyihin.

Hiukkaset voivat olla kemialliselta koostumukseltaan esim. vaaratonta siitepölyä

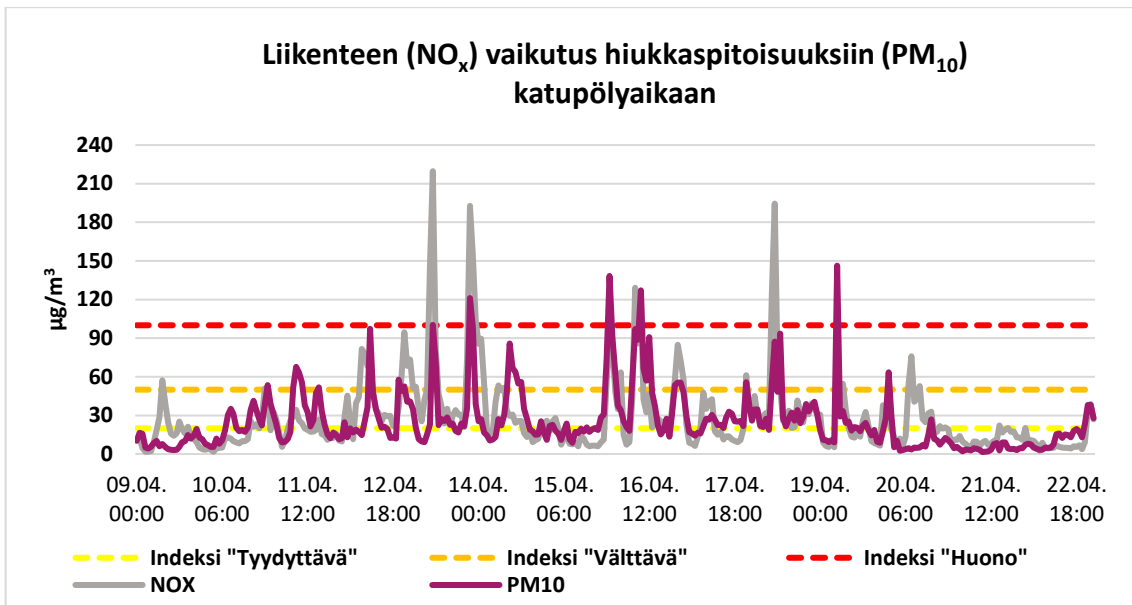
tai merisuolaa. Ilmanlaadussa mitataan hiukkasia, joista analysoidaan niihin sitoutuneita haitallisia raskasmetalleja tai hiilivetyjä.

Kaupunki-ilmassa kohonneita hiukkaspitouksuuksia esiintyy erityisesti keväällä, jolloin kuivilla ilmoilla liikenne nostaa ilmaan jauhunutta hiekoitushiekkaa ja asfalttipölyä. Katupölyn leviämisen ehkäisemiseksi on kuitenkin olemassa erilaisia keinoja, kuten teiden puhdistamisessa käytettävät menetelmät ja puhdistamisen ajoitus esim. sateisten päivien jälkeen.



Kuvaajassa 17 on havainnollistettu Raahessa huhtikuussa 2018, viikkojen 15–16 (9.–22.4.) hengitettävien hiukkasten pitoisuutta (PM₁₀), jolloin keskustassa on puhdistettu katupölyä ja lämpötila on vaihdellut -6 °C ja +8 °C asteen välillä. NO_x-pitoisuus (NO ja NO₂ summa) kuvaa liikenteen vaikutusta – päivällä, kun liikennettä on enemmän NO_x-pitoisuus kasvaa. Liikenteen vaikutuksesta kaduilla oleva katupöly nousee ilmaan, mikä voidaan havaita PM₁₀-pitoisuuden kasvuna. Ajanjaksolla näkyy selkeästi myös viikonloput (14.–15.4.

ja 21.–22.4.), jolloin liikennettä ja näin ollen myös pölyämistä on vähemmän. Kyseisenä ajanjaksona pitoisuudet eivät ylittäneet lainsäädännössä määriteltyä vuorokausikeskiarvon raja-arvoa 50 µg/m³, mutta ilmanlaatuindeksillä tarkasteltuna lähes koko ajan ilmanlaatu oli vähintään "tydyttävää" ja muutamina päivinä jopa "huonoa". Ilmanlaatuindeksin ollessa "huono" on mahdollista, että herkemmat ihmiset saavat ulkoilmasta oireita, kuten silmien kutinaa ja kirkelyä sekä nuhaa ja yskää.

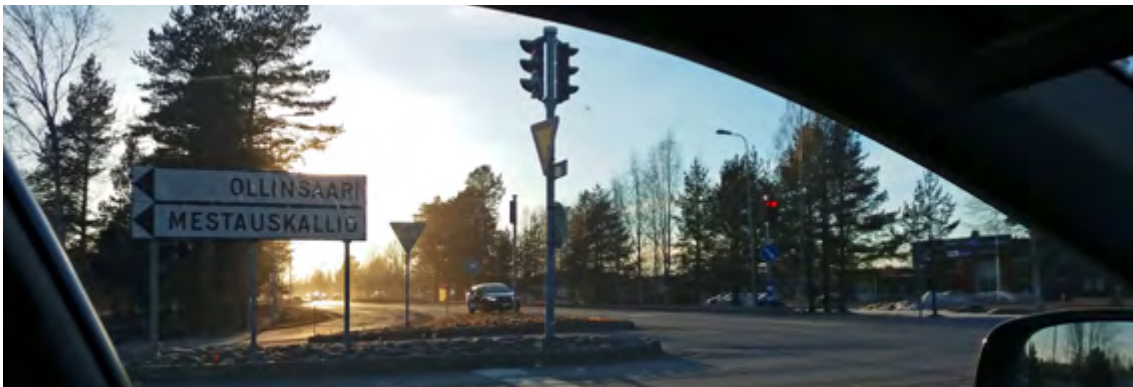


Kuvaaja 17: Liikenteen vaikutus hiukkaspitoisuuksiin kevään katupölyaikana. Kuvaajaan on merkitty myös ilmanlaatuindeksin laadulliset rajat. Ajanjaksolla lämpötila on vaihdellut -6 °C ja +8 °C asteen välillä.

9.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä

Hengitettävien hiukkasten raja-arvot (taulukot 15–16) ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Tätä ennen on ollut käytössä vuo-

sikeskiarvon tavoiteraja-arvo 60 µg/m³ vuoteen 1995 saakka ja vuosina 1996–1999 ohjearvo 50 µg/m³.



PM ₁₀ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohje-arvo ^{3,4)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	50 µg/m ³	70 µg/m ³	50 % (25 µg/m ³)	75 % (35 µg/m ³)
Sallittujen ylitysten määrä	35 kpl		35 kpl	35 kpl

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa
3) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
4) 20°C, 1 atm

Taulukko 15: Hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

PM ₁₀ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	40 µg/m ³	50 % (20 µg/m ³)	70 % (28 µg/m ³)

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 16: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

9.2. Hiukkasmittausten historiaa

Hiukkasten mittaaminen on aloitettu 1980-luvun alussa jolloin hiukkasista alettiin seurata kokonaisleijumaa, metalleja ja polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä eripuolilla kaupunkia. 1997 siirryttiin Keskustassa ja Varikolla hengitettävien hiukkasten mittauksiin, kun hankittiin laitteet PM₁₀-hiukkasten (eli alle 10 µm) määrittämiseksi. 2004 luovuttiin kokonaisleijuman mittaamisesta, kun myös Lapaluotoon ja Saloisiin hankittiin PM₁₀-laitteet.

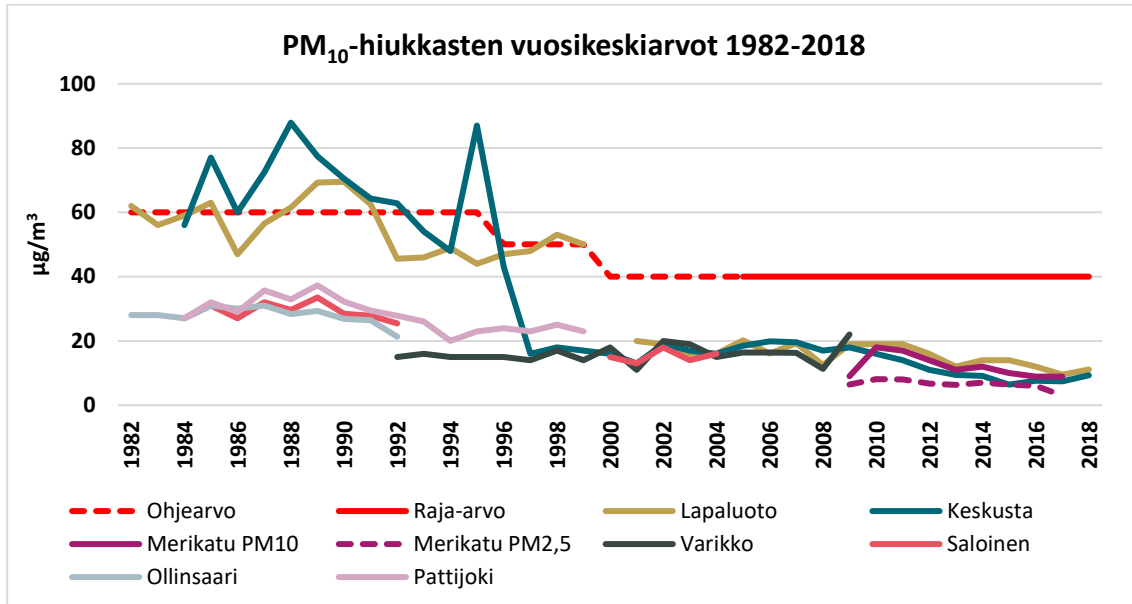
Hiukkaspitoisuuksissa sekä hiukkaista mitattavissa raskasmetallipitoisuuksissa näkyi selkeä lasku vuoden 2011 jälkeen, jolloin terästehtaalla ollut sintraamo suljettiin. Sintraamon sulkeminen voitiin Raahessa havaita selkeästi myös visuaalisesti, sillä talvisin lumi pysyi paljon valkoisempana kuin aikaisemmin.

Pienhiukkasia PM_{2,5} on mitattu Raahessa vuoden mittaisella kampanjalla Pyymäellä 1997–1998 sekä jatkuvatoimisesti Merikadun mittausasemalla 2009–2017. Pienhiukkasten mittaus lopetettiin Merikadun aseman lakkauttamisen yhteydessä vuoden 2017 päätteeksi.

Kuvaajaan 18 on koottu hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot vuodesta 1982 lähtien. On kuitenkin huomioitava, että vanhat tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, vaan tulosten vaihtuvuutta tulee tarkastella suuntaa-antavina. 1990-luvulla mittausjaksoissa on ollut lyhempiä mittausjaksoja mm. laitevioista johtuen tai mittausaseman paikkaa on siirretty kesken vuoden. Esimerkiksi Keskustan mittauspiste on sijainnut ennen nykyistä sijaintiaan vuosina 1984–1996 linja-autoaseman katolla ja 1996–2003 entisen Hittimaan (nyk. Kuntokeskus

Raahessa katolla. Lisäksi osa tuloksista on mitattu kokonaisleijumana (TSP), ja viime vuosien tulokset PM₁₀-hiukkaskeräimellä. Keskustassa ja Varikolla PM₁₀-mittauksiin siirryttiin vuonna 1997 sekä Saloisissa ja Lapaluodossa vuonna 2003. Varikon mittaukset siirrettiin Merikadulle 2009, joten molemmis-

sa paikoissa mittaukset kestivät vain osan vuodesta. Alla olevaan kuvaajaan on sisällytetty myös Merikadulla mitatut pienhiukkaspitoisuudet PM_{2,5}, jotka on jätetty pois seuraavan kappaleen taulukoista ja kuvaajista. Vanhoja pienhiukkastuloksia voi tarkastella aikaisempien vuosien raporteista.



Kuvaaja 18: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 1982–2018. Kulloinkin voimassa ollut ohje- tai raja-arvo on merkitty kuvaajaan punaisella.

9.3. Hengitettävät hiukkaset 2018

Raahessa hiukkasia mitataan molemmilla mittausasemilla. Jatkuvatoimisesti määritetään hiukkasten kokonaispitoisuutta värähtelevään mikrovaakaan perustuvalla Teomin mittalaitteella. Keskustassa laitteen malli on 1400A ja Lapaluodossa 1400 AB. Näiden lisäksi molemmilla mittausasemilla on keräimet, jotka keräävät tasaisin väliajoin vuorokauden ajan ympäröivää ilmaa suodattimille, jotka lähetetään laboratorioon ja joista mitataan PAH-yhdisteitä tai raskasmetalleja. Näitä tuloksia on käsitelty omissa kappaleissaan.

Keskustassa hiukkasmittauksissa sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä katkoksia, ja tuntidataa on käytössä 99,2 %. Sen sijaan Lapaluodossa oli useampikin moneen päivän kestävä katkos 3.-8.2., 24.2.-1.3., 5.-6.4., 5.-12.5., 8.-9.6. sekä 20.-26.10. Osa katkoksista johtui atk- ja tiedonsiirto-ongelmista. Lapaluodossa koko vuoden tuntidataa

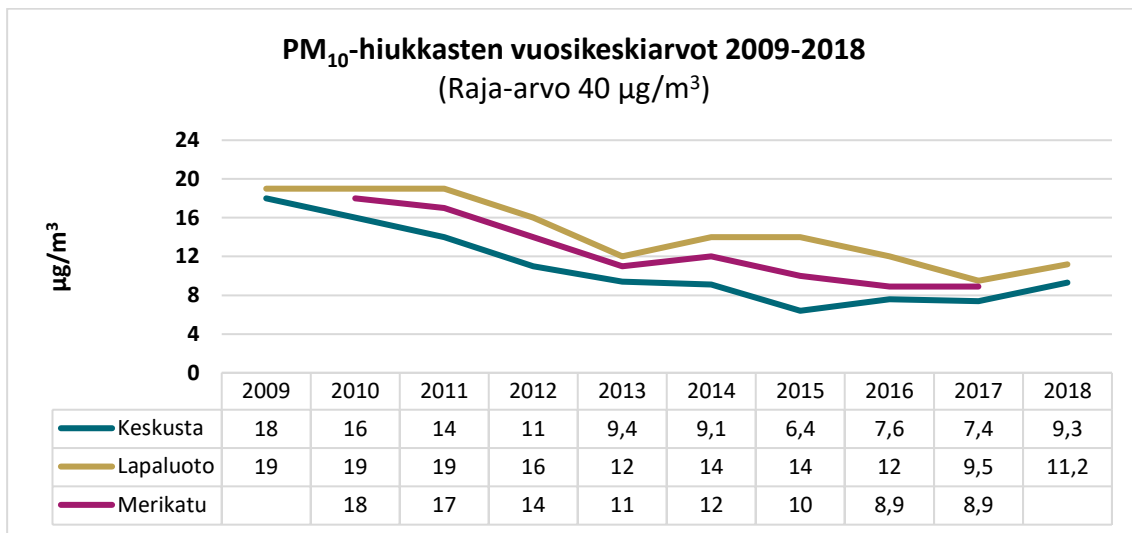


on käytettävissä 90,7 %, mikä täyttää lain-
säädännön vaatimuksen yli 85 %. Sen sijaan
kuukausitasolla tarkasteltuna helmikuussa
mittaustuloksia on vain 63,8 % ja toukokuus-
sa 67,7 % tunneista, mitkä jäävät alle vaati-
muksen vuorokausikeskiarvon aineiston vä-
himmäismäärästä 75 %.

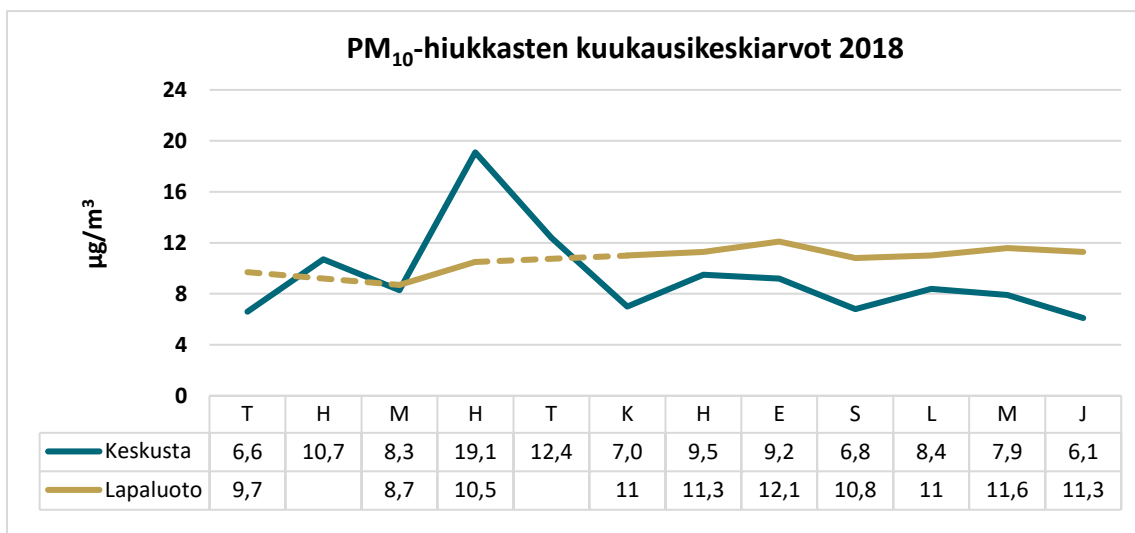
Edellä kappaleessa kuvattiin hiukkasten
vuosikeskiarvopitoisuuksia vuodesta 1982
alkaan. Seuraavaan kuvaajaan 19 on koottu
samat vuosikeskiarvopitoisuudet viimeisen
10 vuoden ajalta numeroarvoineen. Kuvaajan
perusteella nähdään, että kymmenessä vuo-
dessa hiukkaspitoisuuksien taso Raahessa

on puolittunut. Vuonna 2018 pienhiukkasten
pitoisuudet kasvoivat hieman edellisvuodes-
ta, sillä kevään haasteellinen katupölyaika
ja kuiva kesä kasvattivat koko vuoden pitoi-
suutta. Koko vuoden keskiarvot Keskustassa
9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Lapaluodossa 11,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ovat
kuitenkin molemmat selvästi alle vuosikeski-
arvon raja-arvon 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kuvaajassa 20 on vuoden 2018 hiukkaspitoi-
suuksien kuukausikeskiarvot. Koska La-
paluodossa ei ollut helmi- ja toukokuussa
riittävästi tuntidataa saatavilla, ei kuukausi-
keskiarvoja ole pystytty laskemaan.



Kuvaaja 19: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 2009–2018.
Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Merikadun mittaukset lopetettiin vuoden 2017 lopussa.



Kuvaaja 20: Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvot 2018. Lapaluodossa helmi- ja toukokuun
ajallisen kattavuuden vaatimus 75 % ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.

Kuvaajassa 21 on esitetty hiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvot. Hengitettävälle hiukkasille on määritelty vuorokausikohtainen raja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka ylittyi vuonna 2018 Raahessa 4 kertaa: Lapaluodossa kolmesti ja Keskustassa kerran. Sallittujen ylitysten määrä vuodessa on 35. Lähes joka vuosi tulee Raahessa muutamia ylityksiä, yleensä katupölyaikaan. Vuonna 2017 ei ollut yhtään hengitettävien hiukkasten raja-arvon ylitystä, mutta esimerkiksi vuonna 2016 tuli yksi ylitys ja vuonna 2015 viisi ylitystä.

Vuoden 2018 ylitykset tapahtuivat Lapaluodossa 18.3. ($59,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 14.6. ($81,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja 29.11. ($78,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sekä Keskustassa 11.8. ($63,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Maaliskuun Lapaluodon ylityksen aiheuttaneet korkeat pitoisuudet sautuivat aikavälillä 02:00–07:30, mutta ylityksen syy ei ole selvillä. Ylitys oli paikallinen, koska Keskustassa ei samaan aikaan havaittu pitoisuustason nousua.

Kesäkuun Lapaluodon ylityksen aiheuttaneet korkeat pitoisuudet sautuivat aikavälillä 02:00–07:00, jolloin läheisellä teollisuuslaitoksella oli tapahtunut voimakasta pölyämistä. Kyseisenä ajankohtana Keskustan pitoisuudet olivat tavanomaista luokkaa.

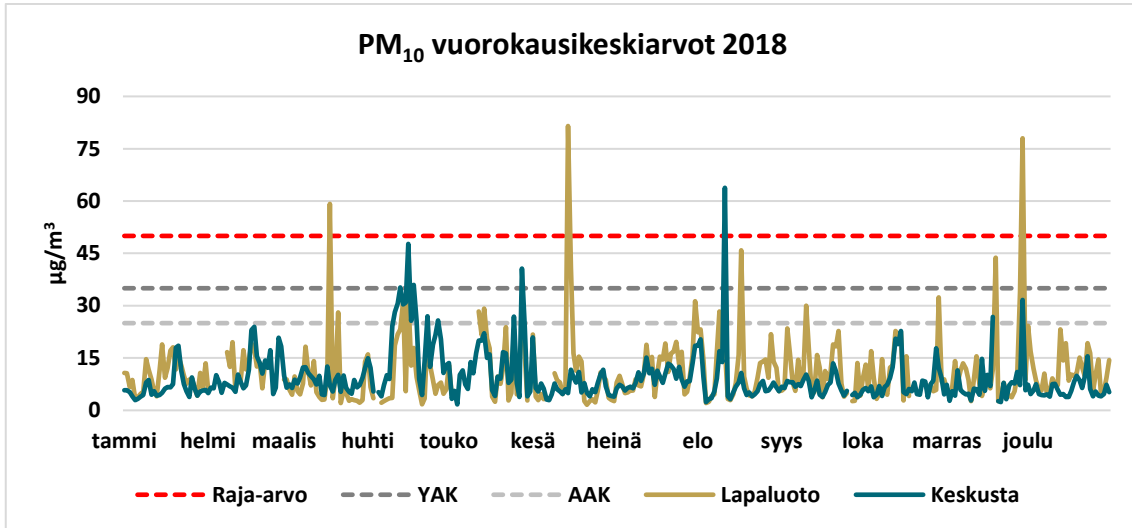
Elokuun Keskustan ylityksen aiheuttaneet korkeat pitoisuudet sautuivat aikavälillä 01:30–02:05. Tapahtumahetken suhteellisen hiljainen tuulen nopeus ja lyhytaikainen korkea pitoisuus viittaa hyvin paikalliseen ilmanlaadun huonontumiseen, sillä Lapaluodossa ei havaittu samaan aikaan pitoisuustason nousua. Ylityksen tarkempi syy ei ole selvillä.

Marraskuun Lapaluodon ylitys sattui aamu-yöllä, jolloin tuulen nopeus nousi nopeasti noin 14:sta m/s yli 20 m/s. Ylitys johtui todennäköisesti pakkasen ja tuulen yhteisvaikutuksesta, sillä pakkasen kuivatti lumettoman maan pinnalla olevia hiukkasia ja voimakas tuuli nosti kuivuneet hiukkaset ilmaan. Myös Keskustassa havaittiin hiukkaspitoisuustason voimakas nousu aamuyöllä, mutta se ei aiheuttanut vuorokausiraja-arvon ylittymistä. Kuvaajasta nähdään myös katupölyaikaan huhtikuussa selkeä pitoisuustason nousu molemmilla mittausasemilla, mikä ei kuitenkaan vuonna 2018 aiheuttanut vuorokausikeskiarvon ylityksiä.

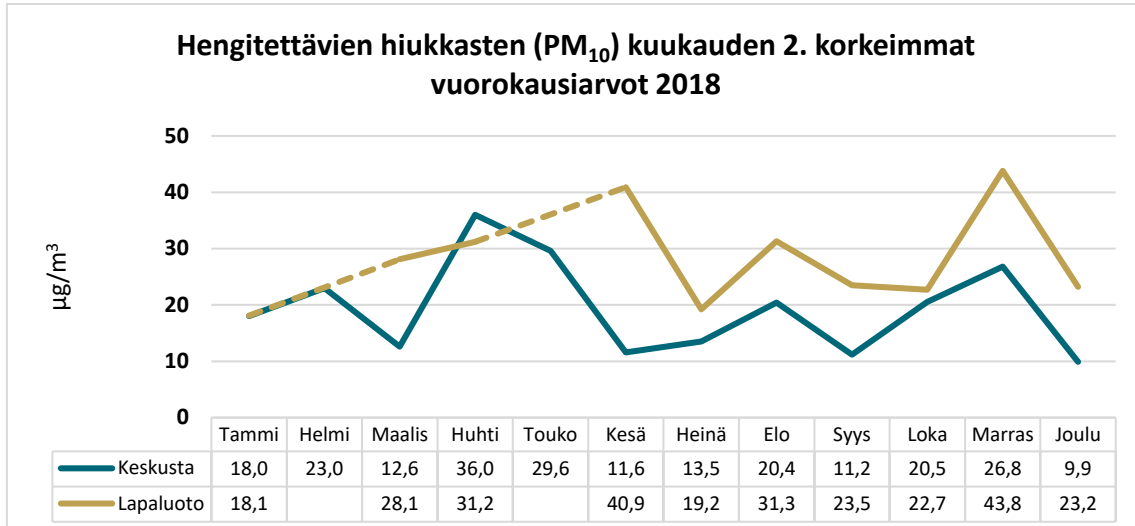
Kuvaajassa 22 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2018 molemmilla mittausasemilla. Helmi- ja toukokuussa oli Lapaluodossa pidempiä mittauskatkoksia, minkä takia ajallinen kattavuus ei täyty, eikä kuukausikeskiarvoa voida laskea. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat Keskustassa välillä $10\text{--}36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Lapaluodossa $18\text{--}44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

Raportin liitteeseen 3 on koottuna yhteen- vetomaisesti erikseen molemmilta asemilta hengitettävien hiukkasten viereisen sivun kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna. Toisin kuin typpi- ja rikkidioksidilla, hengitettävälle hiukkasille ei ole määritelty tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) verrattavia lukuarvoja, joten näitä ei ole myöskään taulukoituna.





Kuvaaja 21: PM₁₀ vuorokausikeskiarvot 2018. Vuoden aikana asemilla sattui yhteensä 4 raja-arvon (50 µg/m³) ylitystä, yksi Keskustassa ja kolme Lapaluodossa. Kuvaajaan on merkattu raja-arvon lisäksi ylempi (YAK, 35 µg/m³) ja alempi (AAK, 25 µg/m³) arviointikynnys.



Kuvaaja 22: Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kuukauden 2. suurimmat vuorokausiarvot kuukausittain Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla vuonna 2018. Lapaluodossa helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus 75 % ei täyty, jonka takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.

10. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET

PAH-yhdisteitä mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä sekä Keskustassa, että Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. PAH-yhdisteet ovat yleisnimitys polysyklisille aromaattisille hiilivedyille, joita syntyy mm. epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan syöpävaarallisia. PAH-yhdisteiden merkkiaineena pidetään bentso(a)pyreeniä, jolle on asetettu lainsäädännössä tavoitearvo 1 ng/m^3 , joka mahdollisuuksien mukaan tulee alittaa. Lapaluodon vuosikeskiarvo oli $1,67 \text{ ng/m}^3$, mikä ylitti tavoitearvon. Keskustan vuosikeskiarvo $0,63 \text{ ng/m}^3$ ylitti ylemmän arviointikynnyksen $0,6 \text{ ng/m}^3$. Tavoitearvon ja ylemmän arviointikynnyksen ylittyminen vaikuttaa siihen, kuinka tiheästi näytteitä pitää vuodessa kerätä. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kaikkien PAH-yhdisteiden osalta kappaleesta 10.3.2., ja bentso(a)pyreenin osalta kappaleesta 11.3.3.

Lyhenne PAH tulee sanoista polysyklinen aromaattinen hiilivety, joten "PAH-yhdiste" on yleisnimitys tällaisesta epäpuhtaudesta. PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisen polttoaineen epätäydellisessä palamisessa, joista kaupunki-ilmassa merkittävä on puun pienpoltto sekä tieliikenteen pakokaasut. Teollisuudessa erityisesti koksamoilla ja valimoilla syntyy PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan karsinogeenisia, eli syöpävaarallisia.

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, josta ne voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet laboratoriossa.



10.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä

PAH-yhdisteiden merkkiaineena käytetään bentso(a)pyreeniä, jolle myös lainsäädännössä on määritelty ainoa PAH-yhdisteitä koskeva numeerinen rajoite. Tavoitearvo on raja-arvoa lievempi arvo, joka tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Bentso(a)pyreenin tavoitearvo (taulukko 17) on annettu ns. metalliasetuksessa, joka on astunut voimaan 1.1.2013. Muista raja-arvoista poiketen metalliasetuksessa määritettyjen epäpuhtauksien tavoitearvo on kertaluokkaa pienemmässä

yksikössä. Yleensä raja-arvot ovat mikrogrammaa kuutiometrissä ($\mu\text{g/m}^3$, $\mu=10^{-6}$), kun metalliasetuksen tavoitearvoille yksikkö on nanogrammaakuutiometrissä (ng/m^3 , $n=10^{-9}$).

Taulukossa 17 on kuvattu tavoitearvon lisäksi myös ylempi- ja alempi arviointikynnys, jotka on annettu sekä terveyshaittojen ehkäisemisen että ekosysteemien tai kasvillisuuden suojelemisen näkökulmasta.

Jos edellisen viiden vuoden ajanjaksolla vuosikeskiarvon ylempi arviointikynnys ylittyy vähintään kolmena vuotena viidestä, joudutaan tekemään jatkuvia mittauksia. Jos vuosikeskiarvo jää ylempään ja alemman arviointikynnyksen väliin, riittää jatkuvien mittausten, leviämismallinnusten ja suuntaa-antavien mittausten yhdistelmä. Ja vastavasti, jos vuosikeskiarvo alittaa alemman arviointikynnyksen, riittävät suuntaa-antavat mittaukset, mallintaminen, päästökartoitus tai muu vastaava menetelmä.

Bentso(a)pyreenin ajallisen kattavuuden vaatimukset on määritelty metalliasetuksessa, ja ne on koottu taulukkoon 18, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Ajallinen kattavuus määritellään koko vuoden ajalle, jotta erilaiset ilmasto-olosuhteet ja päästöjä aiheuttavien toimintojen vaikutukset olisivat aineistossa edustavasti mukana.

B(a)P (1 v)	Tavoitearvo ¹⁾ , ng/m ³	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	1	40 % (0,4 ng/m ³)	60 % (0,6 ng/m ³)

Taulukko 17: Hengitettävien hiukkasten sisältämän bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvon tavoitearvo sekä ylempi ja alempi arviointikynnys (VNa 113/2017, VNa 79/2017).

B(a)P (1 v-arvo kolmena vuotena viidestä)	Jatkuva mittaus	Yhdistelmä	Suuntaa- antava mittaus
Pitoisuusalue	> 0,6 ng/m ³	0,4-0,6 ng/m ³	< 0,4 ng/m ³
Ajallinen kattavuus	33 %	14-33 %	14 %
Vähimmäismäärä vuorokausinäytteitä	~2,5 krt/vko	1-2,5 krt/vko	1 krt/vko

Taulukko 18: Bentso(a)pyreenimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2007).

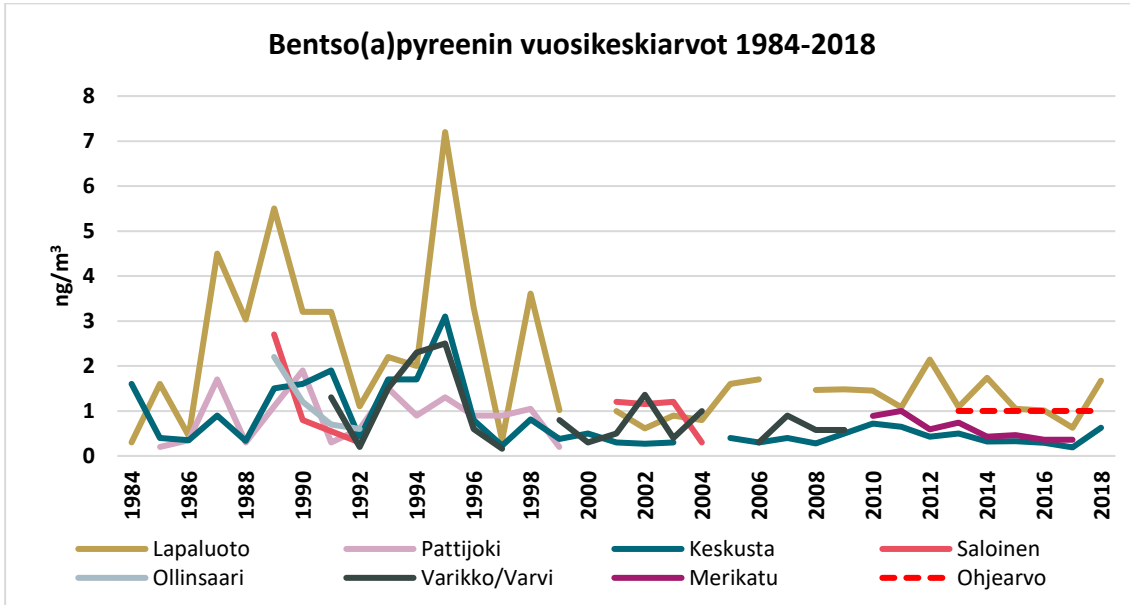
10.2. PAH-mittausten historiaa

Raahessa PAH-yhdisteiden pitoisuuksien seurantahistoria on ainutlaatuinen koko Suomessa, sillä mittaushistoria alkaa vuodesta 1984 (kuvaaja 23). PAH-yhdisteitä on mitattu usealla puolella kaupunkia, mutta viime vuosina on keskitytty Lapaluotoon sekä Keskustaan ja sen läheisyyteen.

Tavoitearvon voimaantulon jälkeen ylityksiä on tapahtunut Lapaluodossa vuosina 2013–2016 ja 2018, minkä takia Lapaluodossa joudutaan mittaamaan PAH-yhdisteitä jatkuvasti (vähintään 2,5 näytettä viikossa). Keskustassa sen sijaan viime vuosien tulokset ovat olleet pääosin alle alemman arviointikynnyksen, minkä takia Keskustassa riittää suuntaa-antavat mittaukset (vähintään 1 näyte viikossa). Aikaisemmin PAH-yhdisteitä mitattiin myös Merikadulla, jossa pitoisuu-

det olivat Keskustan ja Lapaluodon välissä. Merikadun mittausasema (kuvaassa) lakkautettiin 2018 ja jatkossa mittauksia tehdään kampanjaluontoisesti kerran viiden vuoden seurantajakson aikana.





Kuvaaja 23: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvot 1984–2018. Vuosikeskiarvon tavoitearvo (1 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.

10.3. PAH-mittaukset vuonna 2018

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, josta ne voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet laboratoriossa. Raahessa suodatinnäytteet lähetetään kerran kuukaudessa laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan.

Aikaisemmin Lapaluodossa ja Keskustassa oli keskenään erilaiset keräimet, joista vain Lapaluodon keräin oli ilmanlaatuasetuksen referenssimenetelmän mukainen. Suodattimet vaihdettiin manuaalisesti päivittäin mittauskopilla, aina samoina viikonpäivinä. Vuoden 2018 alusta mittaus toiminnan siirtyessä kaupungille molemmilla asemilla otettiin käyttöön saman-

laiset Leckel SEQ 47/50 suodatinkeräimet, jotka ovat vertailumenetelmien mukaiset. Näissä suodattimen vaihto tapahtuu automaattisesti laitteen toimesta, satunnaisesti halutuin välein. Keskustan mittausasemalla kerätään yksi näyte joka neljäs vuorokausi, joista mitataan vuorotellen PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja. Lapaluodossa näyte kerätään joka toinen vuorokausi. Näytteistä mitataan pääsääntöisesti kolme PAH-määrittystä yhtä metallimäärittystä kohden. Molemmissa tapauksissa yhden näytteen keräysaika on 24 h, mutta eri määrittystiheys johtuu lainsäädännössä olevista ajallisen kattavuuden vaatimuksista.





Vuonna 2018 PAH-yhdisteitä mitattiin Lapaluodossa 125 vuorokaudelta ja Keskustassa 53 vuorokaudelta. Lapaluodon ajallinen kattavuus (34,7 %) täyttää jatkuvien mittausten vaatimuksen, ja Keskustan (14,7 %) suuntaa-antavien mittausten vaatimuksen. Keskustan mittausasemalla sattui kesäkuun alussa vesivahinko. Uutta suodatinkeräintä varten mittausaseman sisältä katolle tehty läpivienti alkoi vuotaa, ja satanut vesi pääsi valumaan laitteen runkoa pitkin sisälle. Vesivahinko vaurioitti laitetta, mutta se pystyttiin korjaamaan nopeasti. Vesivahinko ei vaikuttanut kesäkuun mittaustuloksiin, mutta kuukauden aikana ei pystytty keräämään ennalta suunniteltua näytemäärää, mikä osaltaan pienensi Keskustan vuoden ajallista kattavuutta.

Suodatinnäytteiden keräämisessä ja käsittelyssä tapahtuneet muutokset vaikuttivat todennäköisesti jonkin verran määritettäviin pitoisuuksiin. Aikaisemmin yksi suodatin jaettiin konsultin toimesta kahdeksi eri näytteeksi, joille tehtiin tarvittavat esikäsittelytoimet ja lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Toisesta puolikkaasta määritettiin PAH-yhdisteet ja toisesta raskasmetallit. Nyt laitteen kuukauden aikana keräämät suodattimet lähetetään sellaisenaan suoraan laboratorioon, jossa tehdään tarvittavat esikäsittelyt ja yhdestä suodattimesta määritetään joko PAH-yhdisteet tai raskasmetallit.



Myös käytettävä suodatinmateriaali ja analysoiva laboratorio ovat vaihtuneet. Näiden toimenpiteiden lisäksi vuoden 2018 alusta otettiin käyttöön uusimmat standardit, kun aikaisemmin käytössä oli ainakin osittain standardien vanhempia versioita.

Kaikki mittaustulokset raportoidaan vuosittain Ilmatieteenlaitokselle. Vuoden 2018 tuloksia raportoitaessa huomattiin, että Ilmatieteenlaitoksen ohjeistuksessa oli puhuttu monitulkintaisesti suodatinnäytteiden havainto- ja määrittämisrajasta, kun tarkoitus oli puhua havainto- ja toteamisrajasta. Ohjeistuksen mukaisesti kaikki alle havainto- ja määrittämisrajan olleet pitoisuudet on raportoitu puolitetuina pitoisuuksina, vaikka Ilmatieteenlaitoksen tarkoituksena olisi ollut, että määrittämis- ja havaintorajan välissä olevat pitoisuudet raportoitaisiin sellaisenaan. Epäpuhtaudesta ja näytteestä riippuen laboratoriotulosten määrittämisrajoissa on ollut jonkin verran vaihtelua, joten tulosten laskentatapa vaikutti jonkin verran erityisesti PAH-yhdisteistä trifenyleenin sekä metalleista arseenin, kromin, nikkelin ja sinkin vuosikeskiarvoihin. Jätkikäteen Ilmatieteenlaitos ei kuitenkaan vaatinut tuloksia korjattavan. Ilmatieteenlaitos on toteuttamassa syksyn 2019 aikana Suomessa tehtävistä PAH- ja metallimittauksista vertailevan tutkimuksen, jonka myötä ohjeistusta ja käytäntöjä todennäköisesti tullaan täsmentämään.

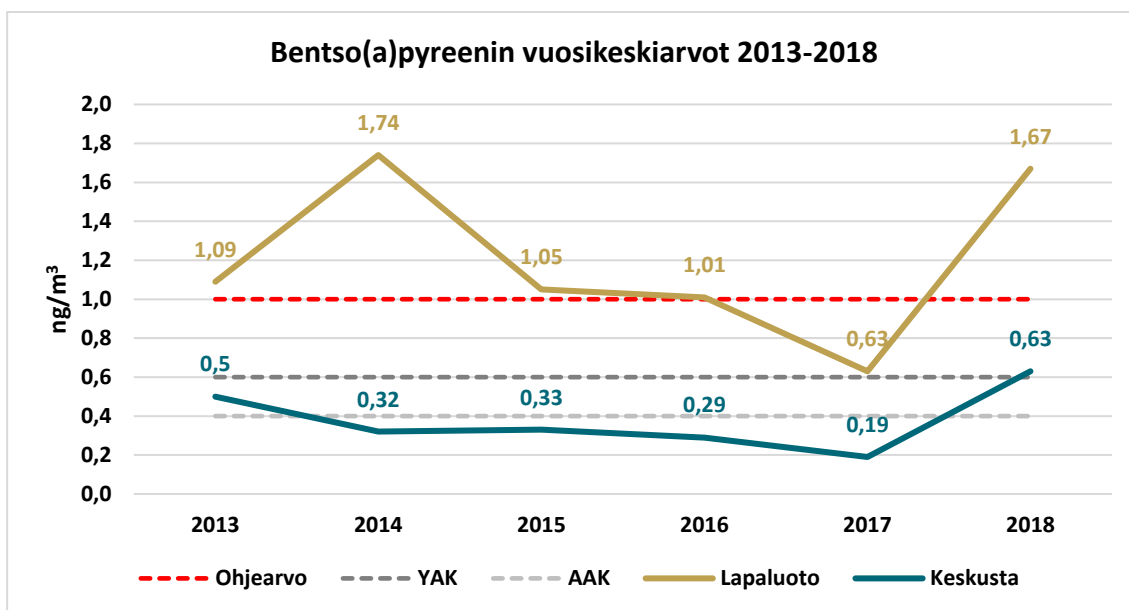
10.3.1. Bentso(a)pyreeni

Kuvaajassa 24 näkyy bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo siltä ajanjaksolta, kun vuosikeskiarvon tavoitearvo 1 ng/m^3 on ollut voimassa, eli vuodesta 2013 alkaen. Vuonna 2013 määrittelyissä, joissa tulos on ollut alle määrittelyrajan, on tuloksena käytetty määrittelyrajaa. Vuodesta 2014 alkaen on Ilmatieteenlaitoksen ohjeistuksen mukaisesti alle määrittelyrajan oleville tuloksille käytetty määrittelyrajan puolikasta. Näin ollen vuoden 2013 laskettava tulos ei ole täysin vertailtavissa muiden tulosten kanssa. Vuonna 2018 myös alle havaintorajan olleet pitoisuudet on laskettu havaintorajan puolikkaina, tämä on vaikuttanut pääosin vain trifenyleenin pitoisuuksiin.

Vuoden 2018 vuosikeskiarvot Lapaluodossa ($1,67 \text{ ng/m}^3$) ja Keskustassa ($0,63 \text{ ng/m}^3$) ovat selkeästi korkeampia, kuin mitä parina aikaisempaan vuonna on ollut. Lapaluodon pitoisuus ylittää vuosikeskiarvon tavoitearvon

(1 ng/m^3), mikä on vuoden 2013 jälkeen tapahtunut kaikkina muina vuosina, paitsi vuonna 2017. Keskustan pitoisuus taas on ollut ylempään ja alemman arviointikynnyksen välissä vuonna 2013, jonka jälkeen pitoisuudet ovat olleet alle alemman arviointikynnyksen vuosina 2014–2017, mutta viime vuonna pitoisuus nousi yli ylempään arviointikynnyksen ($0,6 \text{ ng/m}^3$). Pitoisuustason selkeä nousu johtuu todennäköisesti suodattimen keräämisessä ja käsittelyssä tapahtuneista muutoksista, joita on kuvattu tarkemmin edellisessä kappaleessa.

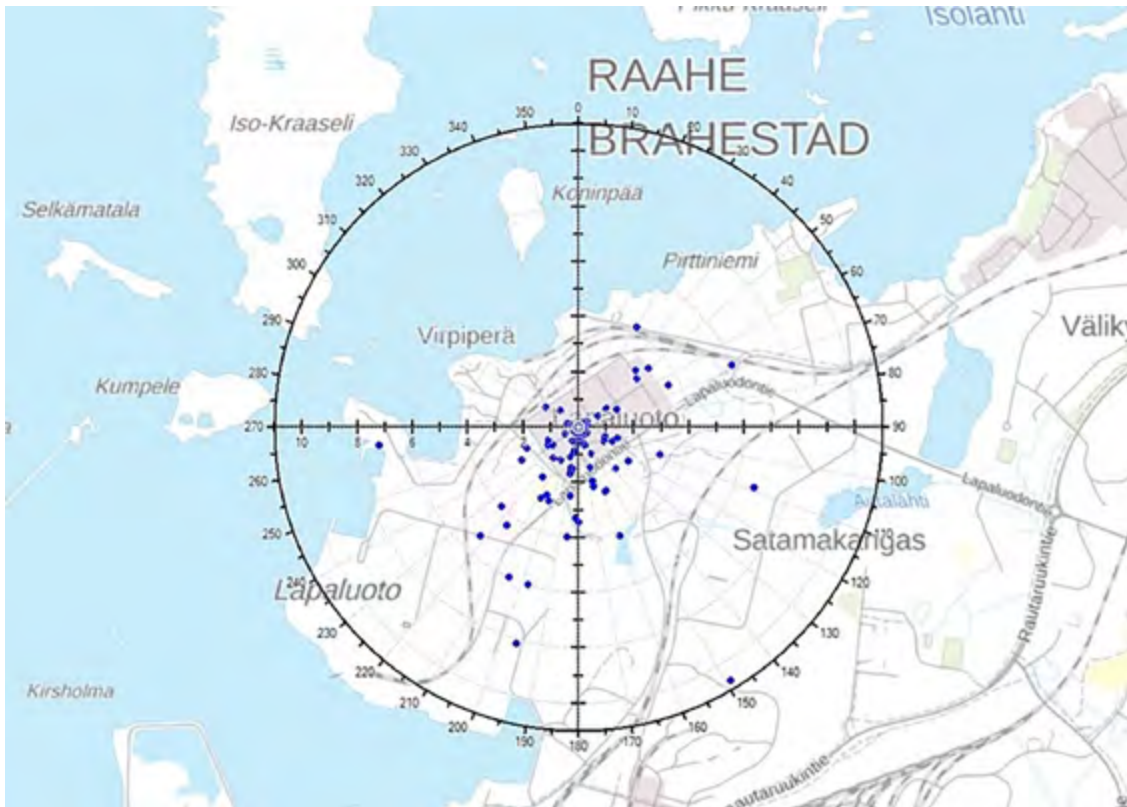
Mikäli tulevan viiden vuoden aikana Keskustan pitoisuus ylittää vähintään kolmesti ylempään arviointikynnyksen, pitää myös Keskustassa alkaa mitata bentso(a)pyreeniä jatkuvasti (ajallisen kattavuuden vaatimus vähintään 33 % vuoden tunneista).



Kuvaaja 24: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo 2013–2018, jolloin vuosikeskiarvon tavoitearvo (1 ng/m^3) on ollut voimassa. Käyrien päällä oleva lukuarvo kuvaa kunkin vuoden mitattua vuosikeskiarvoa. YAK = Ylempi arviointikynnys ($0,6 \text{ ng/m}^3$) ja AAK = alempi arviointikynnys ($0,4 \text{ ng/m}^3$).

Kuvaajassa 25 (sivu 48) on kuvattu bentso(a)pyreenipitoisuutta vuorokausikeskiarvona, mistä nähdään, että pitoisuudet ovat korkeita talviaikaan, kun taas kesällä ne ovat hyvin pieniä. Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että talvisaikaan kun pientalvot on selkeästi

kesää enemmän, myös ilman laimentumisolosuhteet ovat kesää heikommat. Näytteet on pyritty ottamaan tasaisesti ympäri vuoden, mutta esimerkiksi helmi- ja elokuussa on näytteitä otettu tiheämmällä välillä. Toisaalta kesäkuun alussa Keskustan asemalla sattuu

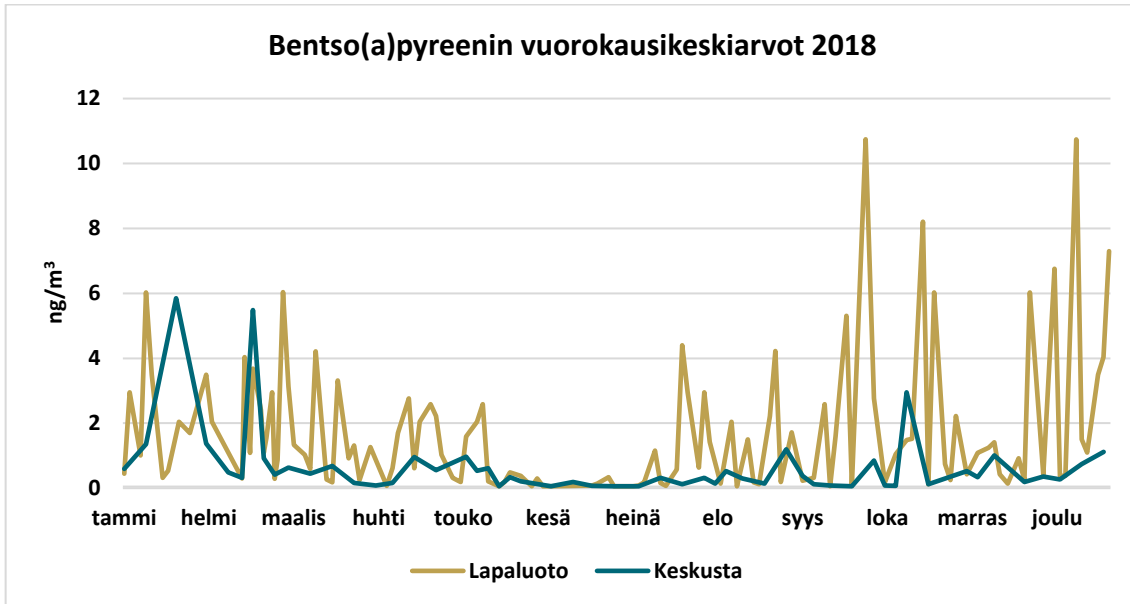


Kuva 35: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettynä. Kartalla havainnollistetaan pitoisuuksien lähteen suuntaa, ei varsinaista pitoisuuslähdettä. Asteikon yksikkö on ng/m^3 , eli mitä kauempana piste on ympyrän keskustasta, sitä suurempi pitoisuus on ollut.

nut vesivahinko aiheutti sen, ettei tuloksia saatu haluttua määrää. Helmi- ja elokuussa on ollut suhteellisen korkeita pitoisuuksia, kun taas kesäkuussa matalia, mikä osaltaan nostattaa vuosikeskiarvoa. Vuonna 2018 erityisesti helmi- ja maaliskuu olivat pitkällä aikavälillä tarkasteltuna poikkeuksellisen kylmiä, minkä takia alkuvuonna on ollut myös paljon pienpolttoa. Molemmilla asemilla on korkeita pitoisuuksia alkuvuodesta ja Lapaluodossa erityisen korkeita pitoisuuksia varsinkin loppuvuonna, mikä nostaa vuoden keskiarvoa. Vuonna 2017 vuorokausikeskiarvot pysyivät koko vuonna alle $5 \text{ ng}/\text{m}^3$, jolloin vuosikeskiarvokin oli molemmilla asemilla selvästi pienempi.

Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet on esitetty kuvassa 35 tuulen suunnan mukaisesti.

Tulokset voidaan esittää vain vuorokausilta, jolloin on ollut käytössä sekä tuulitiedot että bentso(a)pyreenin mittaustulokset. Tällaista mittaustuloksia on ollut käytettävissä 30,1 % vuodesta. Kuvan keskiakselilla esitetään bentso(a)pyreenin pitoisuus yksikössä ng/m^3 . Tuuleen suunta on esitetty ympyrän asteina. Säätiiedot ovat tuntikeskiarvoina Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon mittausasemalta. Suurimmat pitoisuudet on mitattu kaakon ja lounaan välisillä tuulilla. Yksittäisiä korkeampia pitoisuuksia on tosin nähtävissä muillakin tuulensunnilla. Pitoisuusruusu on sijoitettu kartan päälle havainnollistamaan pitoisuuksien lähteen suuntaa. Kuvaajalla ei kuitenkaan pystytä osoittamaan yksittäisiä lähteitä, tai kuinka kaukaa pitoisuus on todellisuudessa mittausasemalle tullut.



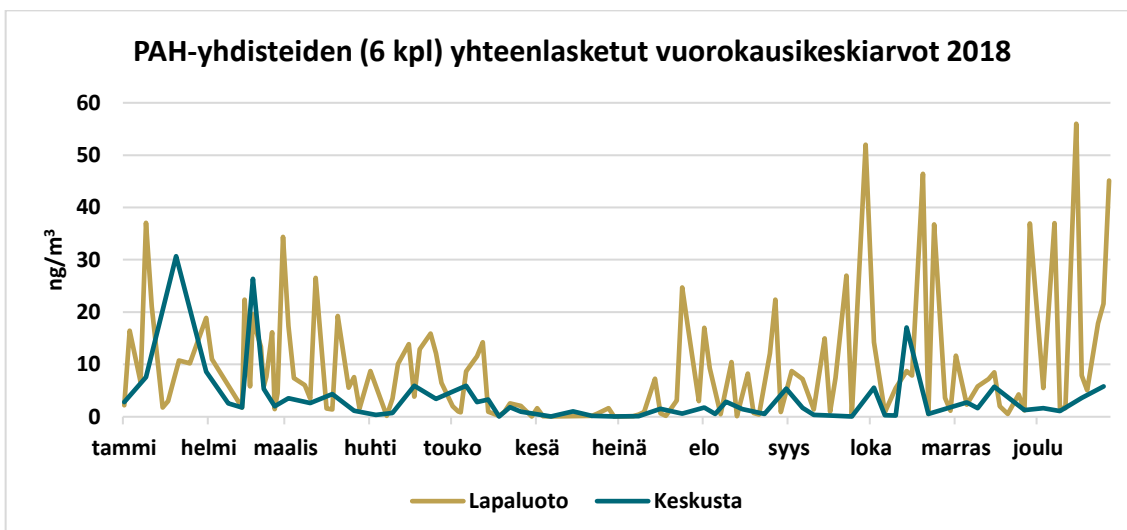
Kuvaaja 25: Bentso(a)pyreenin vuorokausikeskiarvot 2018 analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀).

10.3.2. PAH-yhdisteet yhteensä

Raportin liitteeseen 4 on koottu pitoisuudet kaikista Raahessa mitattavista PAH-yhdisteistä sekä historiatieto vuodesta 2014 alkaen. Aikaisempiin vuosiin verrattuna 2018 määritettiin myös trifenyleeni. Yleisesti voidaan sanoa, että pitoisuudet ovat kasvaneet merkittävästi edellisvuosista. Tämä johtuu todennäköisesti muutoksista, joita mittaus-toiminnoissa on tehty vuoden 2018 alusta. Näitä muutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 10.3.

Kuvaajaan 26 on laskettu bentso(a)pyreenin lisäksi viiden muun PAH-yhdisteen pitoisuudet: bentso(a)antraseenin, bentso(bj)fluoranteenin, bentso(k)fluoranteenin, indeno(123-cd)pyreenin ja dibentso(ah+ac)antraseenin. Kyseiset PAH-yhdisteet on mainittu metalliasetuksessa bentso(a)pyreenin lisäksi muina merkityksellisinä PAH-yhdisteinä. Kyseisten yhdisteiden lisäksi Raahessa mitataan 11 muutakin PAH-yhdistettä, jotka on aikaisempien vuosien raportissa laskettu vastaavissa kuvaajissa yhteen. Kuvaajan perusteella nähdään, että PAH-yhdisteiden yhteenlasketut pitoisuuskäyrät ovat lähes identtiset kuvaajan 25 bentso(a)pyreenikäyrien kanssa.





Kuvaaja 26: Kuuden PAH-yhdisteen yhteenlasketut vuorokausikeskiarvot 2018 analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀). Mukaan lasketut PAH-yhdisteet ovat bentso(a)pyreeni, bentso(a)antraseeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(123-cd)pyreeni ja dibentso(ah+ac)antraseeni.

11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT

Raskasmetalleja mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä sekä Keskustassa että Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, mutta ilmaan niitä pääsee teollisuuden ja energiantuotannon prosesseista sekä liikenteestä. Suodatimista mitataan yhteensä 9 eri raskasmetallia, joista vain lyijylle on asetettu raja-arvo ja kolmelle raskasmetallille (arseeni, kadmium ja nikkeli) tavoitearvot. Kaikki pitoisuudet jäivät selvästi alle raja- tai tavoitearvojen. Lapaluodossa metalleja määritettiin vuoden aikana 49 vuorokaudelta (13,6 %) ja Keskustasta 53 vuorokaudelta (14,7 %). Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 11.3.

Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, kasveissa ja eläimissä, ja pieninä määrinä ne ovatkin elintärkeitä. Suurina määrinä raskasmetallit voivat olla myrkyllisiä, sillä ne kulkeutuvat mm. hengitettävien hiukkasten mukana ja kertyvät elimistöön ja ravintoketjuihin. Ympäristön kannalta haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea, lyijy ja kadmium.

Raskasmetalleja pääsee ilmaan erityisesti teollisuusprosesseista metallituotannosta sekä energiantuotannosta poltettaessa

hiiltä, turvetta, raskasta polttoöljyä tai jätteitä. Tämän lisäksi myös liikenne aiheuttaa raskasmetallipäästöjä renkaiden kulumisen seurauksena, mutta aikaisemmin ongelmana oli myös bensiinin sisältämä lyijy. Lyijyttömään bensiiniin siirtyminen 1990-luvun alussa näkyikin selkeästi juuri lyijypitoisuuksissa. Ilmanlaadun kannalta raskasmetallit ovat sitoutuneena hiukkasiin, joista ne voidaan mitata.

11.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksessa metalleista vain lyijylle on määritelty kalenterivuosi-kohtainen raja-arvo (taulukko 19), ja se on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raja-arvoa lievempiä ovat tavoitearvot, joiden tarkoitus on ehkäistä terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haittoja, joita on ns. metalliasetuksessa määritetty arseenille (As), kadmiumille (Cd) ja nikkelille (Ni). Nämä tavoitearvot (taulukko 19) ovat astuneet voimaan 1.1.2013. Muista raja-arvoista yms. poiketen kyseisten epäpuhtauksien tavoitearvo on kertaluokkaa pienemmässä yksikössä. Yleensä raja-arvot ovat mikrogrammaa kuutiometrissä ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu=10^{-6}$), kun näille epäpuhtauksien yksikkö on nanogrammaa kuutiometrissä (ng/m^3 , $n=10^{-9}$).

Kuten aikaisemmin kerrottiin bentso(a)-pyreenistä (sivu 43), myös raskasmetallien osalta seurataan ajallisen kattavuuden vaatimuksia. Raahessa ainoastaan nikkeli on ylittänyt arviointikynnyksiä Merikadun mittauksissa. Nikkelin osalta ajallisten kattavuuksien vaatimukset on määritelty alla olevaan taulukkoon 20, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Muiden raskasmetallien osalta vaatimukset löytyvät metalliasetuksesta.

Epäpuhtaus (Kalenterivuosi ¹⁾)	Raja-arvo ²⁾ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tavoitearvo ²⁾ , ng/m^3	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Arseeni, As	-	6	40 % (2,4 ng/m^3)	60 % (3,6 ng/m^3)
Kadmium, Cd	-	5	40 % (2 ng/m^3)	60 % (3 ng/m^3)
Nikkeli, Ni	-	20	50 % (10 ng/m^3)	70 % (14 ng/m^3)
Lyijy, Pb	0,5	-	50 % (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 ja VNa 113/2017 liitteen 3 perusteita

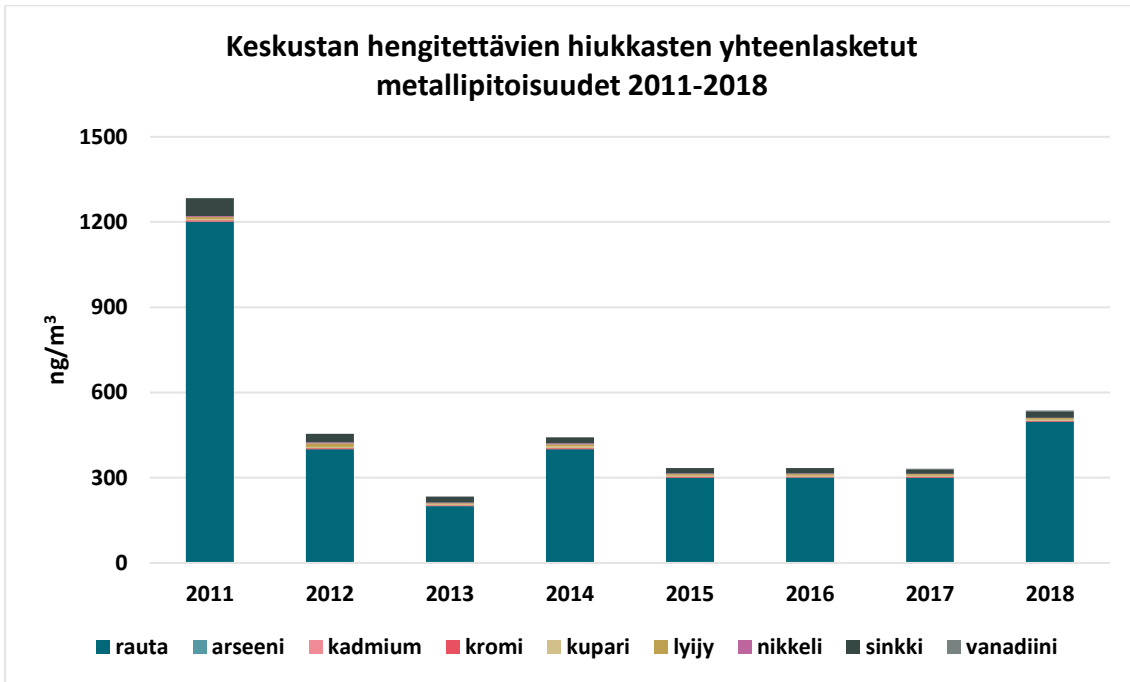
2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 19: Ulkoilman epäpuhtauksien raja-arvo, ylempät ja alemmat arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten sisältämien metallien vuosikeskiarvolle (VNa 79/2017, VNa 113/2017)

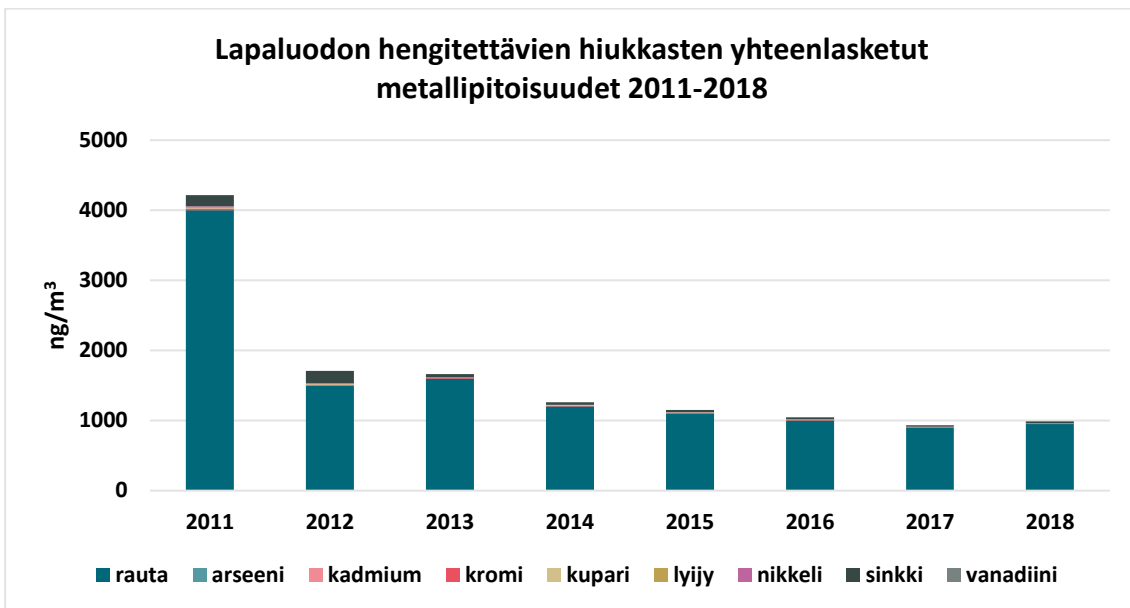
Ni (1 v-arvo kolmena vuotena viidestä)	Jatkuva mittaus	Yhdistelmä	Suuntaantava mittaus
Pitoisuusalue	> 14 ng/m^3	10-14 ng/m^3	< 10 ng/m^3
Ajallinen kattavuus	50 %	14-50 %	14 %
Vähimmäismäärä vuorokausinäytteitä	Joka 2. vrk		1 krt/vko

Taulukko 20: Nikkelimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2007).

11.2. Raskasmetallimittausten historiaa



Kuvaaja 27: Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2018.



Kuvaaja 28: Lapaluodossa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2018.

Hiukkasten sisältämiä metallipitoisuuksia on määritetty 1980-luvulta alkaen. Vuonna 2012 laboratoriossa muutettiin analyysimenetelmä uuden standardin mukaiseksi, millä saatiin suodatinnäytteissä olevat hiukkaset liuotettua tehokkaammin. Tästä johtuen useissa metalleissa saatiin aikaisempaa korkeampia

pitoisuuksia, verrattuna vanhalla menetelmällä tehtyihin pitoisuuksiin. Laboratorio teki korjauslaskelmia vuosien 2009–2012 tuloksille, mutta tätä vanhempia tuloksia ei voida vertailla nykyisiin saataviin pitoisuuksiin. Määritysmenetelmän muutosta on kuvattu tarkemmin vuoden 2012 vuosiraportissa.

Analyysimuutosta merkittävämpää on ollut vuonna 2011 suljetun sintraamon vaikutus, mikä näkyy erityisesti rautapitoisuuksien huomattavana laskuna. Sivun 51 kuvaajiin 27–28 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2018. Kuvaajista nähdään, että Lapaluodossa metallipitoisuudet ovat laskeneet tasaisesti, mutta Keskustassa ei ole yhtä selkeää trendiä. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain jopa puolet enemmän kuin Keskustassa.

Lainsäädännössä raskasmetalleille määrityksistä ylempistä ja alemmista arviointi-

kynnyksistä Raahessa on ollut ylityksiä vain nikkeliin, minkä takia tuloksia on viime vuosina seurattu tarkasti. Edellisen viiden vuoden ajanjaksolla (vuodet 2013–2017) alempi arviointikynnys on alittunut kaksi kertaa, ylempi arviointikynnys on ylittynyt kaksi kertaa ja kerran vuosikeskiarvo on ollut näiden lukuarvojen välissä. Näiden tulosten perusteella pystyttiin seurantaohjelmaan määrittelemään, että Merikadulla riittävät suuntaantavat mittaukset, jotka päätettiin toteuttaa kampanjaluontoisesti kerran nykyisen viisivuotisen seurantakauden aikana.

11.3. Metallimittaukset vuonna 2018

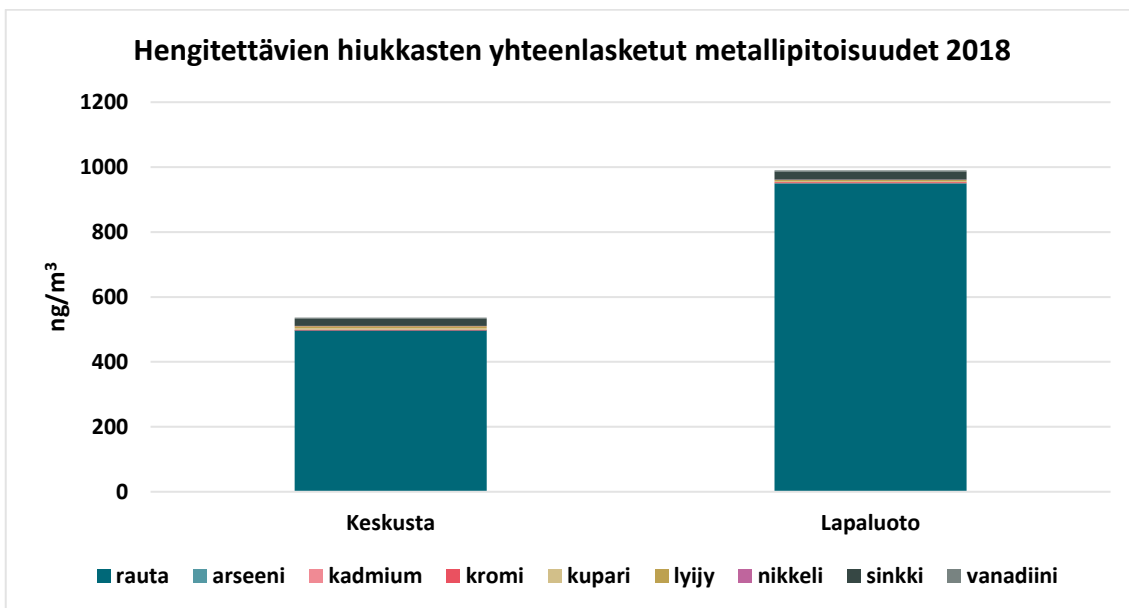
Raahessa hiukkasista määritetään seuraavat raskasmetallit: arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Näistä kaikki muut paitsi nikkeli ovat jääneet viime vuosina selvästi alle asetettujen raja- tai tavoitearvojen sekä arviointikynnysten.

Metallimäärityksiä varten näytteitä kerätään samalla tavalla kuin PAH-määrityksiinkin Leckel SEQ 47-50-RV -keräimellä, mutta eri vuorokausilta kuin PAH-näytteet. Metallinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan.

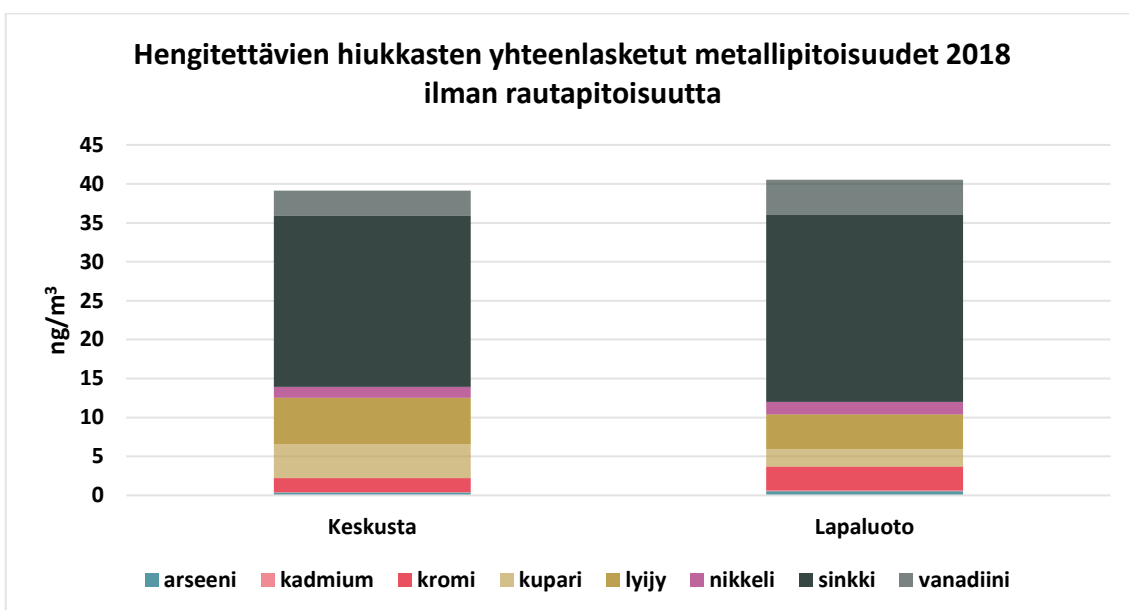
Metallimittausten osalta tapahtui vuosien 2017 ja 2018 välillä samat muutokset, kuin mitä PAH-mittausten suhteen. Metallinäytteiden keräämiseen käytettävä laitteisto uusittiin vuoden 2018 alusta, minkä lisäksi käytettävät suodattimet, näytteiden esikäsitteleminen sekä käytettävä standardi muuttuivat hieman. Myös tulosten laskentatavassa on pientä epävarmuutta, johtuen Ilmatieteenlaitoksen monitulkintaisesta ohjeistuksesta. Tämä on vaikuttanut jonkin verran erityisesti arseenin, kromin, nikkelin ja sinkin vuosikeskiarvojen laskentaan, mutta tuloksia ei ole vaadittu jälkikäteen muutettavan. Näitä muutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 10.3.

Kuvaajaan 29 on yhteenlaskettu metallipitoisuuksina kaikki Raahessa mitattavat metallit, josta nähdään, että raskasmetalleista yli 90 % koostuu raudasta. Jos metallipitoisuuksista otetaan rauta pois, saadaan kuvaaja 30, jonka perusteella järjestyksessään seuraavat metallit ovat sinkki, lyijy ja kupari. Kuvaajista on huomioitava, että Lapaluodossa metalleja määritettiin vuoden aikana 49 vuorokaudelta (13,6 %) ja Keskustasta 53 vuorokaudelta (14,7 %), vuoden ajallinen kattavuus on merkitty sulkuihin. Suuntaantavat mittaukset vaativat yli 14 % ajallisen kattavuuden, mutta kummallakaan mittausasemalla ei ole sellaisia määritettäviä raskasmetalleja, jotka edellyttävät tarkkaa ajallista kattavuutta.





Kuvaaja 29: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet 2018. Hiukkasten metalleista rautaa on yli 90 %.

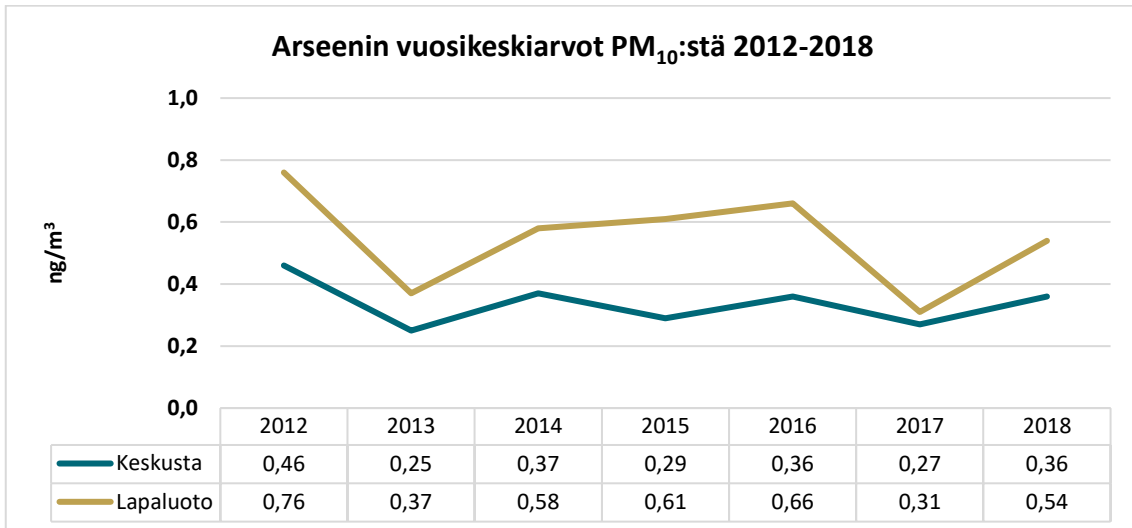


Kuvaaja 30: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet 2018, ilman rautapitoisuutta.

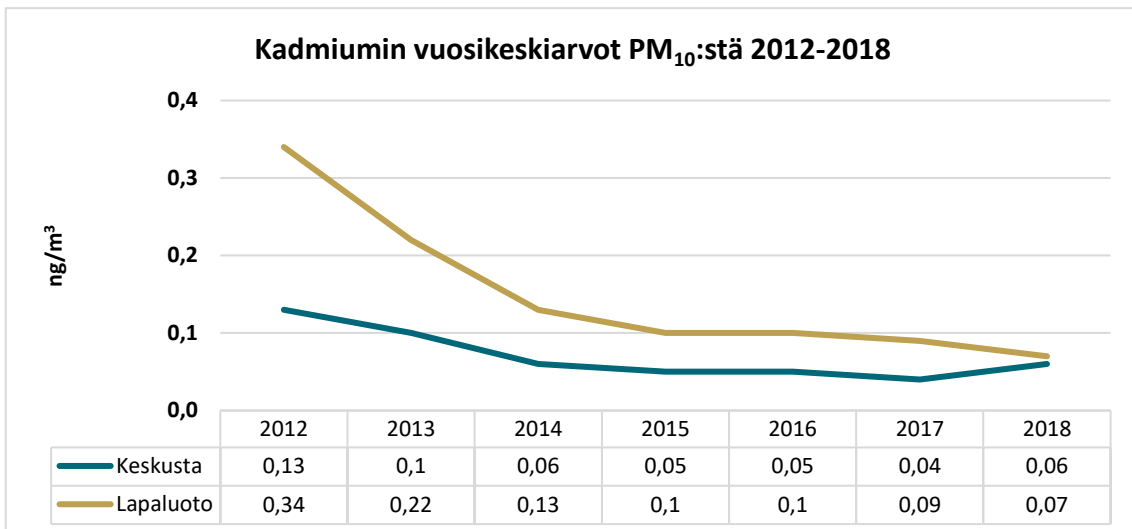
Kuvaajiin 31–39 on määritelty hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritettävät metallit aakkosjärjestyksessä. Metalleista arseenille, kadmiumille, lyijylle ja nikkelille on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvot. Ne on kirjoitettu kunkin metallin kuvatekstiin, koska kaikissa tapauksissa mitatut pitoisuudet ovat selkeästi alle kyseisten arvojen.

Kuvaajista selviää myös historiatieto vuodesta 2012 alkaen, josta asti standardin mu-

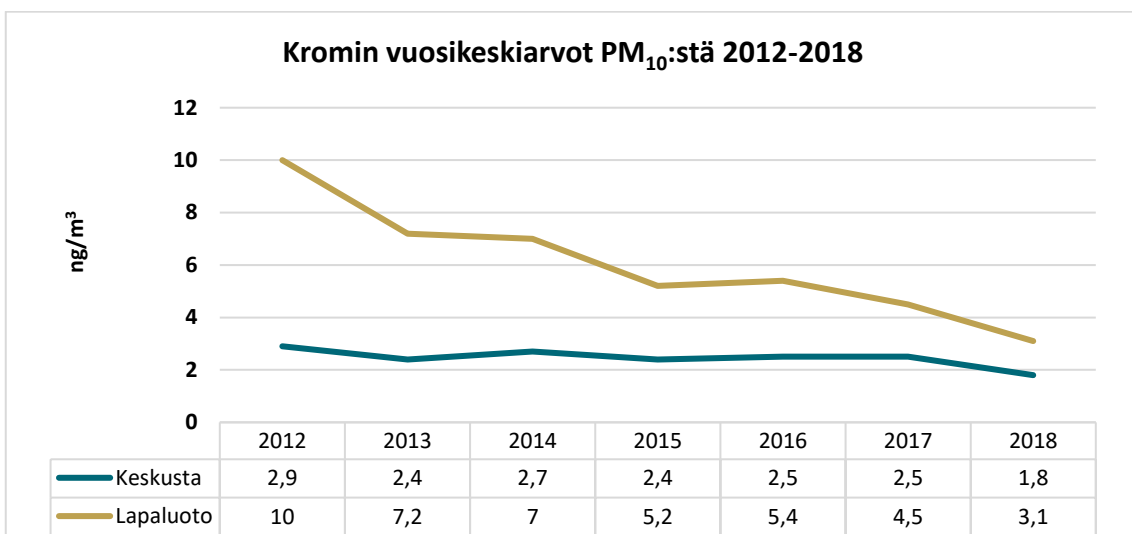
kainen määritysmenetelmä on ollut käytössä. Verrattuna aikaisempiin vuosiin, vuonna 2018 metallipitoisuuksissa oli pieniä muutoksia suuntaan ja toiseen, riippuen mitatusta metallista. Kaikki pitoisuudet on ilmoitettu vertailtavuuden vuoksi samassa yksikössä ng/m³, mutta pitoisuudet ovat keskenään eri kokoluokissa.



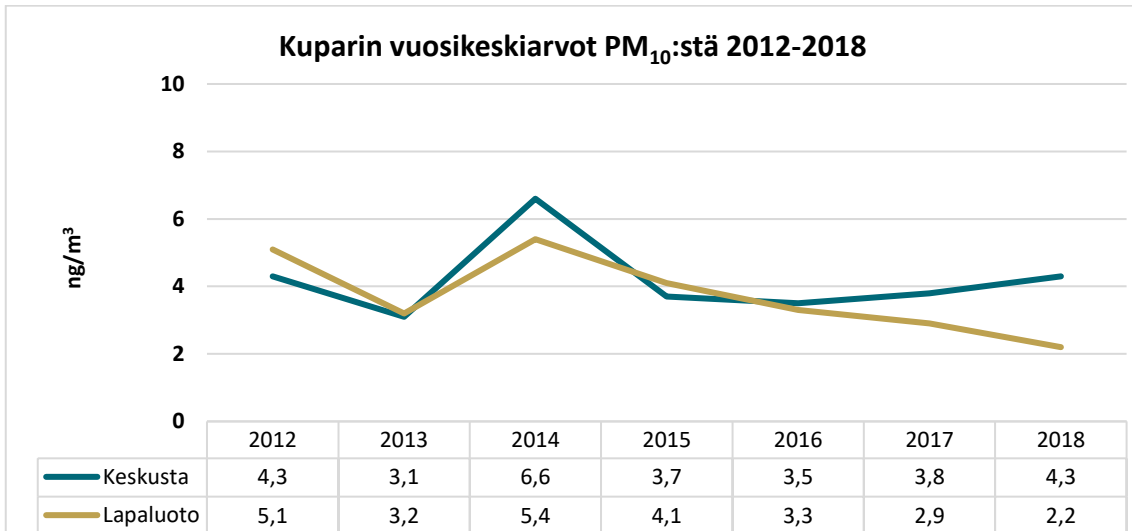
Kuvaaja 31: Arseenin vuosikeskiarvo 2012–2018.
Arseenin vuosikeskiarvon tavoitearvo (6 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



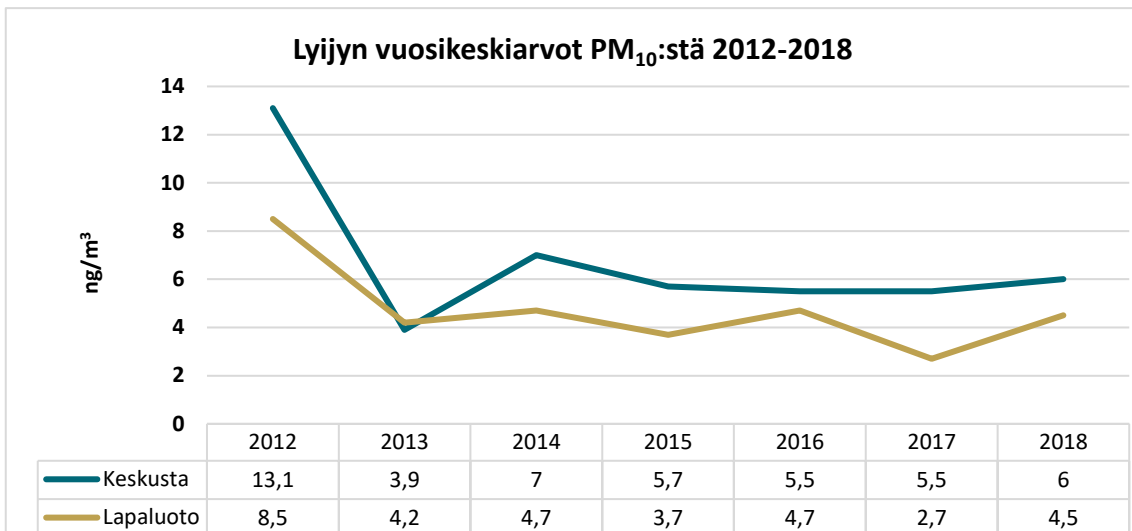
Kuvaaja 32: Kadmiumin vuosikeskiarvo 2012–2018.
Kadmiumin vuosikeskiarvon tavoitearvo (5 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kuvaaja 33: Kromin vuosikeskiarvo 2012–2018.

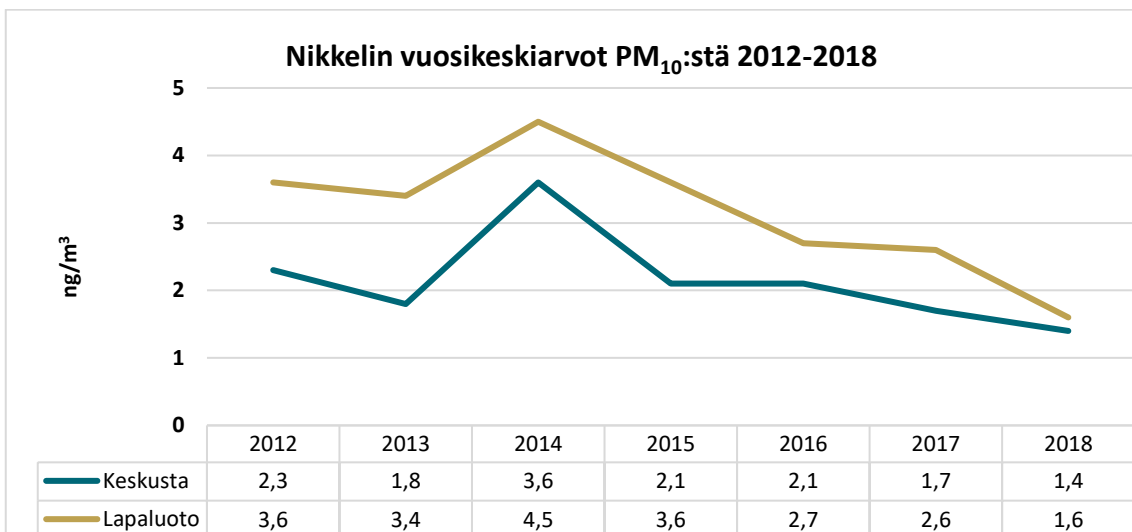


Kuvaaja 34: Kuparin vuosikeskiarvo 2012–2018.



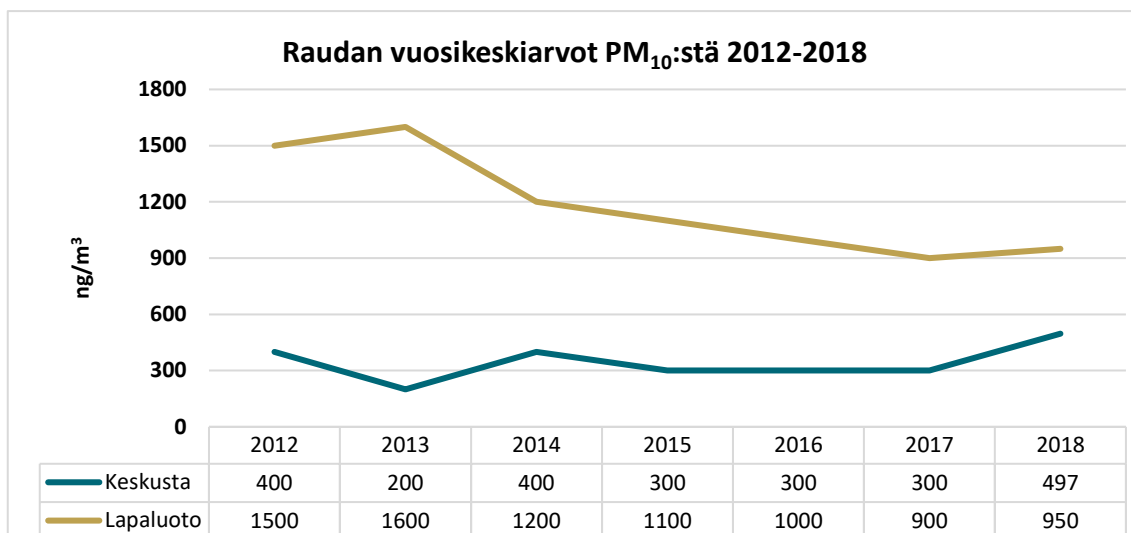
Kuvaaja 35: Lyijyn vuosikeskiarvo 2012–2018.

Lyijyn vuosikeskiarvon raja-arvo ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 500 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2011 alkaen.



Kuvaaja 36: Nikkelin vuosikeskiarvo 2012–2018.

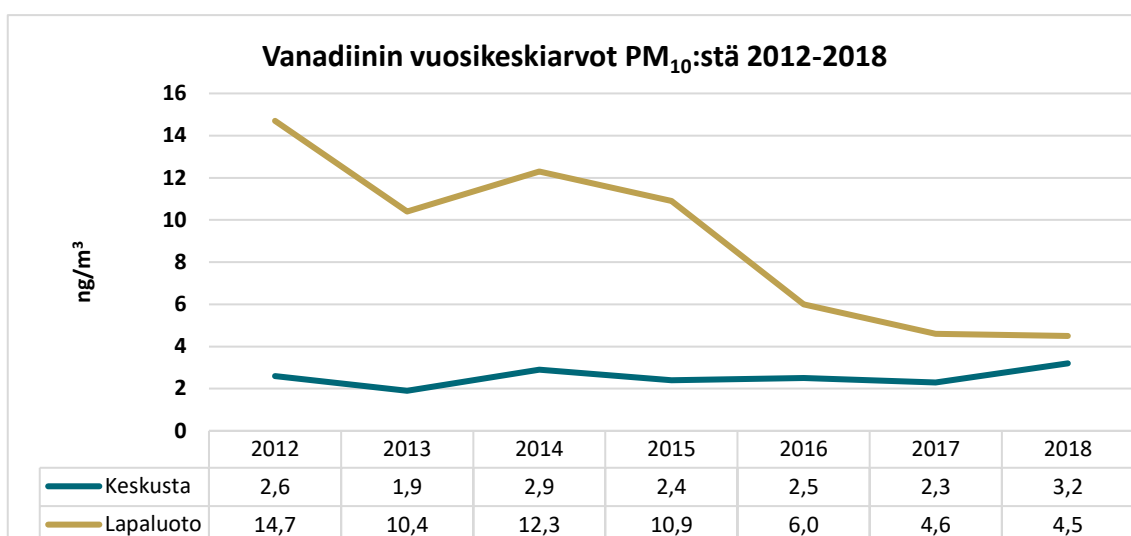
Nikkelin vuosikeskiarvon tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kuvaaja 37: Raudan vuosikeskiarvo 2012–2018.



Kuvaaja 38: Sinkin vuosikeskiarvo 2012–2018.



Kuvaaja 39: Vanadiinin vuosikeskiarvo 2012–2018.

12. LASKEUMA

Laskeumaa mitataan Välikylässä ja Lentokentäntiellä sijaitsevilla mittauspisteillä. Laskeuma on sateen ja tuulien mukana kulkeutuvaa ja maahan laskeutuvaa pölyä ja epäpuhtauksia. Laskeumista määritetään yhdeksän eri raskasmetallin pitoisuus, joille ei kuitenkaan ole asetettu raja-arvoja. Viime vuoden tulokset löytyvät kappaleesta 12.2.

Laskeumalla tarkoitetaan sitä ilmassa sateen ja tuulien mukana olevaa pölyä ja epäpuhtauksia, joka nimensä mukaisesti laskeutuu painovoiman vaikutuksesta tai sadannan

mukana maahan. Laskeumamittauksissa pitoisuudet on laskettu kokonaislaskeumana liukoisen ja liukenemattoman laskeuman summana.

12.1. Laskeumamittausten historiaa

Raahessa ilmanlaadun mittaaminen on aloitettu ensimmäisenä kokonaislaskeuman määrittämisellä jo vuonna 1967. Aluksi laskeumalla määritettiin rikin ja typen happamoitavaa vaikutusta, ja laskeuman sisältämiä raskasmetalleja on mitattu vuodesta 1986 lähtien. Vuosien aikana laskeumaa on määritetty nykyisten Välikylän ja Lentokentäntien mittauspaikkojen lisäksi mm. Sini-luodossa ja Haapajärven tekoaltaalla 1990-luvulla sekä 1970–1980-luvuilla esimerkiksi Kummatissa sijainneella varikolla ja Ruukissa. Viimeisimmät muutokset laskeumamittauspisteiden osalta tehtiin lokakuussa 2014, kun Saloisissa (Satamajärventien varrella) ja Sarkalassa (Pattijoella Palokankaan maastossa) sijainneet laskeumamittauspisteet

eivät täyttäneet enää standardin mukaisia vaatimuksia ympärille liian korkeaksi kasvaneen puuston takia. Tuolloin Saloisten mittauspiste siirrettiin Kirkkoherrantielle ja Sarkalan mittauspiste Lentokentäntielle. Vuoden 2018 alusta Kirkkoherrantien laskeumamittaukset lopetettiin uuden seurantasuunnitelman mukaisesti.

1990-luvulla ja 2000-luvun alussa laskeumaa määritettiin vain raudan ja sinkin osalta silloisen ohjeistuksen mukaisesti 9 kk ajanjaksoissa. Vuoden 2004 alusta laskeumien määrittämiseksi näytteitä kerättiin koko vuoden ajalta ja lisäksi alettiin määrittää muitakin raskasmetalleja.



12.2. Laskeumamittaukset vuonna 2018

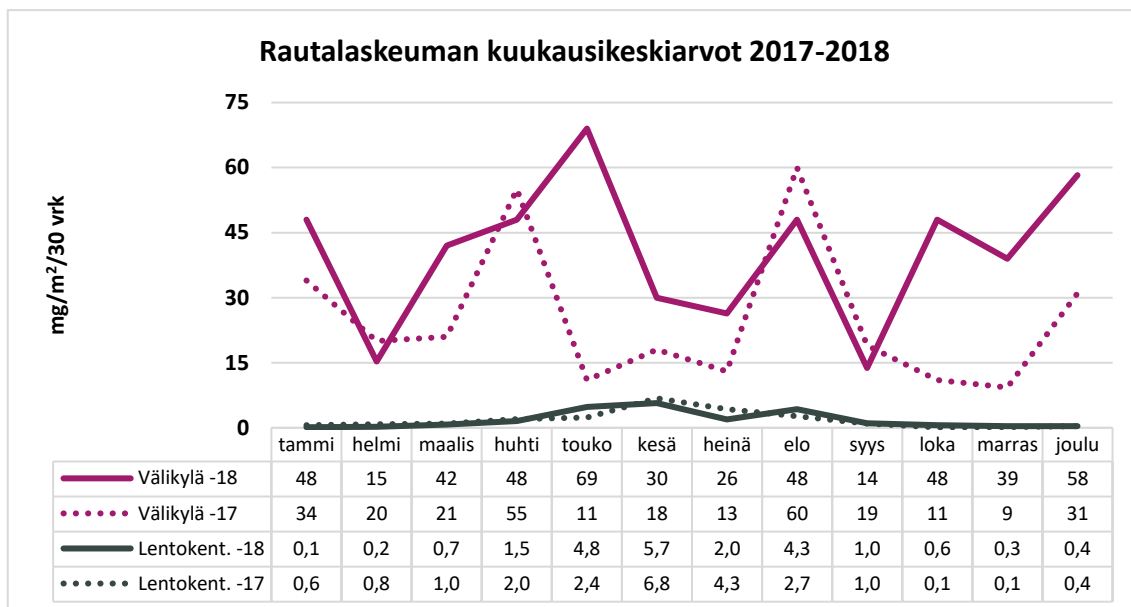


Raahessa on kaksi laskeumamittauspistettä Välikylässä ja Lentokentäntiellä. Näistä Välikylä edustaa teollisuuden läheisyyttä ja Lentokentäntie taustapitoisuutta ilman suurempien päästölähteiden vaikutusta. Molemmilla mittauspisteillä on laskeumamittausastiat, joihin kerätään ympäri vuoden aina kuukauden kerrallaan kaikki ilmasta laskeutuva aines. Astiat lähetetään laboratorioon, jossa niissä oleva näyte esikäsitellään ja analysoidaan.

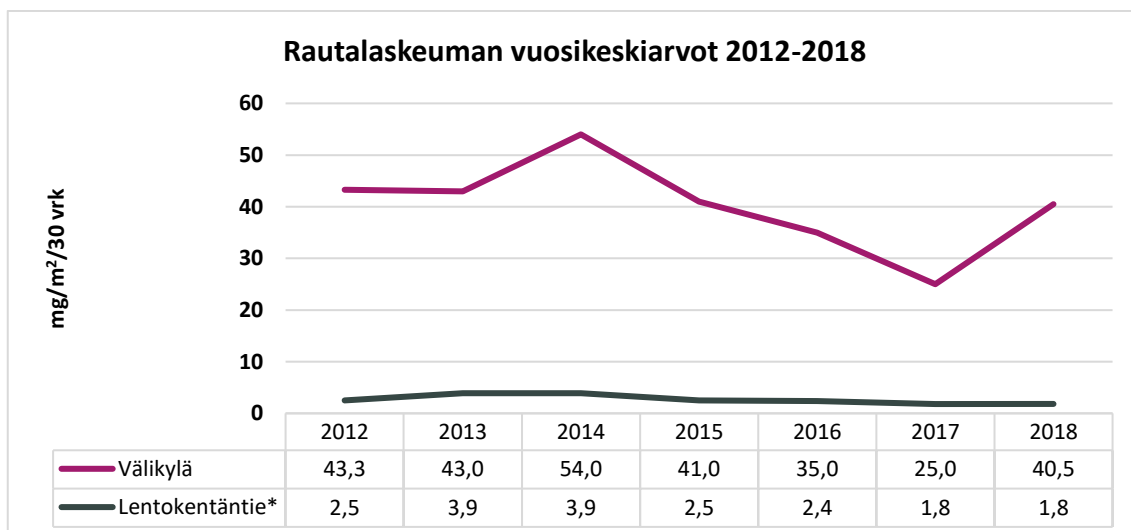
Laskeumanäytteistä määritetään samat raskasmetallit kuin hengitettävistä hiukkasista, eli arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Tuloksissa ilmoitetaan summana sekä veteen liuenneet että hiukkasiin sitoutuneet metallit. Laskeuman suhteen ei lainsäädännössä ole määritelty pitoisuusrajoituksia, mutta laskeumassa ole-

van arseenin, kadmiumin, lyijyn ja nikkelin määrittäminen on standardisoitu.

Laskeuman osalta vuonna 2018 saatiin tulokset molemmilla mittauspisteillä kaikilta kuukausilta. Kaikille metalleille yksikkö on sama $\text{mg}/\text{m}^2/30 \text{ vrk}$, mutta pitoisuustaso toisiin metalleihin nähden voi olla jopa yli 10 000 -kertainen. Pitoisuustasoista suurin on rautalaskemalla, jonka kuukausikeskiarvot on nähtävillä kuvaajassa 40, johon on vertailun vuoksi merkitty myös vuoden 2017 pitoisuudet. Pidemmälläkään aikavälillä ei voida selkeästi osoittaa, että laskeumapitoisuudet olisivat riippuvaisia vuodenaajoista, vaan pitoisuustasot vaihtelevat ympäri vuoden ja eri vuosien välillä. Kuvaajaan 41 on koottuna rautalaskemalla vuosikeskiarvot 2012–2018.



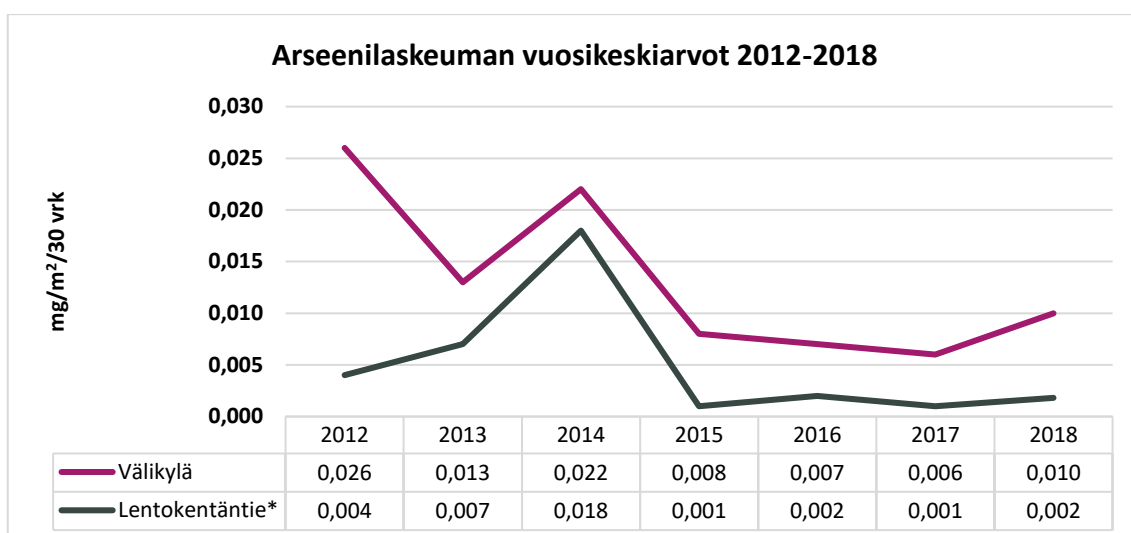
Kuvaaja 40: Rautalaskemalla kuukausikeskiarvot 2017–2018 laskeumamittauspisteillä.



Kuvaaja 41: Rautalasjeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.

Kuvaajiin 42–48 sekä taulukkoon 21 on kootuna muiden laskeumasta mitattavien raskasmetallien vuosikeskiarvot 2012–2018 aakkosjärjestyksessä. Kadmiumin pitoisuudet on esitetty vain taulukkomuodossa, sillä viime vuosien keskiarvot ovat olleet alle määritysrajan, minkä takia niitä ei voi kuvaajassa esittää. Muiden raskasmetallien osalta nähdään, että pitoisuustasot vaihtelevat metallista ja vuodesta riippuen. Osalla metalleista, kuten arseenilla tai nikkelillä, laskeumapitoisuudet vaihtelevat lähes

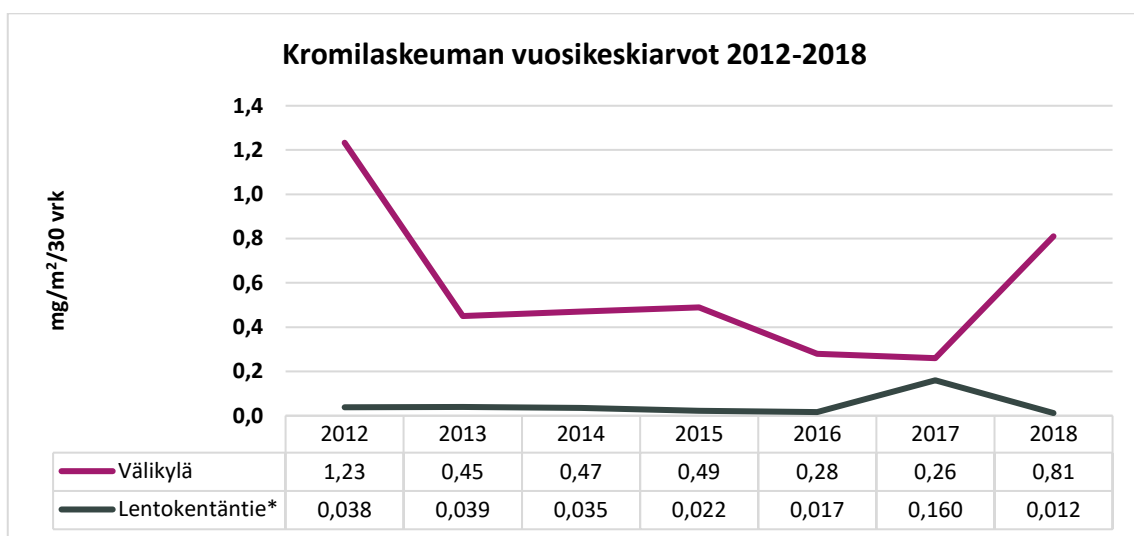
samassa suhteessa, mutta esimerkiksi lyijyllä ei ole havaittavissa samanlaista yhdenmukaisuutta. Kaikilla muilla metalleilla paitsi kuparilla Välikylässä mitattavat laskeumapitoisuudet ovat Lentokentäntien taustapitoisuuksia suuremmat. Vasta vuonna 2018 Lentokentäntiellä mitattiin Välikylää pienempi kuparilaskeumapitoisuus.



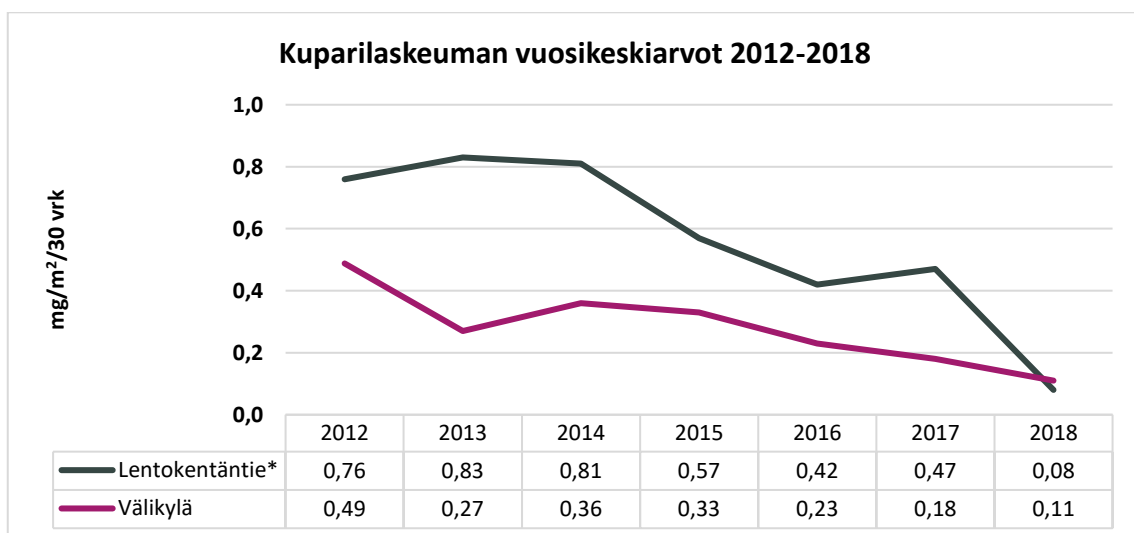
Kuvaaja 42: Arseenilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.

Kadmium-laskeuma (mg/m ² /30 vrk)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Väläkylä	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0008
Lentokentäntie*	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0004

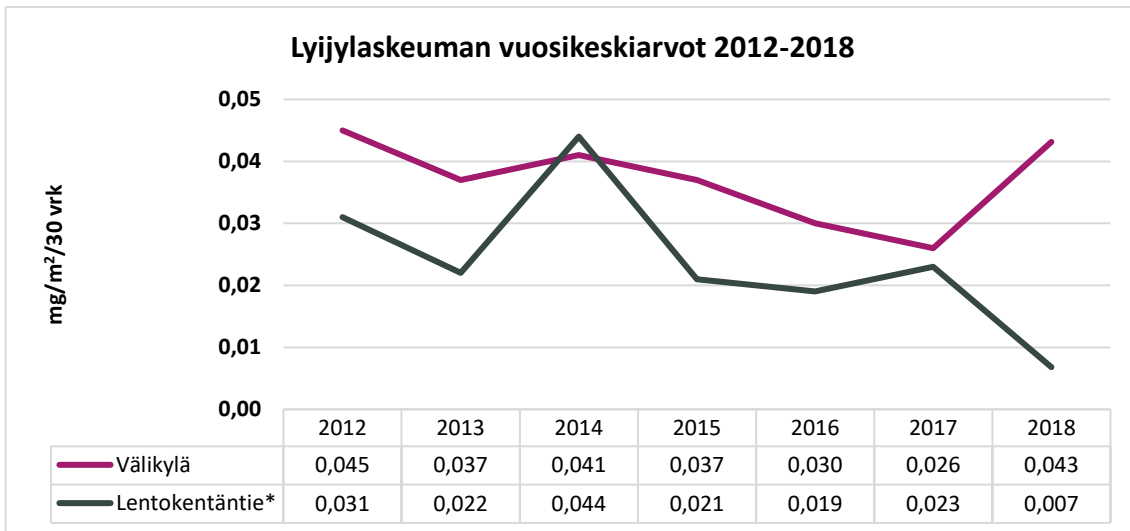
Taulukko 21: Kadmiumlaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä. Muista kuvaajista poiketen kadmiumin tulokset ilmoitetaan taulukkomuodossa, koska useina peräkkäisinä vuosina pitoisuudet ovat olleet alle määrittärajän.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



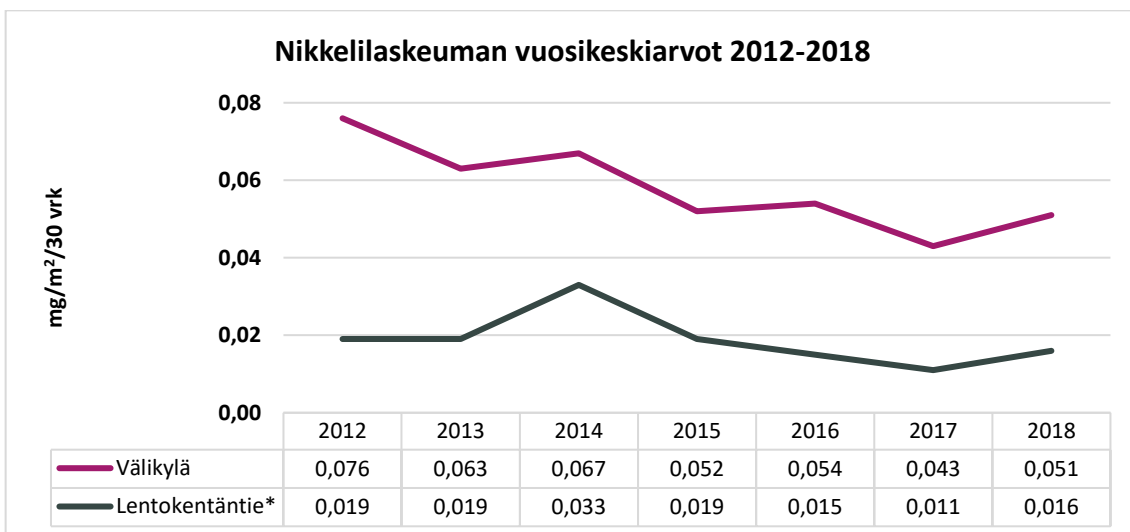
Kuvaaja 43: Kromilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



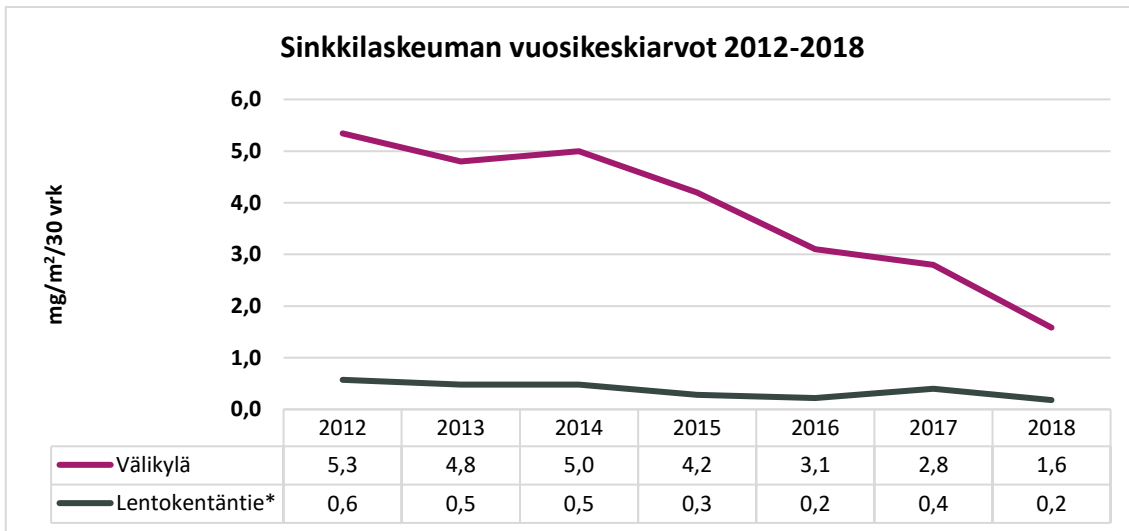
Kuvaaja 44: Kuparilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä. Muista laskeumamäärittäyksistä poiketen kuparin laskeuma on suurempaa Lentokentäntien taustamittauspisteellä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



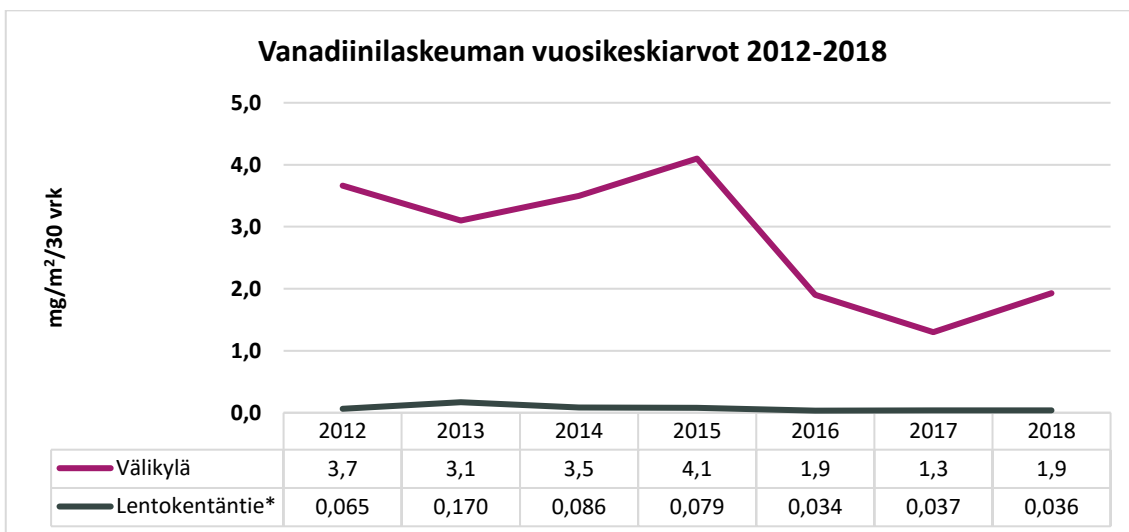
Kuvaaja 45: Lyijylaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kuvaaja 46: Nikkelilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kuvaaja 47: Sinkkilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentätien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kuvaaja 48: Vanadiinilaskeuman vuosikeskiarvot 2012–2018 laskeumamittauspisteillä.
*Lentokentätien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.

13. SÄÄTIEDOT

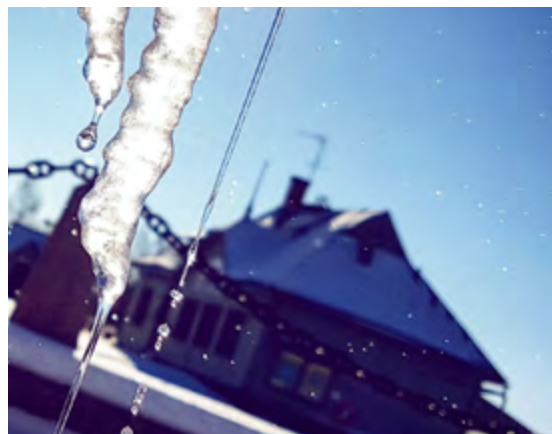
Keskustan mittausasemalla on oma sääasema, mutta lisäksi tuloksissa hyödynnetään Lapaluodon satamassa sijaitsevaa Ilmatieteenlaitoksen sääasemaa. Vuonna 2018 sää oli poikkeuksellinen, sillä alkuvuosi oli poikkeuksellisen kylmä ja kesä poikkeuksellisen kuuma. Vallitsevat tuulensuunnat olivat eteläkaakon ja lounaan väliltä, mutta lounaistuulet olivat kaikkein voimakkaimpia. Viime vuoden säätiedot löytyvät kappaleesta 13.2.

Sää vaikuttaa ilmanlaatuun joko heikentävästi tai puhdistavasti. Erityisesti talvisin heikkotuulisissa tilanteissa liikenteen päästöt eivät pääse sekoittumaan, vaan kerääntyvät päästölähteiden lähelle. Voimakkailla tuulilla päästöt taas voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän. Sumupilvet ja saateet puhdistavat ilmaa, mutta toisaalta ilmassa olevat epäpuhtaudet joutuvat sateen mukana maaperään ja vesistöihin.

Talvisin ilmanlaatuun voi vaikuttaa myös ns. inversiotilanne, jollainen muodostuu erityisesti heikkotuulisen ja selkeän yön jälkeen. Tällöin maanpinta ja sen lähellä oleva ilma jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolelleen olevan lämpimän kerroksen läpi ja ilmakehän pystysuuntainen liike lakkaa. Tällöin maan pinnan läheisyydessä muodostuvat saasteet eivät pääse sekoittumaan kunnolla, vaan jäävät "leijaillemaan" päästölähteen lähelle.

13.1. Säätietojen historiaa

Keskustan mittausasemalla on ollut koko sen toiminta-aikana, eli syyskuusta 2004 lähtien oma sääasema, jota ennen säätietoja saatiin 2003–2004 Saloisten mittausasemalta. Nykyinen Vaisalan sääasema on ollut käytössä vuodesta 2013, jolla mitataan lämpötilaa, tuulen suuntaa ja -nopeutta, ilmanpainetta ja suhteellista kosteutta. Näiden lisäksi Ilmatieteenlaitoksella on oma sääasemansa Lapaluodon satamassa, josta säätietoja on saatavilla netistä kaikkien vapaasti ladattavissa vuodesta 1992 alkaen. Lämpötilan historiatietoa on koottu kuvaajaan 51 (sivu 65).

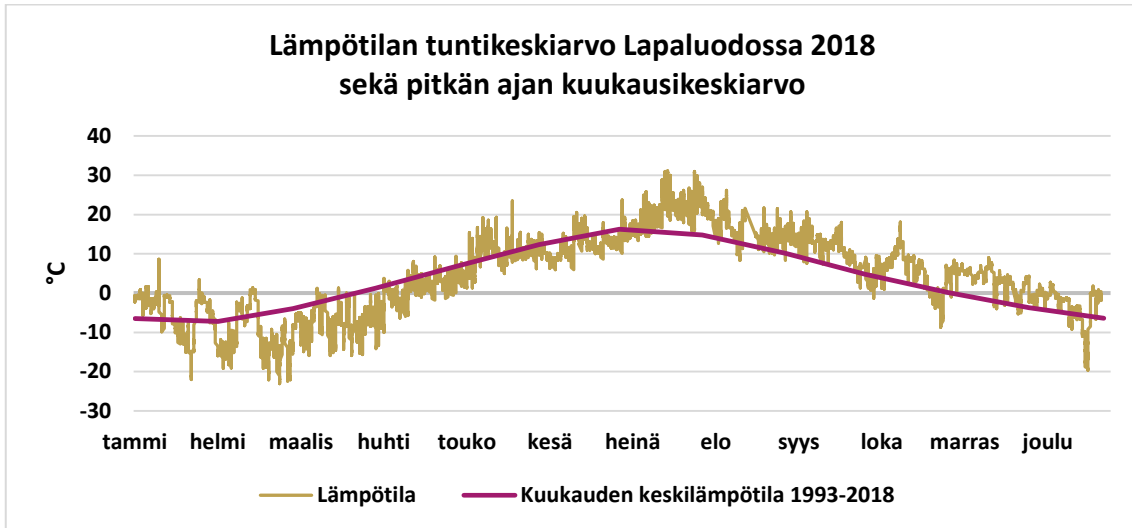


13.2. Vuoden 2018 sää

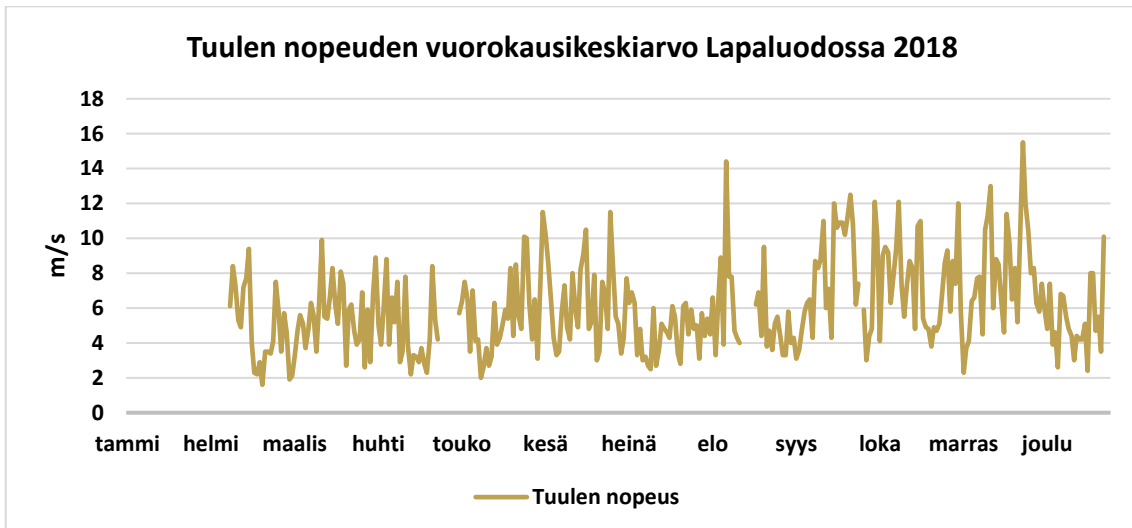
Keskustan sääasema oli pois käytöstä 27.1.–24.5.2018, eli lähes 4 kuukautta, jolloin koko vuoden havaintojen ajallinen kattavuus on vain 67,9 %. Tämän takia tuloksissa ilmoitetaan Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta oleva säätiedot, jossa sielläkin oli

tuulen nopeuden mittari pois käytöstä pidemmät ajanjaksot tammi- ja joulukuussa.

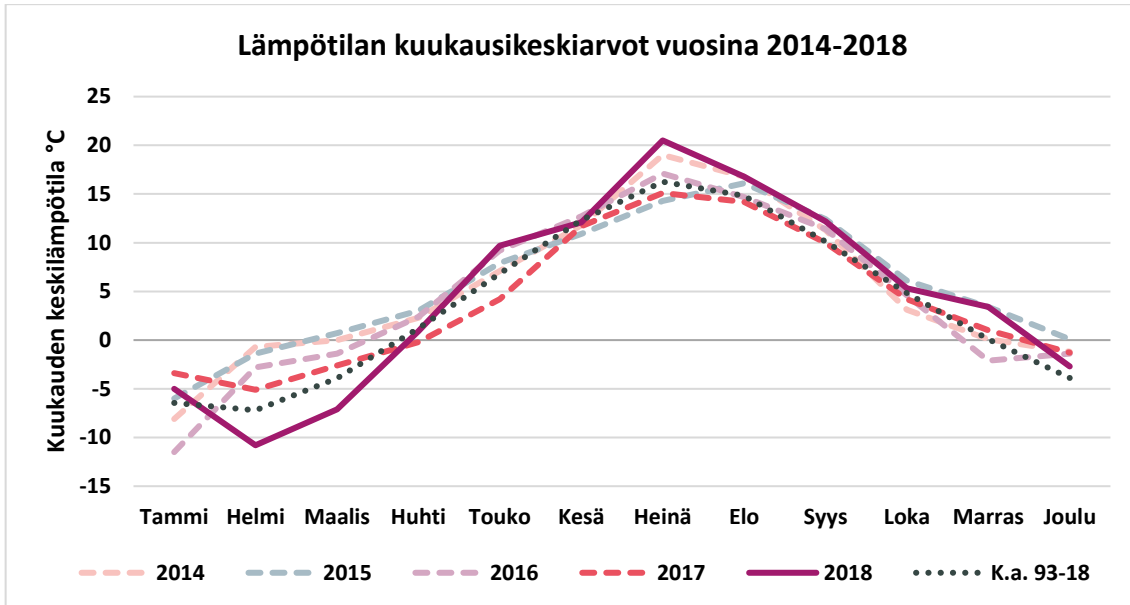
Kuvaajiin 49–50 on kuvattuna lämpötilan ja tuulen nopeuksien tuntikeskiarvot Lapaluodossa. Lämpötilan kuvaajaan on merkitty myös vuosien 1993–2018 kuukausikeskiarvo.



Kuvaaja 49: Lapaluodon lämpötilan tuntikeskiarvot sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo. Säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.



Kuvaaja 50: Lapaluodon tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvo. Sääasema on ollut pois käytöstä tammi-helmikuussa. Säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.



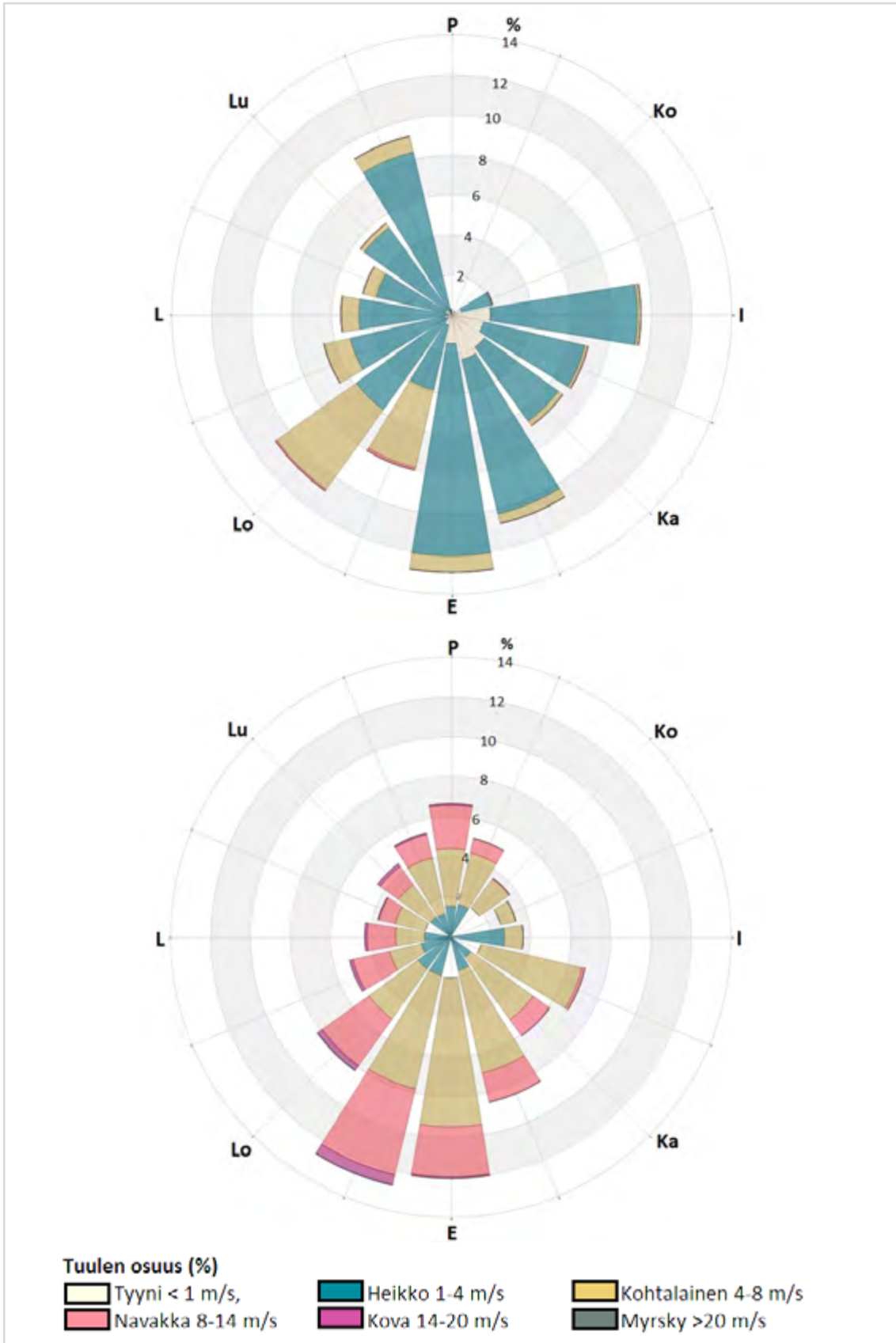
Kuvaaja 51: Lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2014–2018 sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo 1993–2018. Säätiiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.

Kuvaajasta 51 nähdään, että viimeisen viiden vuoden ajanjaksoon sekä pitkän ajanjakson (vuodet 1993–2018) keskiarvoon verrattuna vuosi 2018 oli poikkeuksellinen. Kuukausien keskilämpötiloilla tarkasteltuna vuoden 2018 talvi oli muihin vuosiin verrattuna tavallista kylmempi, mutta vastaavasti koko vuosi keväästä loppuvuoteen tavanomaista lämpimämpi.

Kuvaajassa 52 (sivu 66) on kuvattuna Keskustan ja Lapaluodon mittausasemien tuuliruu-
sut, eli tuulen suuntien suhteellinen osuus kaikista tuulitiedoista. Keskustan tuulitiedot saadaan mittausaseman omalta sääasemalta ja Lapaluodon tuulitiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta. Keskustan tuulitietojen tuntikeskiarvoja on käytettävissä 67,9 % vuoden tunneista, kun vastaava luku Lapaluodossa on 86,0 %. Kuvaajista nähdään, että eniten tuulee eteläkaakon ja lounaan väliltä, mutta voimakkainta tuulta on aina lounaasta päin tuullessa. Keskustassa yleisiä tuulensuuntia on myös itä ja pohjoislounas, kun taas pohjoisen ja idän väliltä ei tuule yhtään. Tämä johtuu aseman läheisistä kerrostaloista, jotka suojaavat asemaa kyseiseltä ilmansuunnalta

tulevilta tuuilta. Keskustassa tuulen nopeus on pääosin heikkoa tai kohtalaista (1-7 m/s). Lapaluodon satamassa sijaitsevalla Ilmatieteenlaitoksen asemalla havaitaan tuulta joka ilmansuunnasta ja tuulen nopeus on pääosin kohtalaista tai navakkaa (4-13 m/s). Jonkin verran havaitaan myös kovaa tuulta (14–20 m/s).





Kuvaaja 52: Keskustan (ylhällä) ja Lapaluodon (alhaalla) tuuliruusut 2018. Keskustan tuulitietoja on käytettävissä 67,9 % ja Lapaluodossa 86,0 % vuoden tunneista.

14. ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksi yhdistää sen hetkiset mittaustulokset yhdeksi indeksiarvoksi, jota kuvaamaan on luotu viisiportainen sanallinen ja värillinen asteikko. Vuonna 2018 Kes- kustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvää 90,4 % ja Lapaluodossa 88,2 % vuodes- ta. Molemmilla asemilla ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää yli 98 % vuodesta, jolloin voidaan sanoa, että Raahessa ilmanlaadun vaikutukset ihmisten terveyteen ovat hy- vin epätodennäköisiä ja kasvillisuusvaikutuksetkin ovat vain lieviä pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Hetkellisesti esim. keväisin katupölyaikaan, ilmanlaadulla voi olla vai- kutuksia herkemmillä väestöryhmille. Lapaluodon asemalla oli useita pidempiä mit- tauskatkoksia, minkä takia tiedoista puuttuu 6,8 %. Viime vuoden ilmanlaatuindeksit kuukausitasolla löytyvät kappaleesta 14.1.

Ilmanlaatuindeksi on yksinkertaistettu mal- li kuvaamaan laadullisesti sen hetkistä ilmanlaatua viisiportaisella väriasteikolla ja laatusanoilla "hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono". Indeksii on siis yksinkertaistettu vertailuluku, jolla mitattuja ilmanlaadun tuntipitoisuuksia suhteutetaan ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaa- tuindeksiä päivitetään tunnin välein, ja sitä voi seurata reaaliajassa kaupungin ja Ilmatie- teenlaitoksen nettisivuilta.

Ilmanlaatuindeksiä määritettäessä otetaan huomioon pitoisuudet, joita kullakin ilman- laatuasemalla mitataan. Näitä voi olla rikki- dioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂), hengitet- tävät hiukkaset (PM₁₀), pienhiukkaset (PM_{2,5}),

otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) ja haisevat rik- kiyhdisteet (TRS). Raahessa näistä mitataan vain kolme ensimmäistä. Näin ollen eri kau- punkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri epäpuhtaudet.

Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kulle- kin mitattavalle yhdisteelle lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi, joista korkeimman arvo määrää ilmanlaatu- indeksiin arvon.

Alla olevaan taulukkoon 22 on kuvattu kuta- kin ilmanlaatuindeksiä kuvaavat mahdolliset vaikutukset, sekä Raahessa mitattavien yh- disteiden indeksiarvot, eli ali-indeksit.

Indeksi- luokitus	Vaikutukset		Indeksiarvot (µg/m ³)		
	Terveyteen	Luontoon	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
Hyvä	Ei todettuja	Lieviä luonto- vaikutuksia pitkällä aikavälillä	< 20	< 40	< 20
Tyydyttävä	Hyvin epätoden- näköisiä		20–80	40–70	20–50
Välttävä	Epätodennäköisiä	Selviä kasvillisuus- ja materiaalivaikutuksia pitkällä aikavälillä	80– 250	70– 150	50– 100
Huono	Mahdollisia herkillä ihmisillä		250– 350	150– 200	100– 200
Erittäin huono	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä		> 350	> 200	> 200

Taulukko 22: Ilmanlaatuindeksi, vaikutukset terveyteen ja luontoon sekä Raahessa mitattavien yhdisteiden indeksiarvot.

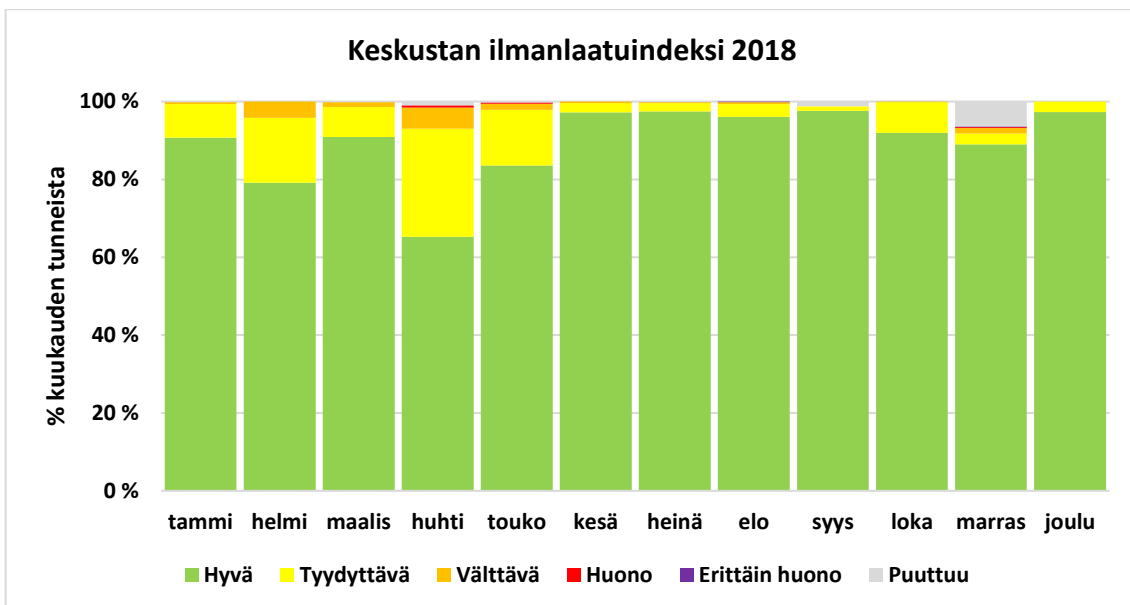
14.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2018



Ilmanlaatuindeksi määritellään Raahessa Keskustassa epäpuhtauksien NO₂ ja PM₁₀ sekä Lapaluodossa epäpuhtauksien SO₂ ja PM₁₀ yhteisvaikutuksena. Laskentatavan mukaisesti indeksi määritellään sen perusteella, kumpi pitoisuus on korkeampi, eli kumman pitoisuuden perusteella saadaan huonompi indeksi. Jos kyseiseltä tunnilta ei ole saatavilla kummankaan epäpuhtauden mittaustietoa, se on merkitty kuvaajiin "puuttuu".

Keskustan asemalla (kuvaaja 53) ilmanlaatu oli hyvää 90,4 %, tyydyttävää 8,2 % ja vält-

tävää 1,3 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 8 oli huonoa (0,09 %) ja 2 erittäin huonoa (0,02 %). Erittäin huonot tunnit olivat 11.8. klo 02-03 sekä 29.11. klo 04-05. Kyseisillä ajanjaksoilla sattui elokuussa vuorokausiarvon PM₁₀ ylitys Keskustassa ja marraskuussa Lapaluodossa. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 44 tunnilta (koko vuoden tunneista 0,5 %). Verrattuna vuoteen 2017 ilmanlaatuindeksi oli hieman huonompi, sillä edellisenä vuonna ei Keskustan asemalla mitattu lainkaan huonoja tai erittäin huonoja tunteja, ja koko vuoden tunneista hyvää oli 91,7 %.

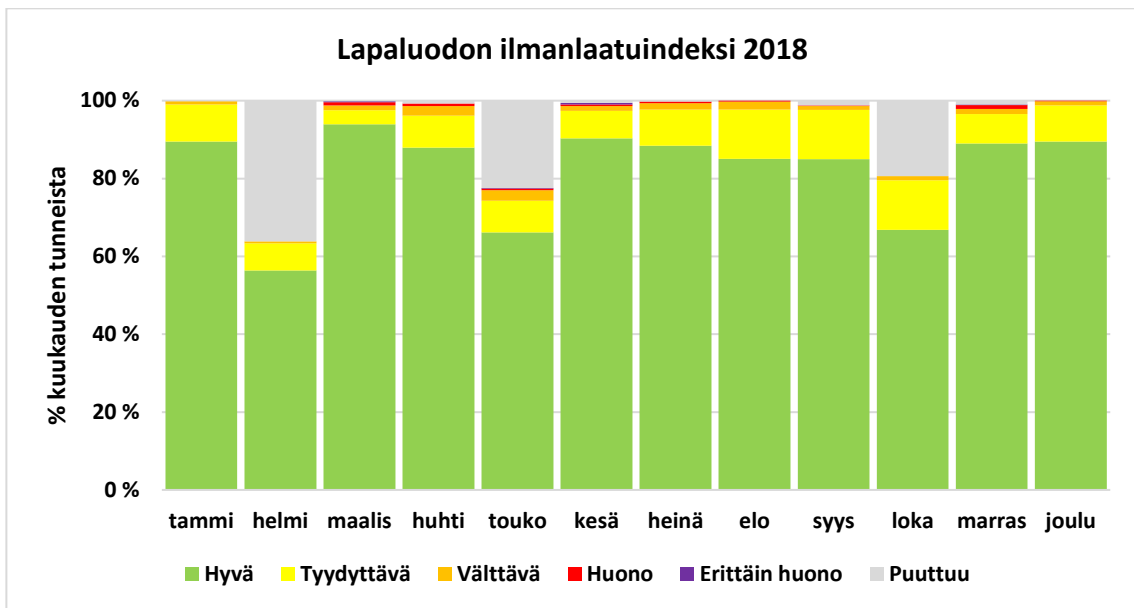


Kuvaaja 53: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Keskustassa. "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.

Lapaluodon asemalla (kuvaaja 54) ilmanlaatu oli hyvää 88,2 %, tyydyttävää 9,8 % ja välttävää 1,5 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävistä. Vuoden tunneista 31 oli huonoa (0,36 %) ja erittäin huonoa 7 tuntia (0,08 %). Erittäin huonot tunnit olivat 18.3. klo 04-06, 14.5. klo 04-05, 14.6. klo 03-06 sekä 29.11. klo 04-05. Kaikissa tapauksissa hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus oli koholla, joista kesäkuussa ja marraskuussa tapahtui hiukkasten vuorokausiarvon ylitys. Lapaluodossa oli useita vuorokausia kestäneitä katkoja, joiden ajalta

ei ole saatavilla mittaustuloksia. Lokakuussa ollut katkos johtui tietokoneyhteyksien ongelmista. Yhteenlaskettuna tuntiarvoista puuttuu 583 tuntia (koko vuoden tunneista 6,8 %).

Aikaisempina vuosina Lapaluodon asemalta ei ole ollut saatavilla kuin rikkidioksidipitoisuudet, minkä takia asemalle ei ole määritetty ilmanlaatuindeksiä. Näin ollen vertailua aikaisempiin vuosiin ei Lapaluodon osalta voida tehdä.



Kuvaaja 54: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Lapaluodossa. "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.

15. LÄHDELUETTELO

- Ilmatieteenlaitos: Asiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja Energia (2016), Raahen ilmanlaadun seurantasuunnitelma
- Ilmatieteenlaitos: Raportteja 2017:6, Ilmanlaadun Mittausohje 2017
- Vanhat vuosiraportit, erityisesti vuoden 1978–1992 kokoelmaraportti, sekä ns. siirtymävuosien 2000, 2004 ja 2007 raportit
- Ilmatieteenlaitos: Ilmanlaatusivusto, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/teematietoa-ilmanlaadusta>
- Ilmatieteenlaitos – Avoin data: Lapaluodon säätiedot ja –historia, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>
- VTT: LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskenta-järjestelmä:
 - LIISA – tieliikenteen laskentajärjestelmä, sähköisesti:
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/kunnat.htm>
 - MEERI – vesiliikenteen laskentajärjestelmä, sähköisesti:
<http://lipasto.vtt.fi/meeri/index.htm>
- Toimijoiden vuosiraportit
- Lait, asetukset ja standardit

16. LIITTEET

LIITE 1: Typpidioksidin (NO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

LIITE 2: Rikkidioksidin (SO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

LIITE 3: Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet 2014–2018

LIITE 1: Typpidioksidin (NO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

KESKUSTA NO ₂ µg/m ³	Keskiarvo	Korkein vuorokausi	2. korkein vuorokausi	Korkein tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	40 (1v)			200		85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo			70		150	
Kriit. taso	30 (1v)					
Tammi	18,2	40,4	37	83,2	65	99,3
Helmi	25,1	51,5	51	99,6	90	100
Maalis	19,9	35,8	35	98,9	74	99,9
Huhti	16,4	36,6	30	94,7	69	96,5
Touko	8,4	16,3	14	58,2	31	99,7
Kesä	3,2	8,8	6	33,6	12	100
Heinä	2,7	5,0	5	16,9	11	99,3
Elo	5,2	9,4	9	31,4	18	99,5
Syys	6,2	10,4	9	28,5	22	95,7
Loka	10,1	23,1	17	59,9	47	100
Marras	8,9	31,9	14	93,2	52	98,3
Joulu	10,8	25,5	22	67,8	46	99,9
Vuosi- keskiarvo ¹⁾	11,3 µg/m ³					99,3 %

¹⁾ Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittauksien perusteella, ei kuukausikeskiarvojen perusteella

LIITE 2: Rikkidioksidin (SO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

LAPALUOTO SO ₂ µg/m ³	Keskiarvo	Korkein vuoro- kausi	2. korkein vuoro- kausi	Korkein tunti- arvo	99 %:n tunti- arvo	Ajallinen katta- vuus (%)
Raja-arvo		125		350		85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo			80		250	
Kriit. taso	20 (1v)					
Tammi	0,7	3,0	2,9	10,8	5,1	96,4
Helmi ¹⁾	(1,0)	(4,1)	(2,4)	(8,5)	(6,7)	(61,5)
Maalis	0,5	2,5	0,9	5,7	2,6	96,4
Huhti	0,7	1,8	1,8	10,9	5,2	95,8
Touko ¹⁾	(0,8)	(1,9)	(1,7)	(16,1)	(4,7)	(74,9)
Kesä	1,1	3,4	2,2	14	6,8	96,4
Heinä	1,3	5,1	3,8	22,6	11,7	95,8
Elo	1,9	7,1	5,2	27,2	16,8	96,5
Syys	1,7	9,1	5,3	37,4	17,5	93,1
Loka	1,5	5,6	2,7	17,2	9,3	77,7
Marras	1,1	2,6	2,4	8,3	4,9	98,6
Joulu	1,6	5,5	4,6	20,4	10,1	100
Vuosikeskiarvo ²⁾	1,2 µg/m ³					92,1 %

¹⁾ Helmi- ja toukokuussa kuukausitason ajallinen kattavuus 75 % ei täyttynyt, minkä takia lukuarvot ovat suluisia

²⁾ Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella

LIITE 3: Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet

KESKUSTA PM ₁₀ µg/m ³	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Ajallinen kattavuus
Raja-arvo		50		85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo			70	
Tammi	6,6	18,5	18,0	100
Helmi	10,7	23,9	23,0	100
Maalis	8,3	18,3	12,6	100
Huhti	19,1	47,7	36,0	96,7
Touko	12,4	40,6	29,6	100
Kesä	7,0	20,9	11,6	100
Heinä	9,5	15,1	13,5	100
Elo	9,2	63,8	20,4	100
Syys	6,8	13,5	11,2	96,7
Loka	8,4	22,7	20,5	100
Marras	7,9	31,6	26,8	96,7
Joulu	6,1	15,5	9,9	100
Vuosikeskiarvo¹⁾	9,3 µg/m³			99,2 %

¹⁾ Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella

LAPALUOTO PM ₁₀ µg/m ³	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Ajallinen kattavuus
Raja-arvo		50		85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo			70	
Tammi	9,7	18,9	18,1	100
Helmi ¹⁾	(12,6)	(19,5)	(19,2)	(63,8)
Maalis	8,7	59,2	28,1	100
Huhti	10,3	32,9	31,2	93,3
Touko ¹⁾	(12,8)	(32,4)	(29,2)	(67,7)
Kesä	10,3	81,5	40,9	93,3
Heinä	11,2	19,6	19,2	100
Elo	12,0	45,9	31,3	100
Syys	10,8	30,0	23,5	96,7
Loka	11,0	32,4	22,7	77,4
Marras	11,6	78,0	43,8	100
Joulu	11,3	24,2	23,2	100
Vuosikeskiarvo²⁾	11,2 µg/m³			90,7 %

¹⁾ Helmi- ja toukokuussa kuukausitason ajallinen kattavuus 75 % ei täyttynyt, minkä takia lukuarvot ovat suluihin

²⁾ Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet 2014–2018

PAH-yhdiste ng/m ³	2014		2015		2016		2017		2018	
	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta
Tavoitearvo	1		1		1		1		1	
Bentso(a)pyreenille	1		1		1		1		1	
Antraseeni	0,47	0,02	0,3	0,04	0,29	0,03	0,09	0,01	0,30	0,08
Asenaftteeni	0,05	0,02	0,06	0,04	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,05
Asenaftyleeni	0,10	0,02	0,09	0,04	0,10	0,03	0,05	0,02	0,09	0,05
Bentso(a)antraseeni	2,45	0,27	1,37	0,27	1,35	0,25	0,73	0,15	2,53	0,81
Bentso(a)pyreeni	1,74	0,32	1,05	0,33	1,01	0,29	0,63	0,19	1,67	0,63
Bentso(b)fluoranteeni	2,13	0,51	1,37	0,59	1,77	0,68	1,38	0,54	2,95	1,16
Bentso(ghi)peryleeni	1,34	0,36	0,84	0,39	0,88	0,38	0,61	0,27	1,24	0,56
Bentso(k)fluoranteeni	0,97	0,22	0,64	0,23	0,61	0,21	0,44	0,16	0,90	0,35
Dibentso(a,h)antraseeni	0,28	0,05	0,18	0,06	0,17	0,05	0,09	0,03	0,32	0,12
Fenantreeni	1,95	0,10	1,23	0,11	1,28	0,12	0,57	0,07	1,44	0,57
Fluoranteeni	4,28	0,37	2,56	0,41	2,42	0,34	1,30	0,37	4,52	1,67
Fluoreeni	0,18	0,02	0,15	0,04	0,13	0,01	0,05	0,01	0,09	0,04
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	1,36	0,36	1,01	0,46	1,00	0,40	0,67	0,28	1,21	0,52
Kryseeni	2,54	0,29	1,12	0,22	1,22	0,24	0,77	0,16	1,78	0,66
Naftaleeni	0,05	0,02	0,07	0,04	0,05	0,02	0,06	0,02	0,10	0,05
Pyreeni	3,20	0,39	1,92	0,43	1,92	0,36	1,05	0,26	3,87	1,63
Trifenyleeni									0,27	0,12
PAH-yhteensä	23,09	3,34	13,96	3,71	14,25	3,42	8,54	2,56	23,30	9,06



RAAHE