

**RAAHEN
ILMANLAATU
2022**



RAAHEN ILMANLAATU 2022

ILMANLAADUN SEURANTARAPORTTI, RAAHE 2022

Mittausten suorittaja ja tulosten editointi: Aino Alatalo **Mittalaitteiden kalibroinnit:** Aeri Oy **Metallianalyysit ja PAH-analyysit:** Eurofins Environment Testing Finland Oy **Raportin laatija:** Aino Alatalo **Kannen kuva:** Anu Kiviniitty **Valokuvat:** Anu Kiviniitty, Aino Alatalo, SSAB:n mediapankki, Raahen Energia **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	14
5.1 Mittauspisteet	15
5.2 Menetelmät	19
5.3 Toimijat	20
6 PÄÄSTÖT	21
6.1 Teollisuus	21
6.2 Liikenne	24
6.3 Asutus ja muut hajalähteet	25
7 ILMANLAATUINDEKSI	25
7.1 Ilmanlaatuindeksi vuonna 2022	26
8 TYPEN OKSIDIT (NO_x)	28
8.1 Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä	28
8.2 Typpimittaukset vuonna 2022	30
9 RIKKIDIOKSIDI (SO₂)	33
9.1 Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä	33
9.2 Rikkidioksidimittaukset vuonna 2022	35
10 HIUKKASET (PM₁₀)	38
10.1 Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä	39
10.2 Hengitettävät hiukkaset 2022	40
11 HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	43
11.1 PAH-pitoisuudet lainsäädännössä	43
11.2 PAH-mittaukset vuonna 2022	44
12 HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT	49
12.1 Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä	50
12.2 Metallimittaukset vuonna 2022	51
13 LASKEUMA	57
13.1 Laskeumamittaukset vuonna 2022	57
14 SÄÄTIEDOT	63
14.1 Vuoden 2022 sää	63
14 LÄHDELUETTELO	67
15 LIITTEET	67

1 TIIVISTELMÄ

Vuonna 2022 ilmanlaadun mittaustoimintaa jatkettiin kaupungin tekemänä työnä edellisten vuosien tapaan. Mittaukset tehdään viisivuotisen seurantasuunnitelman mukaisesti. Mittausten aikainen seurantasuunnitelma on ollut voimassa 2018-2022. Mittauksia tehtiin Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla. Lisäksi laskeumanäytteitä kerättiin Välikylässä ja Lentokentäntiellä.

Kaikki mittauslaitteistot toimivat ilman suurempia laitevikoja, mutta vuoden ajalle sattui joitakin lyhyitä mittauskatkoksia. Lapaluodossa rikkidioksidin mittauksessa oli muutaman päivän katkos johtuen pumpun hajoamisesta. Lisäksi katkoksia mittauksiin on tullut laitteiden huolloista ja kalibroinneista. Mittaustuloksia saatiin kuitenkin sekä kuukausi- että vuositasolla lainsäädännön vaatimusten mukaan riittävästi.

Vuonna 2022 ilmanlaatu oli hyvä Keskustan mittausasemalla 90,9 % vuodesta ja Lapaluodon mittausasemalla 84,5 % vuodesta. Ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä molemmilla mittausasemilla yli 97 % vuodesta. Ilmanlaatuindeksi huomioi kuitenkin vain jatkuvatoimisesti mitatut parametrit, joita ovat Raahessa rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂) ja hengitettävät hiukkaset (PM₁₀). Näin ollen eri kaupunkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri mitattavat epäpuhtaudet. Raahessa ilmanlaadulla voi olla hetkellisesti vaikutuksia herkemille väestöryhmille, esim. keväisin katupölyaikaan. Raahessa tällaisia ajanjaksoja oli ilmanlaatuindeksinä tarkasteltuna koko vuonna Keskustassa yhteensä 28 ja Lapaluodossa yhteensä 25 tunnin aikana.

Vuosi oli säiden suhteen normaali. Alkuvuosi ja keskikesä olivat hieman keskiarvoa lämpimämpiä. Päätuulensuunta oli Lapaluodossa kaakon ja lounaan välissä.

Vuoden aikana sattui yhteensä kuusi vuorokausiraja-arvon ylitystä, jotka kaikki olivat Keskustassa hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀). Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä

hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀) saa tapahtua asemalla yhteensä 35 kertaa vuoden aikana, ennen kuin vuosittainen raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhtikuussa, jolloin ne oletettavasti johtuivat katupölystä. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla.

Keskustassa kuitenkin ylitettiin WHO:n vuorokausiohjarvo hengitettävien hiukkasten osalta. WHO:n vuosiohjarvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla.

Rikkidioksidin pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Rikkidioksidin suurin tuntikeskiarvo oli 87,5 µg/m³. Suurin vuorokausikeskiarvo oli 45,9 µg/m³. Rikkidioksidin osalta ohje- tai raja-arvot eivät ylittyneet.

Typen oksidien pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja, mutta WHO:n vuorokausiohjarvo ylittyi. WHO:n vuosiohjarvo kuitenkin alittui. Suurin mitattu typpidioksidin tuntikeskiarvo Keskustassa oli 99,4 µg/m³.

Hiukkasiin sitoutuneiden PAH-yhdisteiden merkkiaineen bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi Lapaluodossa. Vuosikeskiarvo Lapaluodossa oli 1,24 ng/m³, kun lainsäädännössä asetettu tavoitearvo on 1 ng/m³. Keskustan vuosikeskiarvo oli 0,51 ng/m³, joka alittaa tavoitearvon, mutta ylittää alemman arviointikynnyksen. Tavoitearvo tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Korkeimmat PAH-yhdisteiden pitoisuudet mitataan yleensä talviaikaan ja kesällä pitoisuudet ovat pienempiä.

Hiukkasiin sitoutuneista metalleista vain neljälle on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvo (arseni, kadmium, nikkeli ja lyijy). Näiden raskasmetallien pitoisuudet jäivät selvästi alle kyseisten arvojen.

Laskeumassa saatiin kerättyä ja analysoitua näytteet jokaiselta kuukaudelta, joten 90 %:n ajallinen kattavuus täyttyy ja tulokset on esitetty raportissa. Laskeumamittauksissa tulokset pysyivät edellisten vuosien tasolla.

2 JOHDANTO

Tässä raportissa esitetään vuoden 2022 ilmanlaadun mittausten tulokset sekä kerrotaan miten ja miksi ilmanlaatua mitataan. Lisäksi pohditaan lyhyesti ilmanlaadun vaikutusta ihmisiin ja ympäristöön. Vuoden 2018 raportissa on kerrottu laajemmin ilmanlaadun mittausten historiasta Raahessa.

Tässä raportissa esitellään ne mitatut ja lasketut tulokset, jotka on raportoitu Ilmatieteen laitokselle. Tässä raportissa olevissa tuloksissa voi olla joitain pieniä eroavaisuuksia Ilmatieteen laitoksen julkaisemiin virallisiin tilastoihin, koska Ilmatieteen laitos laskee tilastonsa talviajassa. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta koko vuoden tuloksiin.

Maailman terveysjärjestö WHO julkaisi uudet päivitetyt ohjearvonsa 2021 syksyllä. Tässä raportissa vertaillaan mittaustuloksia nyt myös WHO:n ohjearvoihin.

Ilmanlaadun mittaukset toteutettiin vuosille 2018–2022 laaditun ja Pohjois-Pohjanmaan 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, Raahen Voima Oy, Nordkalk Oy, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy sekä Raahen Valimo Oy. Ilmanlaadun laboratorioanalyysistä on vastannut Eurofins Environment Testing Finland Oy. Mittauslaitteiden kalibroinnista on vastannut Aeri Oy.

Ajantasaista tietoa Raahen ilmanlaadusta on Raahen kaupungin nettisivuilla <https://raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu>, sekä valtakunnallisesti koskien koko Suomen ilmanlaatatietoja Ilmatieteen laitoksen nettisivuilla <https://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.

Taulukko 1: Yksiköt ja niiden selitteet.

Yksikkö	Selite
µm	Pituuden yksikkö: mikrometri (= metrin miljoonasosa)
µg/m ³	Pitoisuuden yksikkö: mikrogrammaa (=gramman miljoonasosa) kuutiometrissä ilmaa
ng/m ³	Pitoisuuden yksikkö: nanogrammaa (=gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa
°C	Lämpötilan yksikkö: Celsiusaste
K	Lämpötilan yksikkö: Kelvinaste, 293 K = 20 °C
atm	Paineen yksikkö: atmosfääri, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
kPa	Paineen yksikkö: kilopascal, 101,3 kPa = 1 atm

Taulukko 2: Lyhenteitä tai termejä ja niiden määritelmät.

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 kalibrointien ja normaalin kunnossapidon vuoksi menetetään tuntiarvoja 5 % vuoden tunneista, joka voidaan suoraan vähentää laatutavoitteen 90 %:sta eli laatutavoitteena käytetään 85 % vuoden tunneista.
PM ₁₀	Hengitettävät hiukkaset = halkaisijaltaan alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	Pienhiukkaset = halkaisijaltaan alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
NO	Typpimonoksidi
NO ₂	Typpidioksidi
NO _x	Typen oksidit (NO ja NO ₂ yhteismäärä laskettuna NO ₂ :na)
SO ₂	Rikkidioksidi
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons, Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
B(a)p	Bentso(a)pyreeni. Yksi PAH-yhdiste, jota käytetään kaikkien PAH-yhdisteiden merkkiaineena.
CEN	European Committee for Standardisation, Euroopan standardisoimisjärjestö
ISO	International Standardisation Organisation, Kansainvälinen standardisointiorganisaatio
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
WHO	World health organisation, Maailman terveysjärjestö

4 LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT

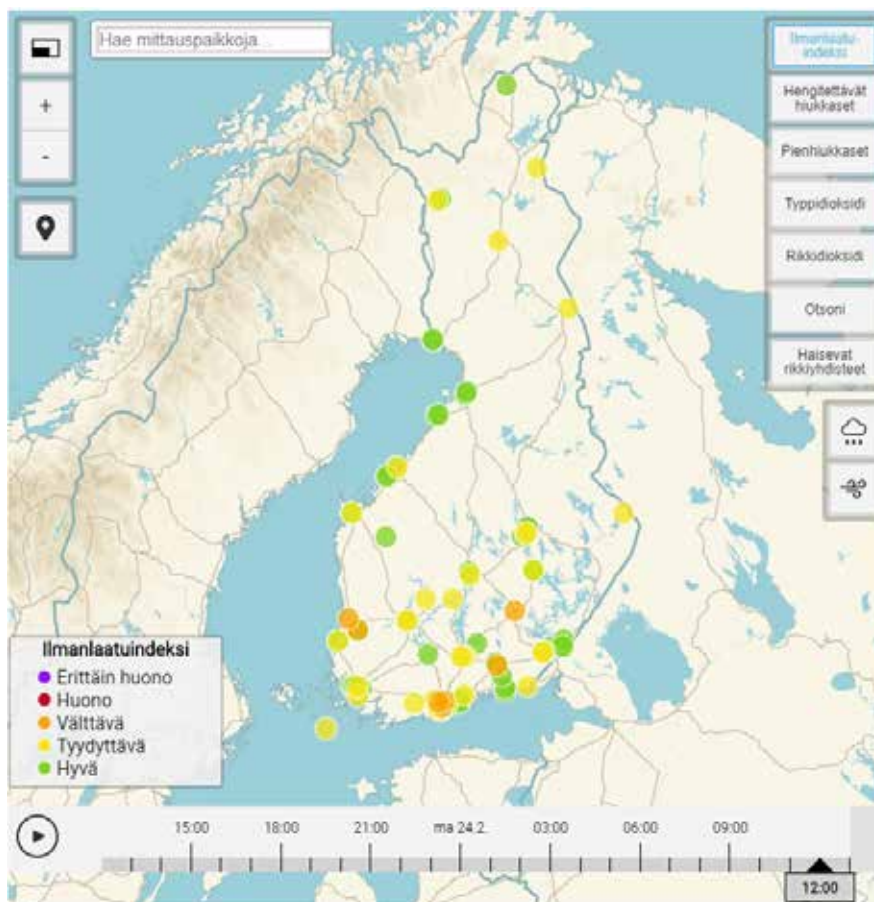
4.1 Kuntien velvoitteet

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 (<https://raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu>) voi tarkastella ajantasaisesti hengitettävien hiukkasten, typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuuksia sivulle lisätystä karttaoputuksesta (kuva 1).

Mahdolliset ylitykset tulevat näkyviin muiden Suomessa mitattujen ylitysten kanssa ilmatieteenlaitoksen nettisivuille (<https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaadun-uusimmat-ylitykset>). Raahessa tapahtuneista ylityksistä on tiedotettu tapauskohtaisesti myös kaupungin nettisivuilla.

Lain mukaisesti ilmanlaadun seurannan riittävyyttä tarkastellaan vähintään viiden vuoden välein tehtävällä seurantasuunnitelmalla, jossa arvioidaan nykyisten mittausten riittävyys, sekä määritellään uudet mittaustarpeet ja tavoitteet. Mittausten aikainen seurantasuunnitelma ja yhteistyösopimukset on tehty vuosille 2018–2022.



Kuva 1: Kaupungin nettisivuilla oleva ilmanlaatuindeksin ajantasainen karttaoputus. Karttaa zoomaamalla näkee myös koko Suomen ilmanlaadun mittausverkkojen tilanteen.

4.2 Seurantaryhmän veloitteet

Raahan ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat osaltaan myös mukana olevien toimijoiden omissa ympäristöluvuissaan määrätyt veloitteet ilmaan johdettavien päästöjen seurannasta.

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

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

Raahan Energia Oy:n osallistumisvelvoite tulee pieniä polttolaitoksia koskevasta asetuksesta (1065/2017), jonka mukaisesti laitoksen on tarvittaessa osallistuttava ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

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 koottu kaikki nykyisin voimassa olevat lait ja asetukset, jotka

vaikuttavat ilmanlaadun mittauksiin, ja joihin viitataan myöhemmin raportissa. Ilmanlaatu- ja metalliasetusten raja-arvot ja mittaustelmät pohjautuvat Euroopan unionin direktiiveihin. Siten ilmanlaadun mittaustulokset ovat lähtökohtaisesti vertailukelpoisia koko EU:n alueella.

Taulukko 3: Ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat lait ja asetukset.

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



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.

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

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Raja-arvo (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀)	Tieteellisin perustein terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vahvistettu pitoisuus, joka on alitettava määräajassa ja jota ei saa ylittää sen jälkeen kun raja-arvo on saavutettu.
Tavoitearvo (As, Cd, Ni, B(a)P)	Pitoisuus tai kuormitus, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään vähentämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia.
Ohjearvo (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀)	Pitoisuus, jonka ylittyminen pyritään estämään ennakolta pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ohjearvot on otettava huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa.
WHO:n ohjearvot (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , Pb, Cd)	Maailman terveysjärjestö WHO päivitti syksyllä 2021 maailmanlaajuiset ilmansaasteiden ohjearvot. WHO:n ohjearvot edustavat tieteellistä näkemystä ilmansaasteiden pitoisuustasoista, joita pienemmillä pitoisuuksilla terveydelliset haittavaikutukset ovat epätodennäköisiä tai hyvin vähäisiä.
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.
Jatkuva mittaus	Kiinteillä mittausasemilla jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehdyt mittaukset. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatuavoitteet sallittujen epävarmuuksien, aineiston vähimmäismäärän ja ajallisen kattavuuden suhteen.
Suuntaa-antava mittaus	Kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatuavoitteet.
Mallintaminen	Esim. leviämismalleilla tai päästökartoituksilla tehty arvio ilmanlaadun tasosta.
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.

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

na kaikki vuoden 2022 mittauksissa käytössä olleet standardit mitattavan epäpuhtauden mukaan luokiteltuna.

Taulukko 5: Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt standardit.

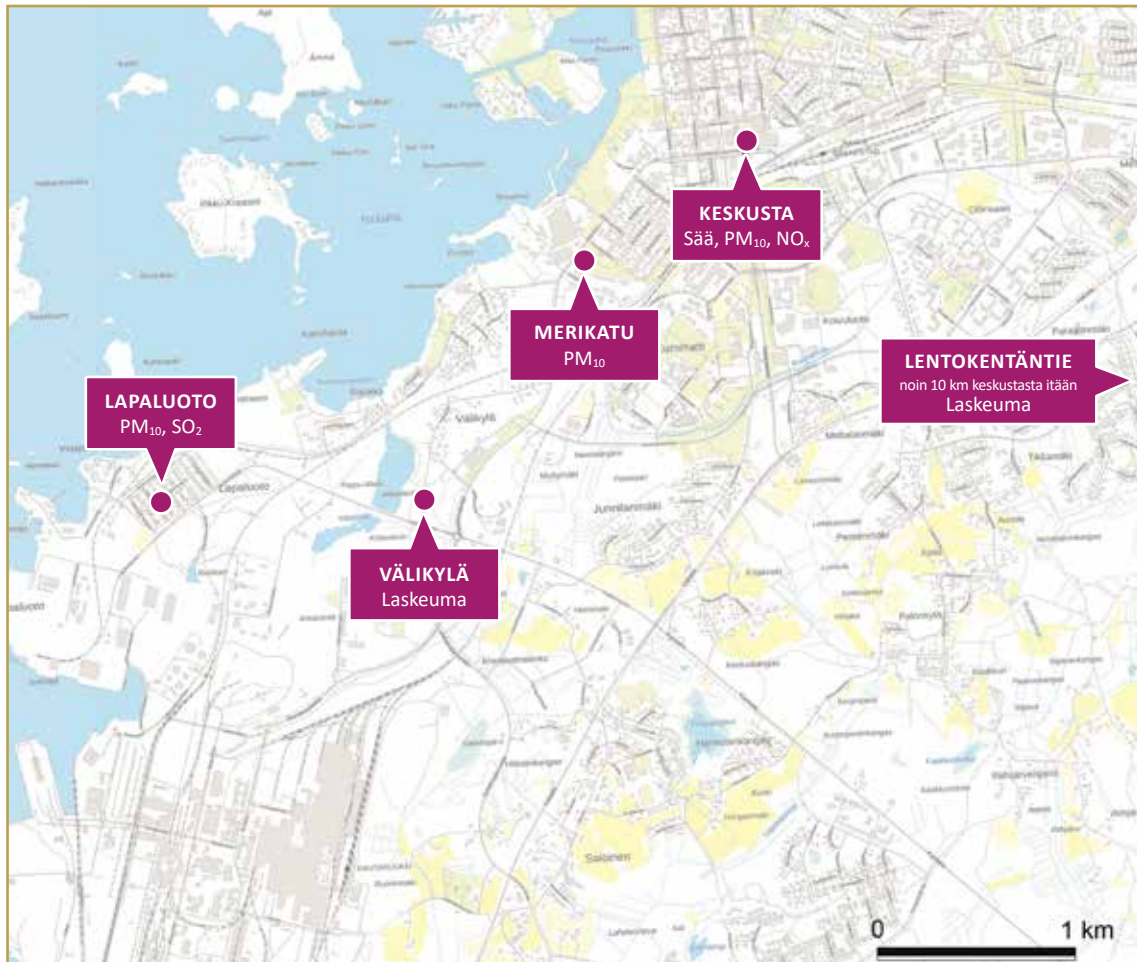
Mitattava epäpuhtaus	Standardinumero	Standardi
NO _x	SFS-EN 14211:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence
SO ₂	SFS-EN 14212:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence
PM ₁₀	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
PM ₁₀	SFS-EN 16450:2017	Ambient air. Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM ₁₀ ; PM _{2,5})
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



5 ILMANLAADUN MITTAUSVERKKKO

Kuvassa 2 on esitetty kartalla nykyisten mittauspisteiden sijainnit sekä mittauspisteissä mitattavat epäpuhtaudet. Lisäksi Keskustassa

on sääasema, jossa mitataan mm. tuulen voimakkuutta ja suuntaa sekä ilman lämpötilaa.



Kuva 2: Mittausasemien ja laskeumamittauspisteiden sijainnit sekä mittausasemilla mitattavat epäpuhtaudet.



5.1 Mittauspisteet

5.1.1 Keskustan mittausasema

Aseman nimi:	Keskustan mittausasema
Osoite:	Fellmanin puistokatu 20, Raahe
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175554, E 379861
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2022:	PM ₁₀ , NO ₂ , 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 liikekeskuksen (ent. Hittimaatti, nykyinen Kuntokeskus Raahe) katoilla 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 kaksikaistainen 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.



5.1.2 Lapaluodon mittausasema

Aseman nimi:	Lapaluodon mittausasema
Osoite:	Satamakatu 190, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7173924, E 376818
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2022:	PM ₁₀ , SO ₂ , PAH, metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Lapaluodon koppi siirrettiin syyskuussa 2021 Ahtaajankadun viereiselle puistoalueelle. Etäisyys aiempaan sijaintipaikkaan on noin 20 metriä. Aiemmin Lapaluodon mittausasema on sijainnut vanhan Lapaluodon koulun pihalla vuodesta 1984 alkaen.

Asema edustaa SSAB:n teollisuusalueen ja sataman läheisyyden takia nimenomaan teollisuuden päästöjä, mutta pientalovaltaisena alueena Lapaluodon pitoisuuksiin vaikuttaa myös omakotitalojen puulämmitys. Tehdasalueelle on matkaa noin 1 km.

Tammikuussa 2019 tehtyjen liikennelaskelmien mukaan mittausaseman viereisen Satamakadun 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.



5.1.3 Merikadun mittausasema

Aseman nimi:	Merikadun mittausasema
Osoite:	Merikatu 7, Raahe
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175061, E 379014
Mittausvuodet:	2009-2017, 2021
Mittausparametrit v. 2021:	metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Merikadun mittausasema on ollut nykyisellä paikallaan käytössä vuosina 2009-2017 sekä 2021. Tätä ennen mittauspiste sijaitsi Ratakadun varrella kaupungin varikolla. Varikolla on mitattu ilmanlaatua 1982-2008.

Aiemmin asemalla on mitattu SO_2 , $PM_{2,5}$ sekä PAH ja raskasmetalleja PM_{10} :sta. Nykyisen seurantasuunnitelman mukaisesti mittausasema on käytössä vain mittauskampanjan aikana, jolloin mitataan metalleja PM_{10} :sta. Kampanja toteutetaan vuoden mittaisena kerran viidessä vuodessa.

Aiemmissa mittauksissa Merikadulla on ollut nikkelin alemman ja ylemmän arviointikynnyksen ylityksiä. Viimeisen tavoitearvon ylitys on ollut 2011. Näiden tulosten vuoksi Merikadulla on edelleen pidetty mittausasema ja toteutettu kampaluonteisesti mittauksia, vaikka jatkuvatoimisia mittauksia ei asemalla enää tehdä.

Mittausaseman pitoisuudet edustavat liikenteen ja teollisuuden päästöjä. Aseman läheisyydessä toimii Raahen Valimo Oy.



5.1.4 Välikylän laskeumamittauspiste

Välikylän laskeumapiste edustaa ilmasta laskeutuvien metallien määrää 70 metrin etäisyydellä tiestä ja 400 – 3700 metrin etäisyydellä teollisuudesta.

Piste sijaitsee puistoalueella. Mittauspisteen ja päästölähteiden välissä kasvaa metsää.

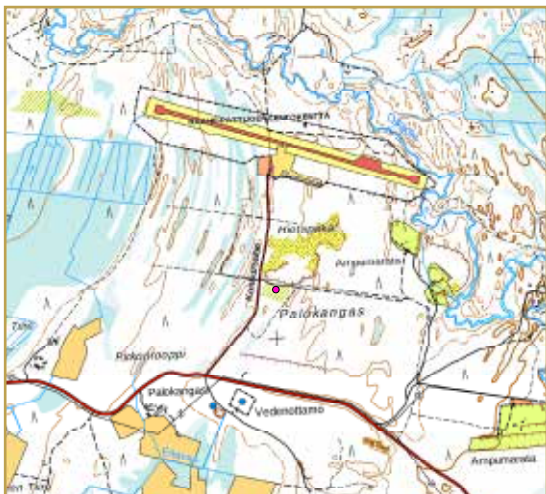


Aseman nimi:
Välikylän laskeumapiste
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):
N 7173833, E 378158
Mittausparametrit v. 2022:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



5.1.5 Lentokentätien laskeumamittauspiste

Lentokentätien laskeumapiste edustaa Raahen alueen ilmasta laskeutuvien metallien taustapitoisuutta. Pisteen lähellä ei ole merkittäviä päästölähteitä ja lähimmälle harvoin liikennöidylle tielle on matkaa noin 200 metriä.



Aseman nimi:
Lentokentätien laskeumapiste
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):
N 7175180, E 390007
Mittausparametrit v. 2022:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



5.2 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.



Taulukko 6: Ilmanlaatumittauksissa käytettävät mittausmenetelmät.

Mittauspiste	Ilman epäpuhtaus	Mittaus-tiheys	Käytössä oleva laite/keräin	Analyysi-menetelmä	standardi (SFS-EN)
Keskusta	NO _x	Jatkuva-toiminen	Environnement AC 32M	Kemilumine-senssi	14211:2012
Keskusta	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 A	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014 16450:2017
Keskusta	PAH-yhdisteet ¹⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
Keskusta	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Keskusta	Sääasema ³⁾	Jatkuva-toiminen	Vaisala WXT520		14212:2012
Lapaluoto	SO ₂	Jatkuva-toiminen	Thermo Electron model 43i	UV-fluore-senssi	12341:2014 16450:2017
Lapaluoto	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 AB	Värähtelevä mikrovaaka	15549:2008 12341:2014
Lapaluoto	PAH-yhdisteet ¹⁾	2,5 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	14902:2006 12341:2014
Lapaluoto	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Merikatu	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Välikylä	Laskeuman raskas-metallit ²⁾	1 kk keräysnäyte, 12 krt/v	Laskeumakeräin	ICP-MS ⁵⁾	15841:2009
Lentokentäntie	Laskeuman raskas-metallit ²⁾	1 kk keräysnäyte, 12 krt/v	Laskeumakeräin	ICP-MS ⁵⁾	15841:2009

1) Antraseeni, asenaftteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(g,h,i)peryleeni, 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

4) Kaasukromatografia-massaspektrometria

5) Induktiivisesti kytketty plasma massaspektrometria

5.3 Toimijat

Vuonna 2022 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 Raahen Valimo 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-ainneiden 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 verkkoon.

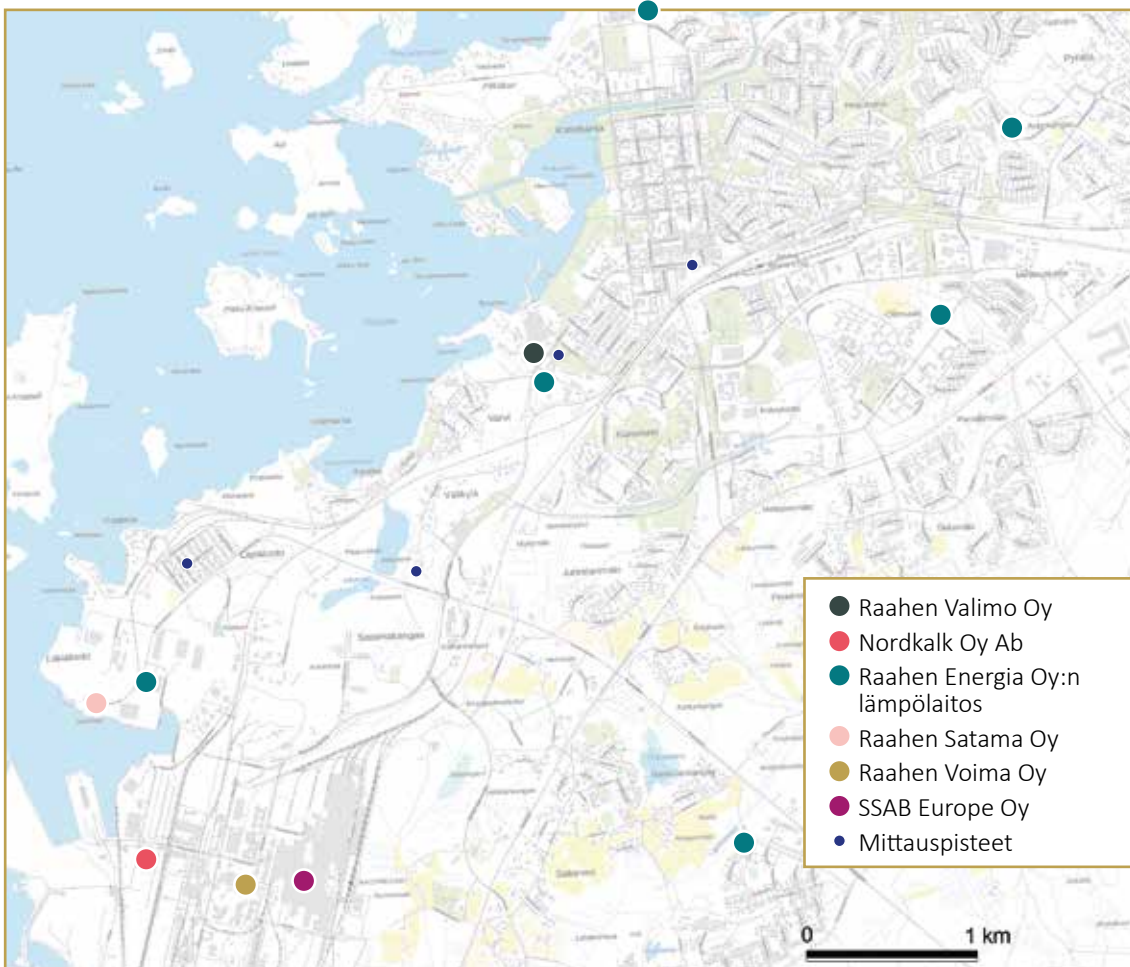


Raahen Energia Oy on Raahen kaupungin omistama energiayhtiö, joka hankkii valtaosan kaupunkialueen kaukolämmöstä ostolämpönä Raahen Voima Oy:ltä. Tämän lisäksi yhtiö tuottaa itse kaukolämpöä vara- ja huippuvoimana yhdellä pellettilämpökeskuksella ja kuudella öljyllä toimivalla lämpökeskuksella.

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.

Raahen Valimo Oy valmistaa koneistettuja teräsvalutuotteita, kuten pumppujen, venttiilien ja paperikoneiden osia. Tuotantoa varten Raahen Valimo Oy:llä on käytössä kuusi induktio-uunia.





Kuva 3: Ilmanlaadun mittauksissa mukana olevat toimijat. Kuvasta on rajattu ulos Pattijoen Alakkalassa sijaitseva Raahen Energian lämpölaitos sekä Lentokenttien laskeumamittauspiste.

6 PÄÄSTÖT

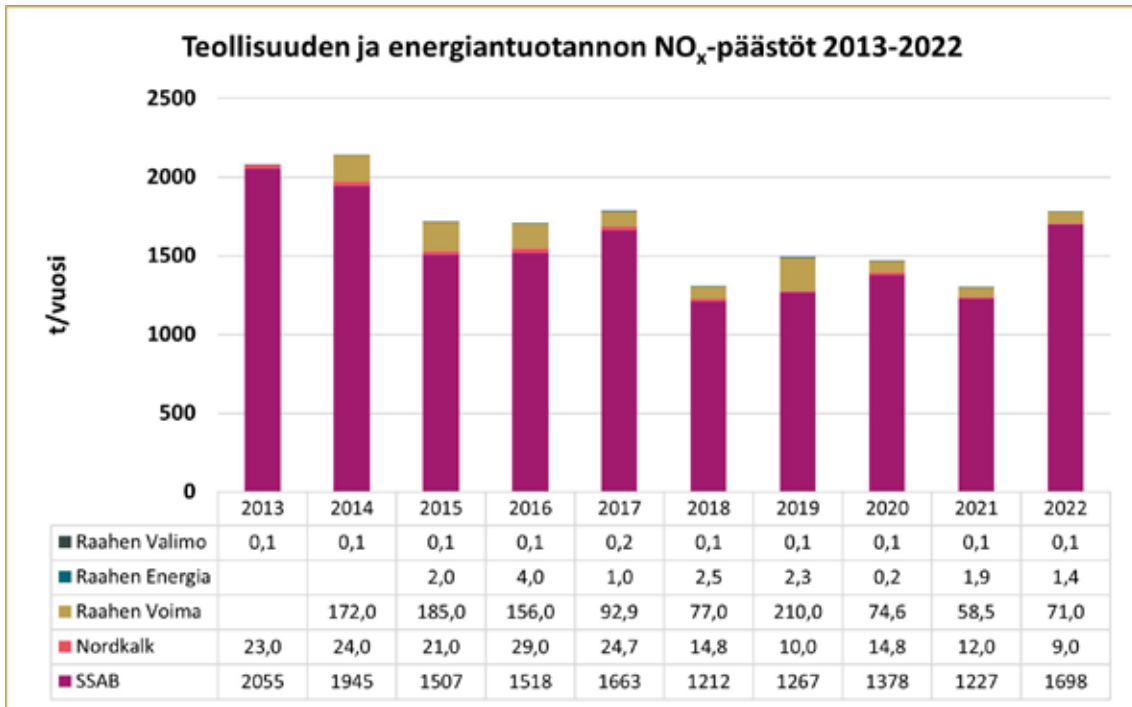
6.1 Teollisuus

Teollisuuden päästöistä merkittävimmät muodostuvat Raahessa SSAB:n, Nordkalkin, Raahen Voiman, Raahen Energian ja Raahen Valimon toiminnoista. Seuraaviin kaavioihin 1-4 on esitetty vuoden 2022 teollisuuden piippupäästöt, joihin ei ole laskettu mukaan hajapäästöjä.

Kaavioissa on mukana historiatieto myös edellisen 10 vuoden ajalta. Vuoteen 2014 Raahen Voiman päästöt sisältyivät SSAB:n päästöihin. Raahen Valimon ja Raahen Energian päästöt ovat vuodesta 2015 asti, jolloin ne ovat tulleet mittauksiin mukaan. Raahen Valimon tuloksia on ilmoitettu myös pari vuotta takautuvasti.

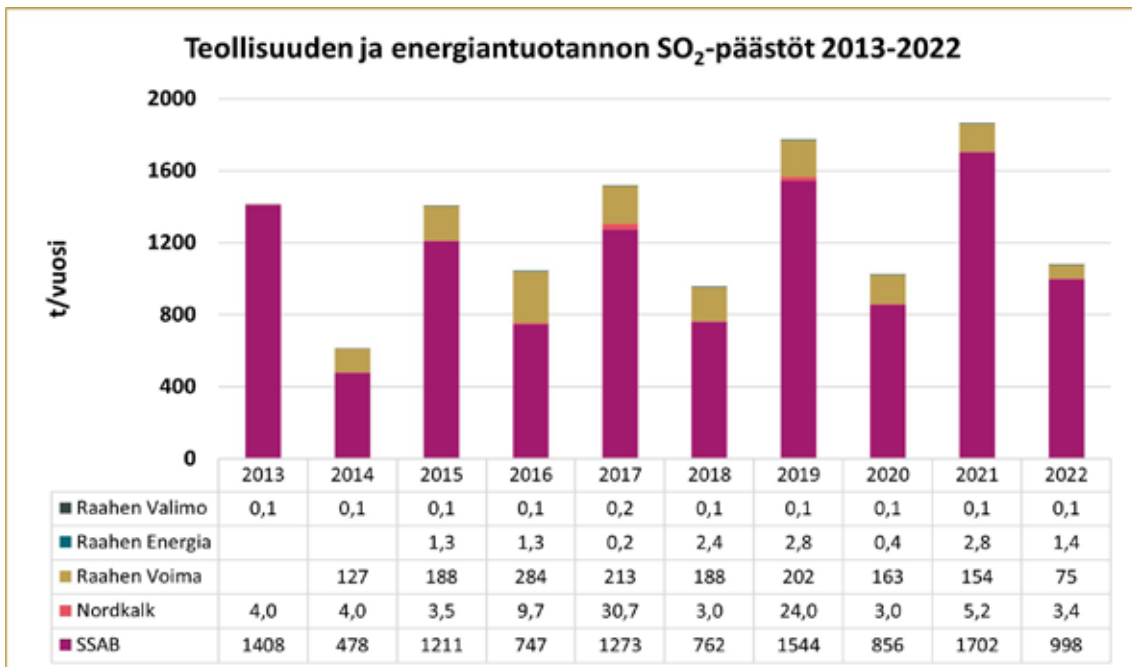
SSAB:n rikkidioksidipäästöjen vuosittainen vaihtelu johtuu säännöllisesti kahden vuoden välein tehtävistä rikinpoistolaitoksen huolto- töistä, jolloin rikkidioksidipäästöt ovat edellistä vuotta suuremmat.





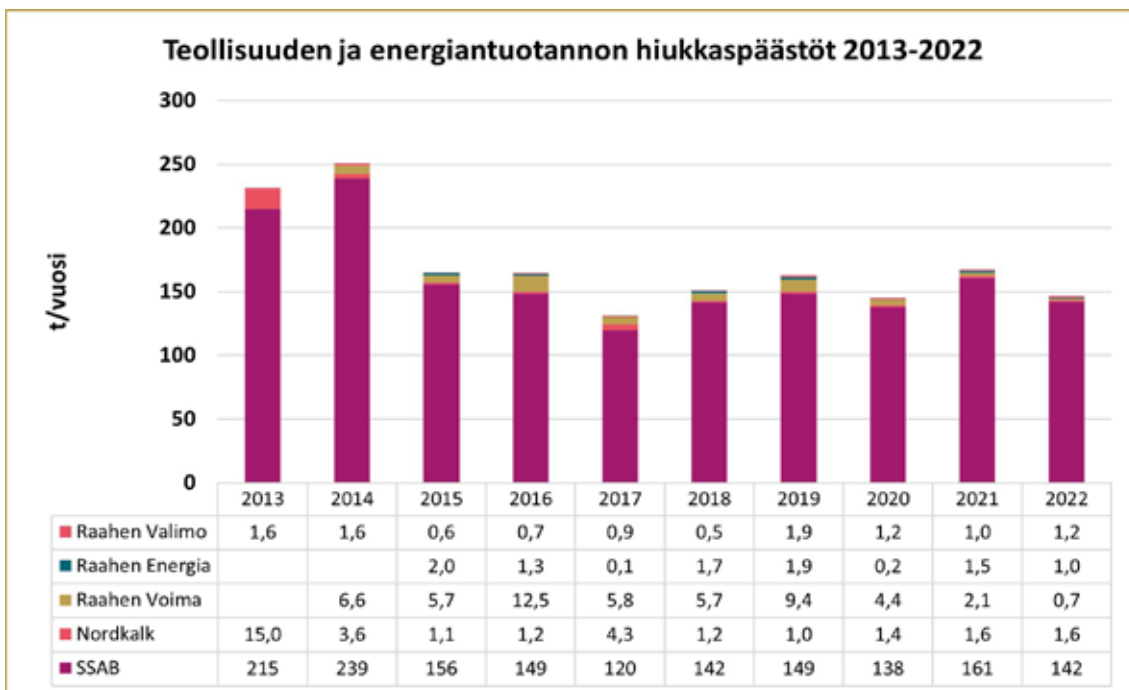
Kaavio 1: Teollisuuden ja energiantuotannon tyyppien oksidipäästöt 2013–2022.

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



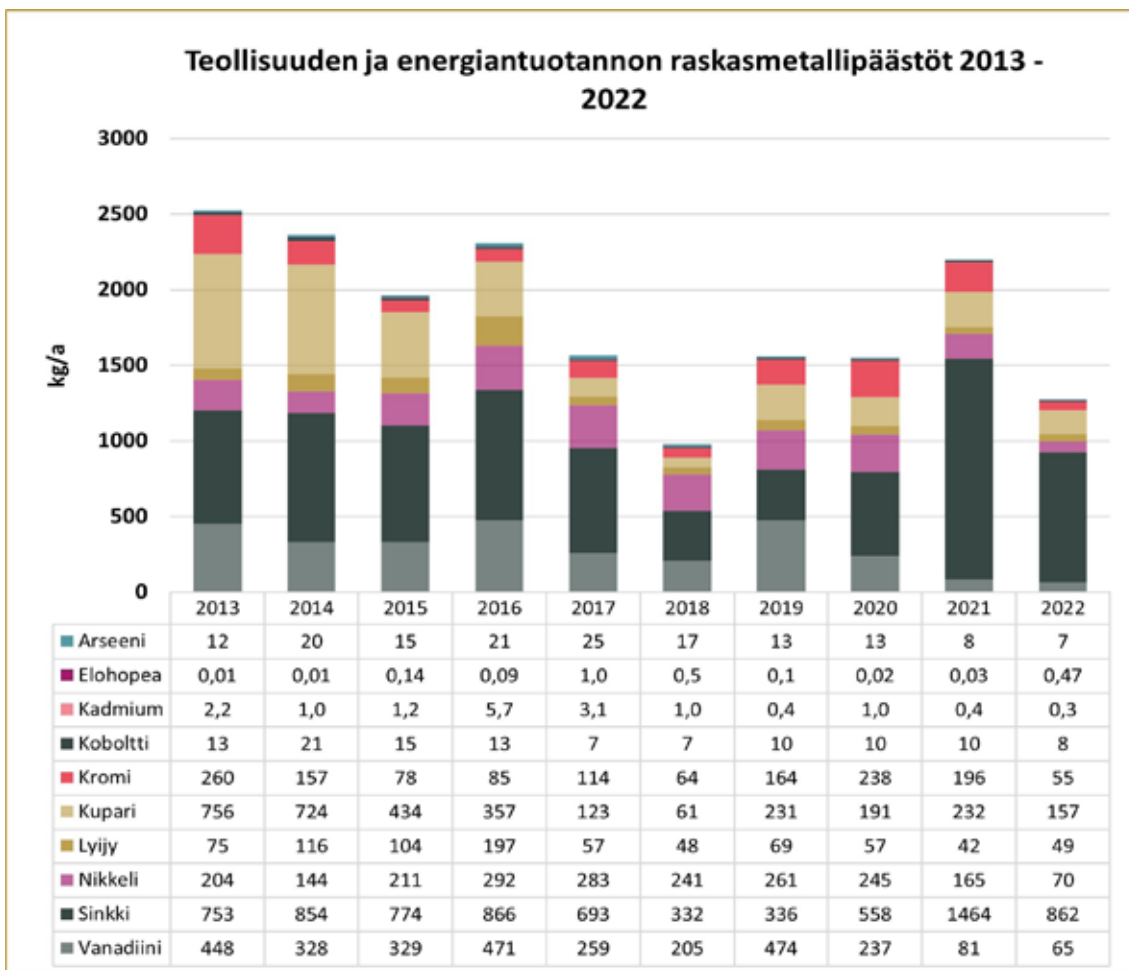
Kaavio 2: Teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt 2013–2022.

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



Kaavio 3: Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2013–2022.

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



Kaavio 4: Teollisuuden ja energiantuotannon yhteenlasketut raskasmetallipäästöt 2013–2022.

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 lyijytömien polttoaineiden käyttöönotolla.

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

pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmästä LIPASTO:sta, joka kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliiikenteen sekä työkonet. LIPASTO:ssa 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. Liikenteen päästötiedot viideltä vuodelta on koottu taulukkoon 7.

Taulukko 7: Tieliikenteen päästöt Raahessa 2017–2021 (Lähde: VTT, LIISA-järjestelmä).

Tieliikenteen päästö t/v	2017	2018	2019	2020	2021
Hiilimonoksidi, CO	179,5	160,1	138,5	123,3	108,5
Hiilivedyt, HC	21,5	18,6	15,9	13,8	11,9
Typen oksidit, NO _x	144,3	136,4	118,4	106,1	95,9
Hiukkaset, PM	3,9	3,5	2,9	2,6	2,3
Metaani, CH ₄	2,2	2,1	1,5	1,4	1,3
Typpioksiduuli, N ₂ O	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Rikkidioksidi, SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hiilidioksidi, CO ₂	46 809	49 029	45 966	45 081	45 090
Suorite (Miljoonaa km)	221	224	217	214	213

6.2.2 Laivaliikenne

Vuosittaiset laivaliikenteen päästöt saadaan satamakohtaisesti LIPASTO:n 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.

Vuoden 2022 päästötiedot ovat Raahen Sataman GISGRO Green -järjestelmästä. Seuranassa ovat mukana kaikki Raahen Sataman alueen toiminnot: Lapaluodon satama, SSAB:n satama ja syväsatama.



Taulukko 8: Laivaliikenteen päästöt Raahen satamassa 2015–2022. Vuoden 2021 tiedot puuttuvat MEERI-järjestelmästä. Vuoden 2022 tiedot ovat Raahen Sataman GISGRO Green -järjestelmästä. (Lähteet: VTT, MEERI-järjestelmä; GISGRO Green).

Laivaliikenteen päästöt t/v	2017	2018	2019	2020	2022
Hiilivedyt, HC	3,2	2,9	2,7	2,8	2,4
Typen oksidit, NO _x	85,7	79,2	74,0	75,7	72,7
Hiukkaset, PM	1,8	1,7	1,5	1,6	0,4
Metaani, CH ₄	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Typpioksiduuli, N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidi, SO ₂	1,4	1,3	1,2	1,2	1,9
Hiilidioksidi, CO ₂	4 673	4 329	4 045	4 141	3 359
Satamakäynnit (kpl)	557	601	530	530	638

6.3 Asutus ja muut hajalähteet

Asutuksen aiheuttamat vaikutukset ilmanlaatuun näkyvät 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 heikkomat ja vaikutukset jäävät pääosin päästölähteen lähiympäristöön.

Kovilla tuulilla ilmansaasteet voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän, jolloin esimerkiksi maastopaloista syntyvä savu voi kulkeutua laajallekin alueelle.

7 ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksi yhdistää sen hetkiset mittaustulokset yhdeksi indeksiarvoksi, joita kuvaamaan on luotu viisiportainen sanallinen ja värillinen asteikko. Vuonna 2022 Keskustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvä 90,9 %, ja Lapaluodossa 84,5 % vuodesta. Molemmilla asemilla ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä yli 97 % vuodesta. Hetkellisesti esim. keväisin katu- ja puoleikaan, ilmanlaadulla voi olla terveysvaikutuksia herkemmillä väestöryhmille. Vuoden 2022 ilmanlaatuindeksit kuukausitasolla löytyvät kappaleesta 7.1.

Ilmanlaatuindeksi on yksinkertaistettu malli kuvaamaan laadullisesti sen hetkistä ilmanlaatua viisiportaisella väriasteikolla ja laatusanoilla ”hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono”. Indeksillä on siis yksinkertaistettu vertailuluku, jolla mitattuja ilmanlaadun tuntipitoisuuksia suhteutetaan ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksiä päivitetään tunnin välein, ja sitä voi seurata reaaliajassa kaupungin ja Ilmatieteen laitoksen nettisivuilla.

Ilmanlaatuindeksiä määritettäessä otetaan huomioon ilmansaasteet, joita kullakin ilmanlaatuasemalla mitataan. Näitä ovat rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂), hengitettävät hiukkaset (PM₁₀), pienhiukkaset (PM_{2,5}), otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) ja haisevat rikkijohdisteet (TRS). Raahessa näistä mitataan vain kolme ensimmäistä. Näin ollen eri kaupunkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri epäpuhtaudet.

Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi, joista korkeimman arvo määrää ilmanlaatuindeksin arvon.

Alla olevaan taulukkoon 9 on kuvattu kutakin ilmanlaatuindeksiä kuvaavat mahdolliset vaikutukset, sekä Raahessa mitattavien yhdisteiden indeksiarvot, eli ali-indeksit.

Taulukko 9: Ilmanlaatuindeksi, vaikutukset terveyteen ja luontoon sekä Raahessa mitattavien ilmansaasteiden indeksiarvot.

Indeksi-luokitus	Vaikutukset terveyteen	Vaikutukset luontoon	Indeksiarvo SO ₂ (µg/m ³)	Indeksiarvo NO ₂ (µg/m ³)	Indeksiarvo PM ₁₀ (µg/m ³)
Hyvä	Ei todettuja	Lieviä vaikutuksia	< 20	< 40	< 20
Tyydyttävä	Hyvin epätodennäköisiä	Lieviä vaikutuksia	20 - 80	40 - 70	20 - 50
Välttävä	Epätodennäköisiä	Selviä vaikutuksia	80 - 250	70 - 150	50 - 100
Huono	Mahdollisia herkillä ihmisillä	Selviä vaikutuksia	250 - 350	150 - 200	100 - 200
Erittäin huono	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä	Selviä vaikutuksia	> 350	>200	>200

7.1 Ilmanlaatuindeksi vuonna 2022

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 kaavioihin ”puuttuu”.

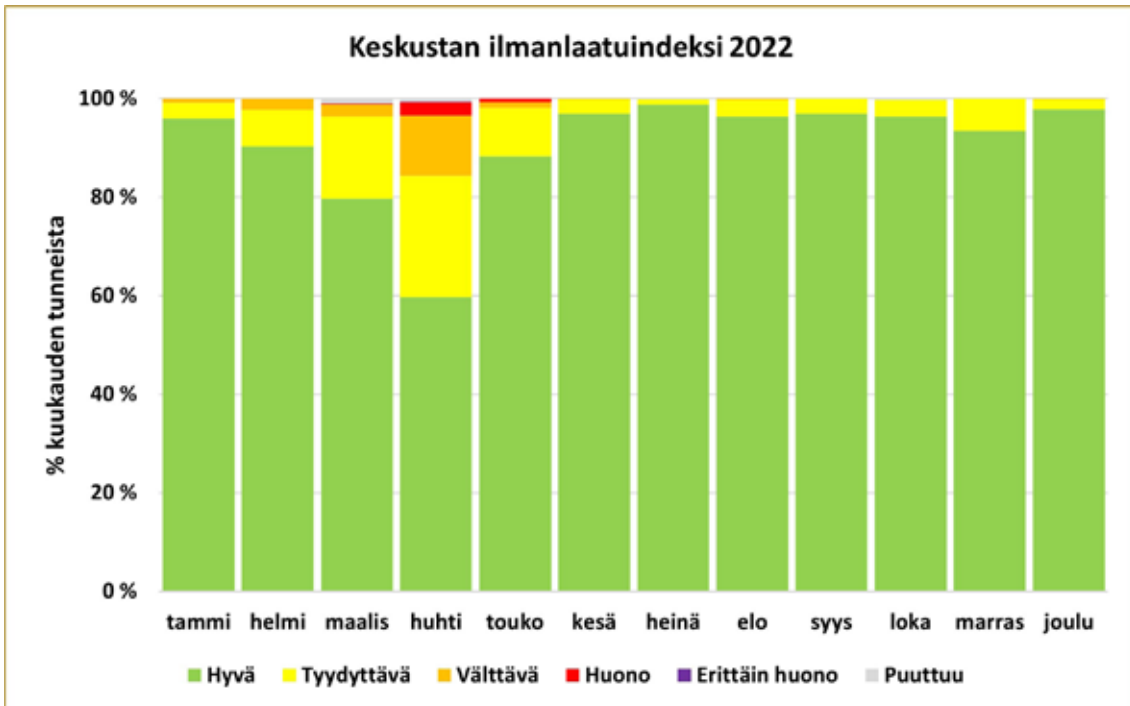
Keskustan asemalla (kaavio 5) ilmanlaatu oli hyvä 90,9 %, tyydyttävä 7,0 % ja välttävä 1,6 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 27 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,3 %) ja yhden tunnin erittäin huono (0,01 %). Erittäin huono tunti oli 20.4. klo 21-22. Huhtikuussa kyseisenä päivänä oli Keskustassa vuorokausiarvon PM₁₀ ylitys. Ylityksiä oli yhteensä kuutena päivänä: 12.-13.4., 16.4. ja 19.-21.4. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 14 tunnilta (koko vuoden tunneista 0,2 %). Verrattuna edellisvuoteen ilmanlaatuindeksi oli Keskustassa lähes samaa tasoa.

Katupölyaika näkyy keskustassa erityisesti huhtikuun aikana, jolloin ilmanlaatuindeksis-

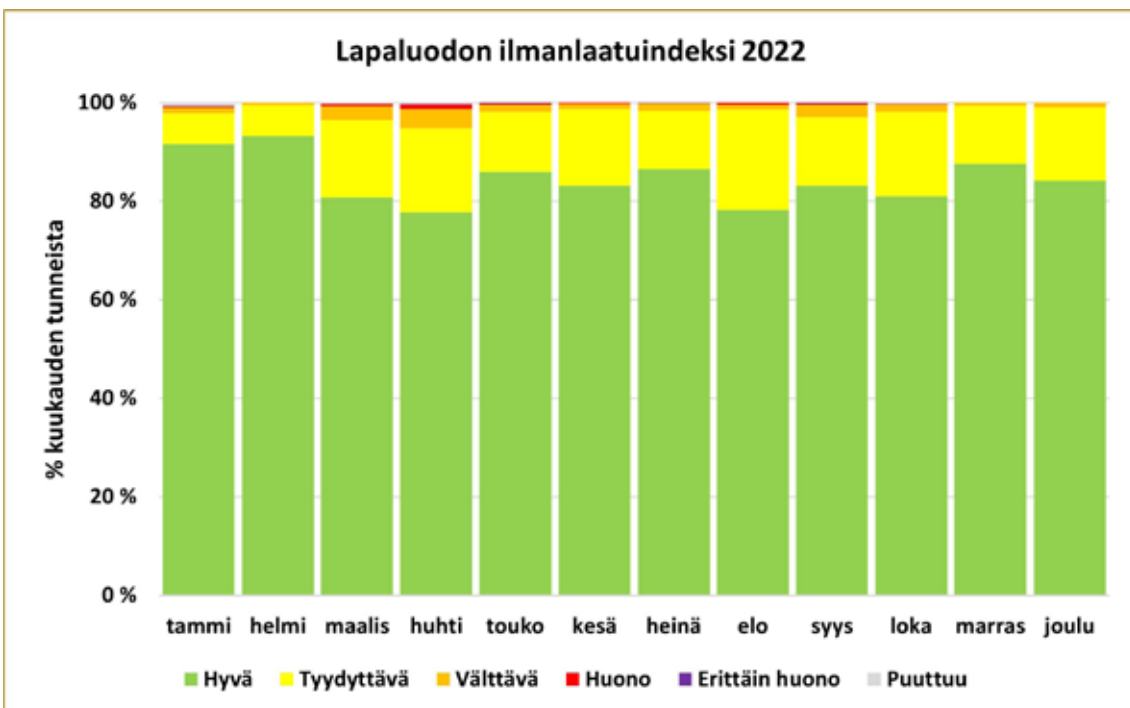
sä näkyy enemmän välttäväksi ja huonoksi luokiteltua ilmanlaatua.

Lapaluodon asemalla (kaavio 6) ilmanlaatu oli hyvä 84,5 %, tyydyttävä 13,6 % ja välttävä 1,6 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävistä. Vuoden tunneista 21 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,24 %) ja erittäin huono neljä tuntia (0,05 %). Erittäin huonot tunnit olivat 24.4. klo 23-24, 2.5. klo 10-11, 2.7. klo 16-17 sekä 21.9. klo 5-6. Kaikissa tapauksissa hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus oli koholla, mutta vuonna 2022 Lapaluodon asemalla ei tapahtunut yhtään PM₁₀ vuorokausiarvon ylitystä. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 11 tuntia (koko vuoden tunneista 0,12 %). Verrattuna vuoteen 2021 ilmanlaatuindeksi oli hieman huonompi Lapaluodossa.





Kaavio 5: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Keskustassa.
 "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.



Kaavio 6: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Lapaluodossa.
 "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.

8 TYPEN OKSIDIT (NO_x)

Typen oksideja mitataan jatkuvatoimisesti Keskustan asemalla, sillä typen oksideja muodostuu merkittävimmin liikenteen ja energiantuotannon vaikutuksesta. Vuoden 2022 pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Suurin tuntikeskiarvo oli 99,2 µg/m³. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, mittaustuloksia on käytettävissä 99,4 % vuoden tunneista. Vuoden 2022 tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 8.2.

Typen oksideilla (NO_x) tarkoitetaan typpimonoksidia (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 suurina pitoisuuksina voi 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 hengitysilmään.

Typen oksideja syntyy polttomoottoreissa ilman typen sitoutuessa happeen. Erityisen voimakasta tämä reaktio on kaupunkiolosuhteissa kiihdytystilanteissa ja ajettaessa maanteillä suurilla nopeuksilla. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääosin typpimonoksidia (NO), joka ilmassa hapettuu typpidioksidiksi (NO₂), joka on typen oksideista haitallisimman. Typpidioksidipitoisuudet ovat vuosien aikana laskeneet mm. katalysaattoreilla varustettujen autojen korvattessa vanhempia autoja, mutta toisaalta liikennemäärän kasvu nostaa pitoisuuksia.

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

8.1 Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä

Typen oksidipitoisuudet ilmoitetaan typpidioksidina (NO₂), jotka lasketaan mitattavista typpimonoksidi- (NO) ja typen oksidipitoisuuksista (NO_x). Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti typpidioksidille on määritetty raja-arvot pitoisuuksille ulkoilmassa (taulukot 10 ja 12), 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 (taulukko 11).



Maailman terveysjärjestö WHO julkaisi 2021 uudistetut ilmanlaadun ohjearvonsa. Suhteellisesti suurin alenema (-75 %) koski typpidioksidin vuosikeskiarvon ohjearvoa, joka putosi 40 µg/m³:stä tasolle 10 µg/m³.

Typen oksideille (NO_x) on metsä- ja maaseutualueilla määritelty 15.8.2001 alkaen kriittinen taso (taulukko 13) kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi.

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

NO ₂ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	40 µg/m ³	65 % (26 µg/m ³)	80 % (32 µg/m ³)	10 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 11: Typpidioksidin vuorokausikeskiarvon ohjearvo (VNa 79/2017) ja WHO:n ohjearvo.

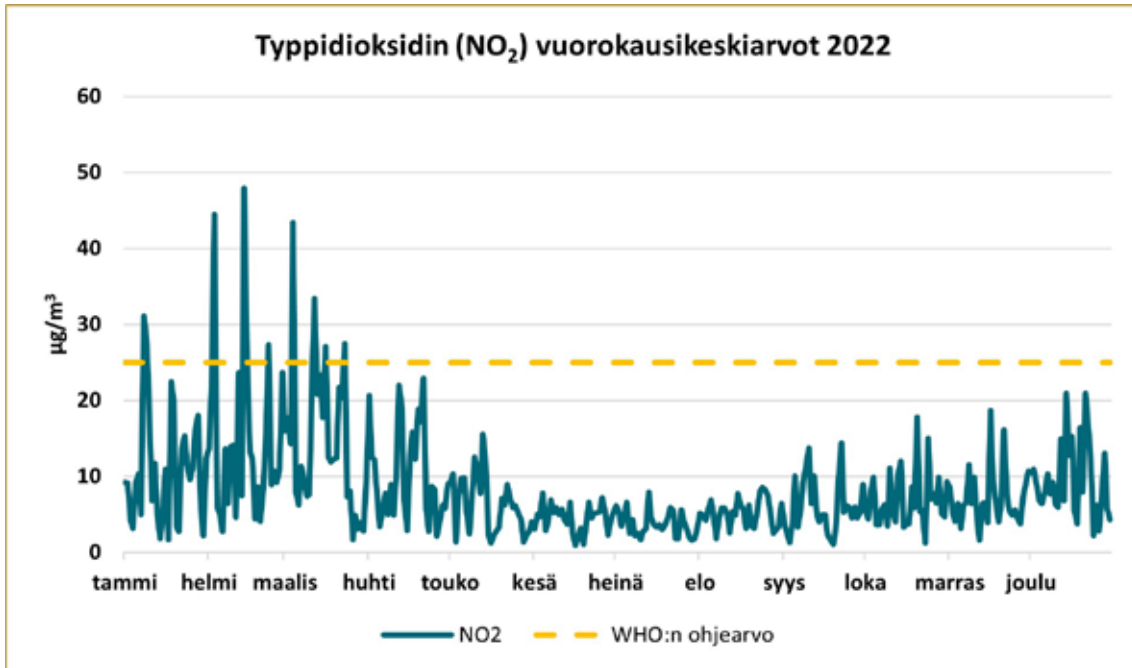
NO ₂ (1 vrk)	Ohjearvo ^{1,2)}	WHO:n ohjearvo ⁴⁾
Numeerinen arvo	³⁾ 70 µg/m ³	25 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä		3
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa 3) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo 4) Vuorokausiarvojen osalta WHO suositaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa).		

Taulukko 12: Typpidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo, ohjearvot sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

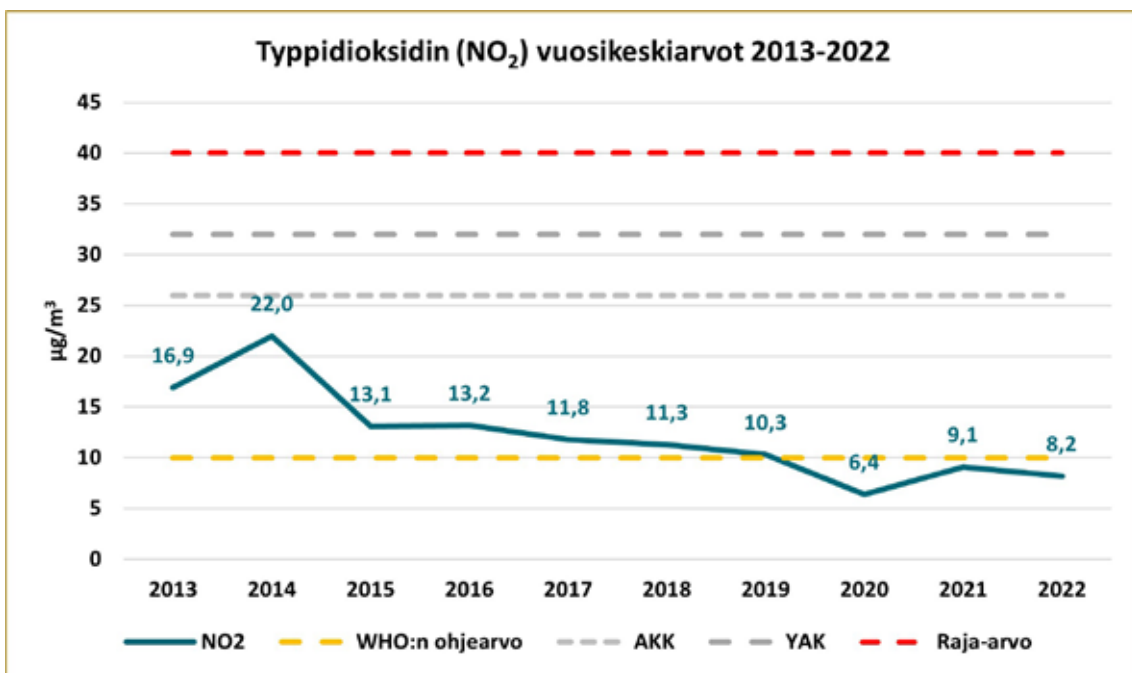
NO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ³⁾	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	200 µg/m ³	50 % (100 µg/m ³)	70 % (140 µg/m ³)	⁴⁾ 150 µg/m ³	200 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä	18 kpl	18 kpl	18 kpl		
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja 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					

Taulukko 13: Typen oksidien vuosikeskiarvon kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueilla (VNa 79/2017).

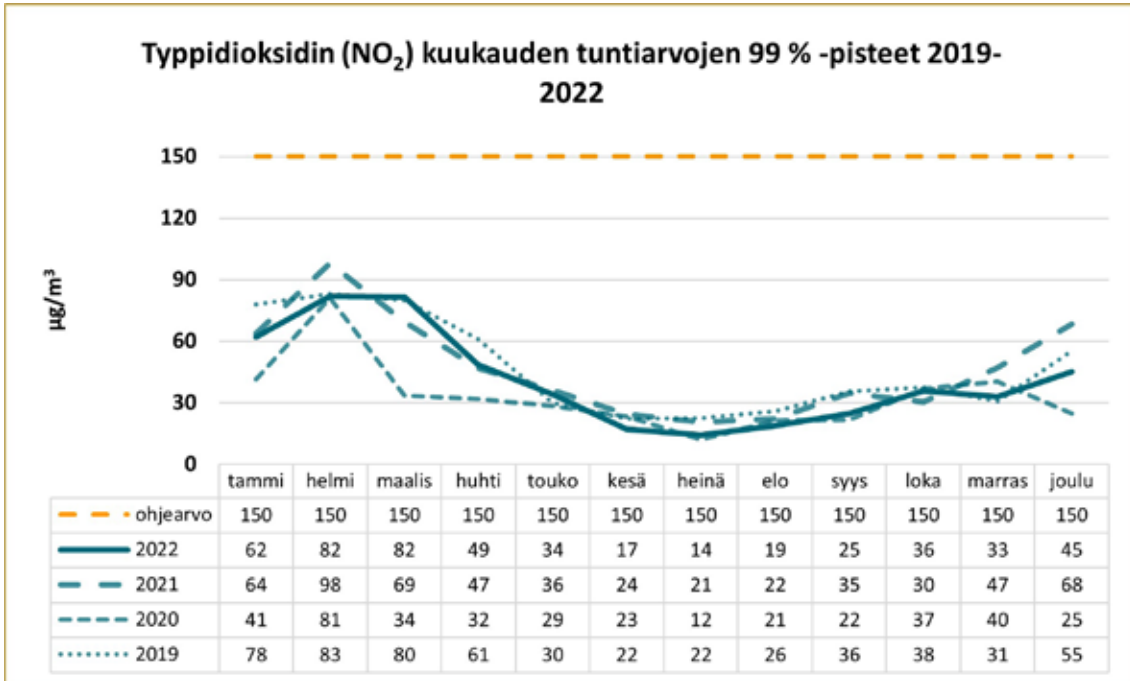
NO _x (1 v)	Kriittinen taso ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	30 µg/m ³	65 % (19,5 µg/m ³)	80 % (24 µg/m ³)
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293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



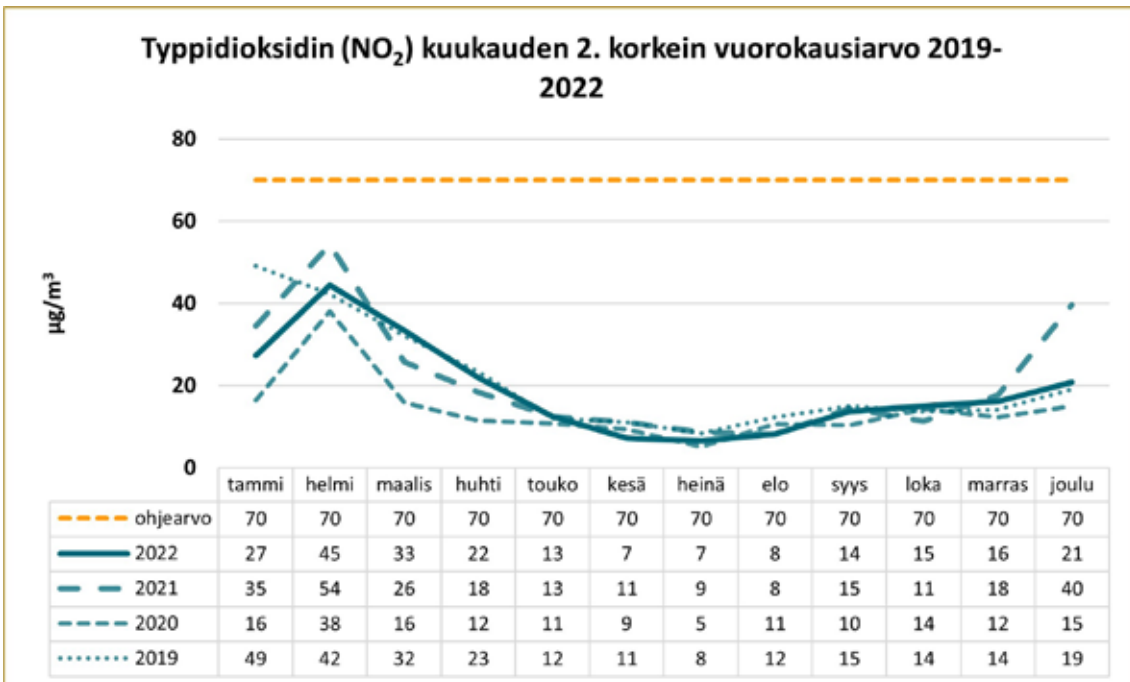
Kaavio 8: Typpidioksidin (NO₂) vuorokausikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös WHO:n ohjearvo (25 µg/m³), joka saa ylittyä kolme kertaa



Kaavio 9: Typpidioksidin (NO₂) vuosikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös vuosikeskiarvon raja-arvo (40 µg/m³), alempi arviointikynnys (26 µg/m³), ylempi arviointikynnys (32 µg/m³) ja WHO:n ohjearvo (10 µg/m³).



Kaavio 10: Typpidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2019-2022 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (150 µg/m³).

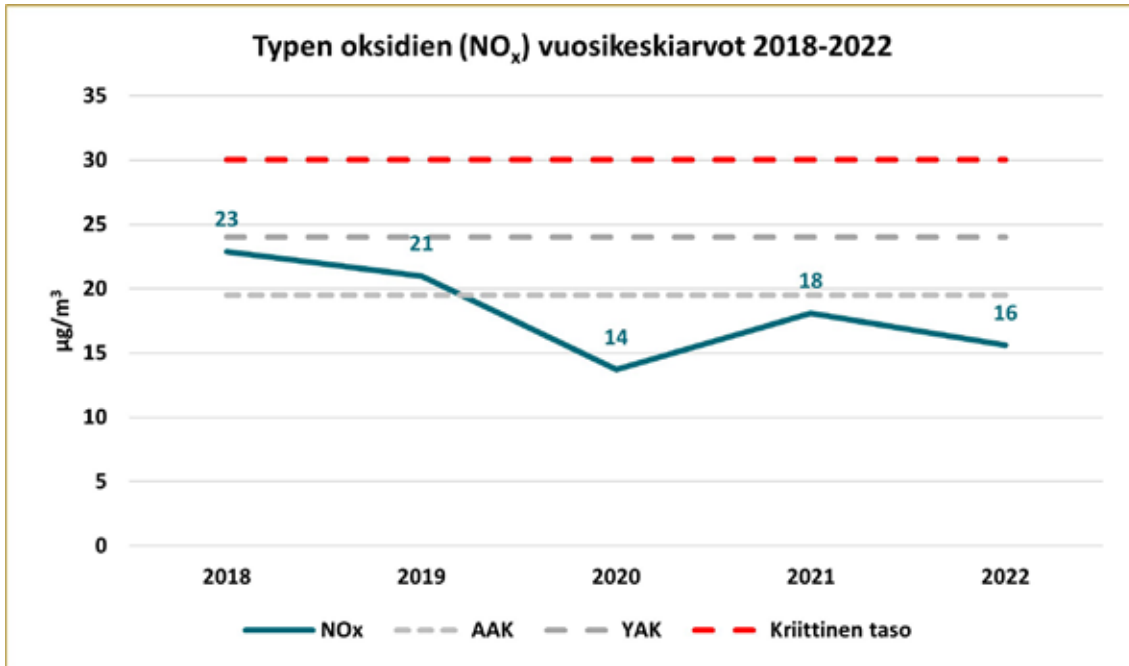


Kaavio 11: Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2019-2022 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (70 µg/m³).

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

Typen oksideille on määritelty metsä- ja maaseutualueilla kasvillisuuden suojelemiseksi vuosikeskiarvon kriittinen taso 30 µg/m³. Kaa-

viossa 12 on esitetty typen oksidien vuosikeskiarvot viideltä vuodelta. Vuonna 2022 keskiarvo oli 15,6 µg/m³. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia. Typen oksidipitoisuudet ovat laskeneet viime vuosina lähes samassa suhteessa typpidioksidipitoisuuksien kanssa.



Kaavio 12: Typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös kriittinen taso (30 µg/m³), alempi arviointikynnys (19,5 µg/m³) ja ylempi arviointikynnys (24 µg/m³).

9 RIKKIDIOKSIDI (SO₂)

Rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon asemalla, koska rikkidioksidia muodostuu merkittävimmin teollisuuden vaikutuksesta. Vuonna 2022 rikkidioksidilla ei tapahtunut yhtään raja-arvon ylitystä. Koko vuoden mittaustuloksia on käytettävissä 98,3 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimukset ajallisesta kattavuudesta vuosikeskiarvon osalta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 9.2.

Rikkidioksidi (SO₂) on vesiliukoinen, väritön ja suurissa pitoisuuksissa kitkerän hajuinen, ärsyttävä kaasu. Rikkidioksidi 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.

9.1 Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti rikkidioksidille on määritetty seuraavat raja-arvot tunti- ja vuorokausipitoisuuksille sekä vuorokausiarvon ylempi ja alempi arviointikynnys (taulukot 14 ja 15), 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on korvattu tunti- ja vuorokausikeskiarvojen raja-arvoilla. Metsä- ja maaseutualueille on kuitenkin kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi määritelty vuosikeskiarvolle ns. kriittisen tason raja-arvo $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (taulukko 16), joka on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia.

WHO:n uudistuneissa ohjearvoissa rikkidioksidin vuorokausiarvoa nostettiin $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:stä tasolle $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, koska tutkimuksissa on saatu poissulkevaa näyttöä terveysvaikutuksista alhaisilla tasoilla. Lisäksi WHO on määritellyt ohjearvon $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvolle.

Taulukko 14: Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo ja ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	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 15: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys, ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvot.

SO ₂ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}	WHO:n ohjearvo ⁵⁾
Numeerinen arvo	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	40 % ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 % ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	3 kpl	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 5) 10 minuutin WHO:n ohjearvo on $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$					

Taulukko 16: Rikkidioksidin vuosikeskiarvon ja talvikauden (1.10.–31.3.) kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueille (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	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	40 % ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 % ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
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			

9.2 Rikkidioksidimittaukset vuonna 2022

Raahessa rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon mittausasemalla UV-fluoresenssiin perustuvalla Thermo Electron model 43i –mittauslaitteella. Vuonna 2022 mittauksissa oli muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä mittauskatkoja, jotka johtuivat huolloista ja kalibroinneista. Lisäksi pidemmän katkoksen mittauksiin aiheutti pumpun hajoaminen toukokuun lopulla. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 98,3 %.

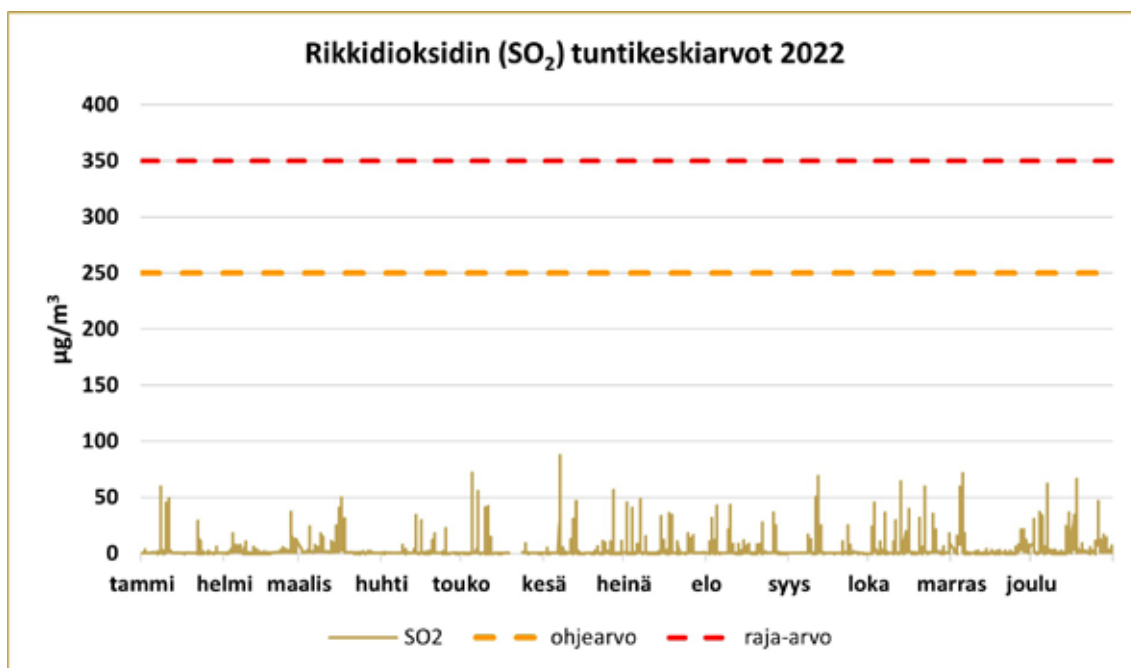
Kaavioissa 13–15 on rikkidioksidin tunti- ja vuorokausikeskiarvot viime vuodelta, sekä vuosikeskiarvot vuosilta 2013–2022. Vuonna 2022 rikkidioksidin korkein mitattu tuntiarvo oli 87,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoden aikana ei mitattu yhtään ilmanlaatuasetuksen mukaista tuntiohjearvon tai tuntiraja-arvon ylitystä. Vuorokausikeskiarvon raja-arvon ylityksiä ei myöskään ollut yhtään vuoden aikana.

Vuonna 2022 rikkidioksidin vuosikeskiarvo on samaa tasoa kuin aiempina vuosina. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) on huomattavasti suurempi, kuin mitattu 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

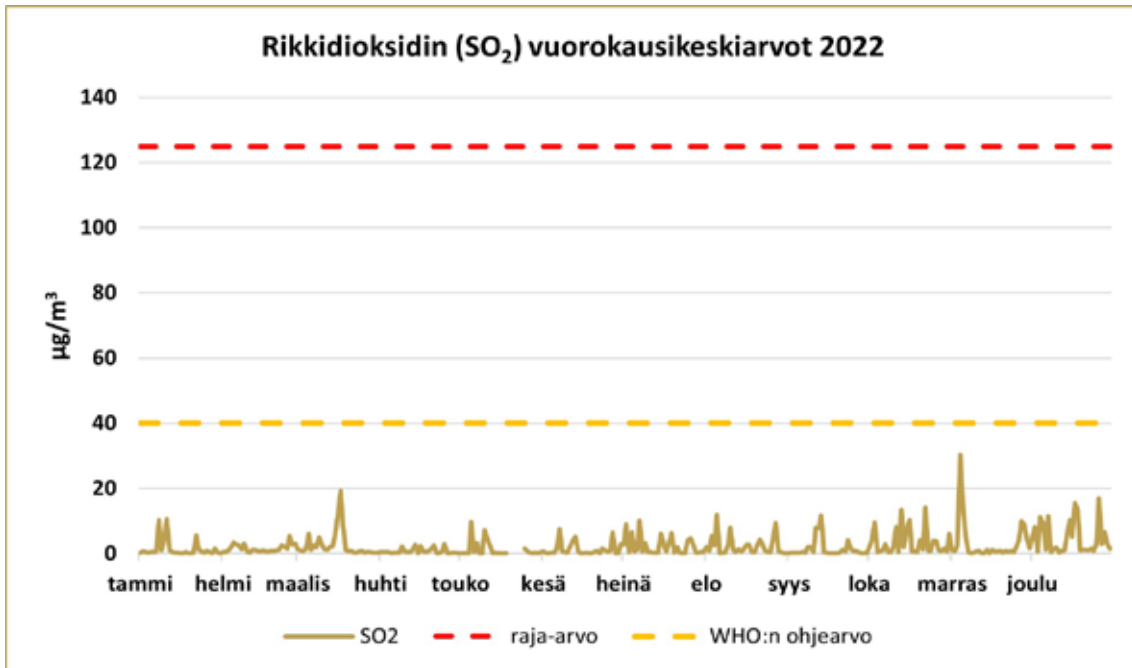
Kaaviossa 16 on esitetty rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvot vuonna 2022. Kaaviossa nähdään, että suurin 10 minuutin keskiarvo on 223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä on reilusti alle WHO:n asettaman ohjearvon (500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kaavioissa 17 ja 18 on esitetty rikkidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain neljältä vuodelta. Tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2022 välillä 12 – 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2022 välillä 3–16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten myöskään tuntiohjearvo (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

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



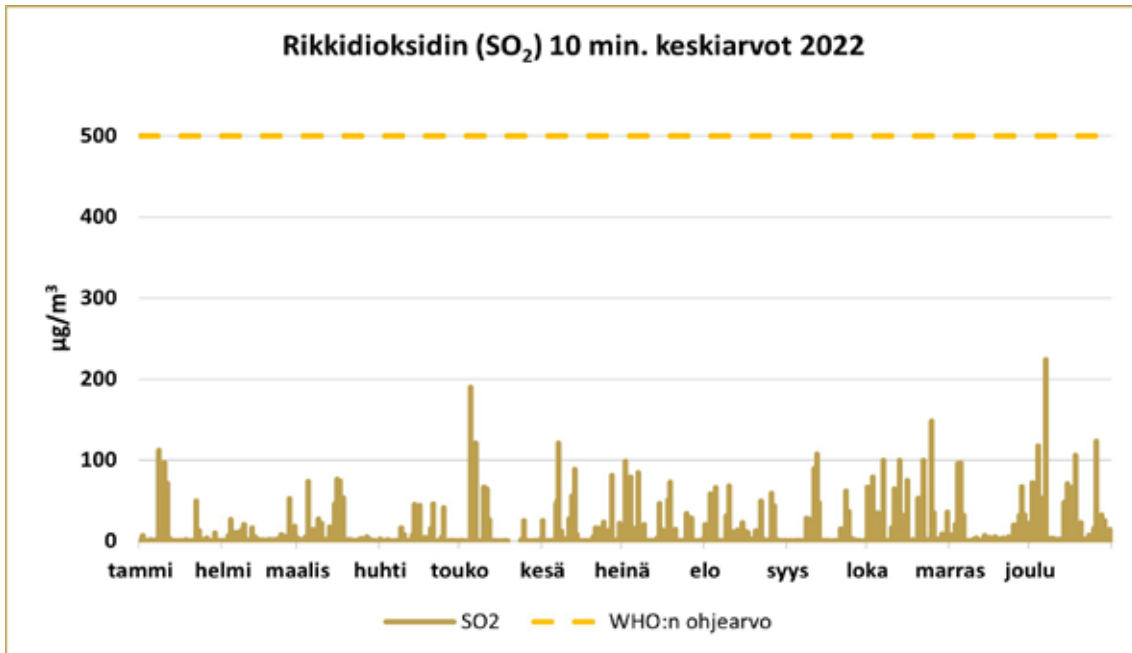
Kaavio 13: Rikkidioksidin tuntikeskiarvot Lapaluodossa sekä ilmanlaatuasetuksen mukaiset tuntikeskiarvon ohjearvo (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja raja-arvo (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



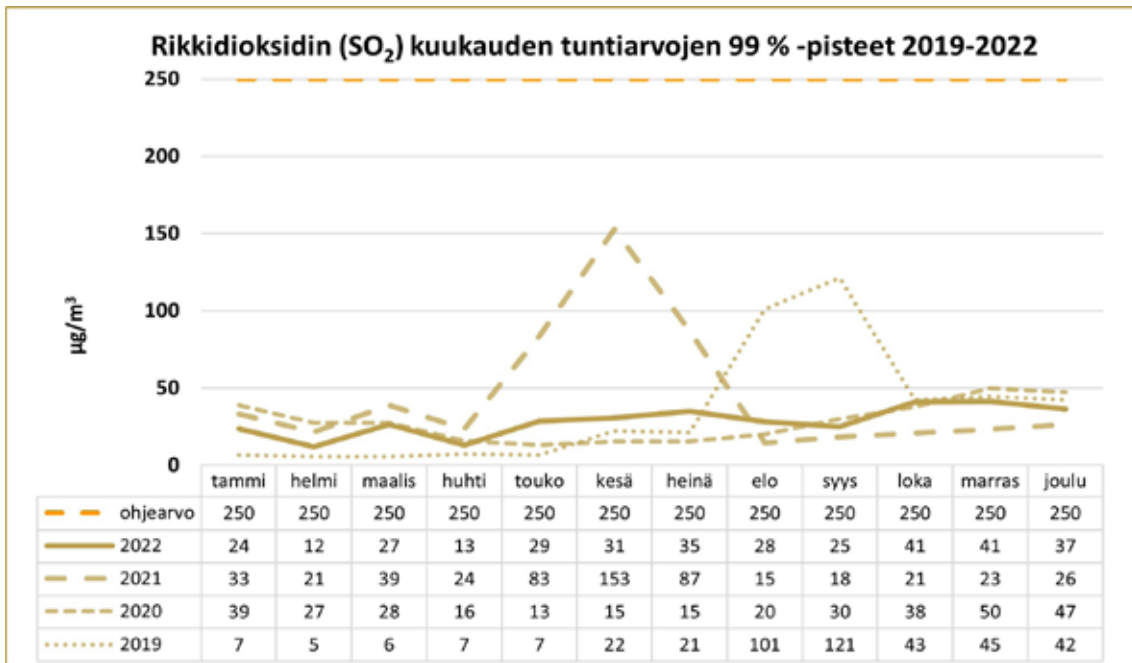
Kaavio 14: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvot Lapaluodossa sekä vuorokausikeskiarvon raja-arvo (125 µg/m³) ja WHO:n ohjearvo (40 µg/m³).



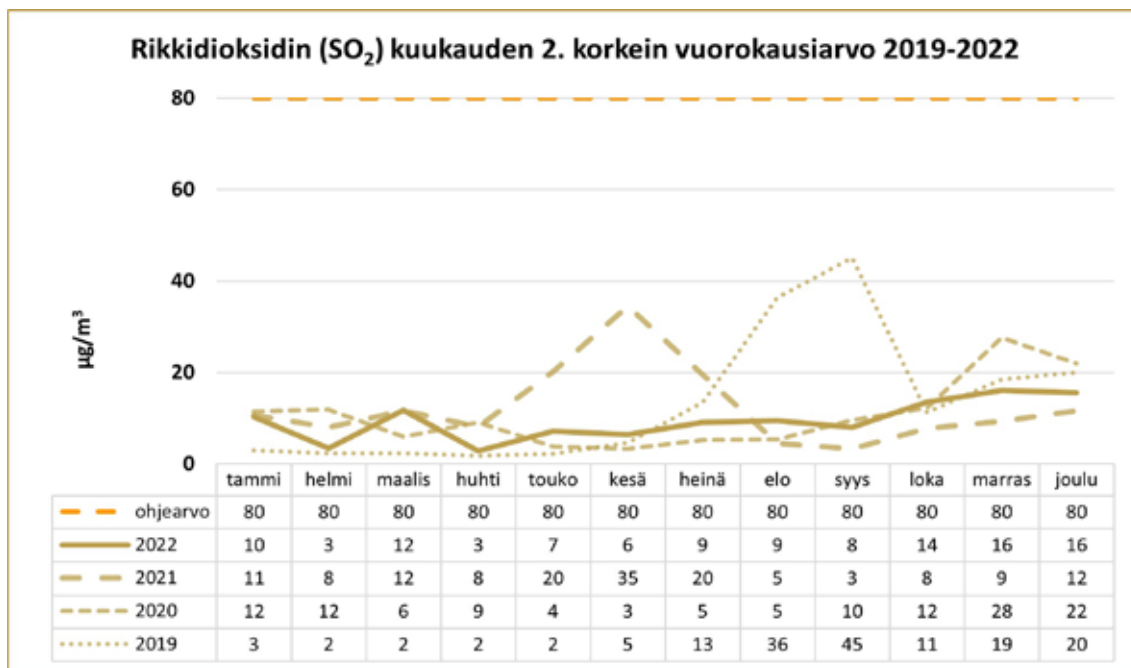
Kaavio 15: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Lapaluodossa 2013–2022. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³) on huomattavasti suurempi, kuin aikajakson suurin arvo.



Kaavio 16: Rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvot ja WHO:n ohjearvo (500 µg/m³).



Kaavio 17: Rikkidioksidin tuntiarvoon verrannolliset pitoisuudet 2019-2022 kuukausittain Lapaluodossa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (250 µg/m³).



Kaavio 18: Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain 2019-2022 Lapaluodossa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (80 µg/m³).

10 HIUKKASET (PM₁₀)

Hiukkasia mitataan jatkuvatoimisesti sekä Keskustan että Lapaluodon asemilla. Hiukkasia muodostuu teollisuuden ja liikenteen prosesseissa sekä luonnonilmiöiden seurauksena. Vuoden aikana sattui yhteensä kuusi vuorokausiraja-arvon ylitystä, jotka kaikki tapahtuivat Keskustassa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 35 kertaa. Ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhtikuussa, jolloin katupölyn määrä on suurimmillaan. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla. Koko vuoden mittaustietoja on käytettävissä Keskustassa 99,5 % ja Lapaluodossa 99,5 % vuoden tunteista, mitkä täyttävät lainsäädännön vaatimuksen ajallisesta kattavuudesta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 10.2.

Raahessa mitataan ilmanlaadun mittauksissa hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀), jotka ovat halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia. 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.

Luonnosta peräisin olevat hiukkaset voivat olla esimerkiksi siitepölyä tai merisuolaa. Ilmanlaadussa mitataan hengitettävien hiuk-

kasten kokonaismäärän lisäksi niiden kemiallista koostumusta, joista analysoidaan niihin sitoutuneita raskasmetalleja ja hiilivetyjä.

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



10.1 Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä

Hengitettävien hiukkasten raja-arvot (taulukot 17–18) ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Tätä ennen on ollut käytössä vuosikeskiarvon tavoiteraja-arvo $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoteen 1995 saakka ja vuosina 1996–1999 ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

WHO:n uudistuneissa ohjearvoissa hengitettävien hiukkasten vuosiohjearvo putosi aiemmasta $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:sta tasolle $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Uusi vuorokausiohjearvo on $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jossa sallittujen ylitysten määrä on ainoastaan kolme kappaletta vuodessa.

Taulukko 17: Hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo, alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

PM ₁₀ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	75 % ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	35 kpl	35 kpl	35 kpl		3 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) $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm

Taulukko 18: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo, alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

PM ₁₀ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

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

2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

10.2 Hengitettävät hiukkaset 2022

Raahessa hiukkasia mitataan molemmilla mittausasemilla. Jatkuvatoimisesti määritetään hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kokonaispitoisuutta värähtelevään mikrovaakaan perustuvalla Teomin mittalaitteella. Keskustassa laitteen malli on 1400A ja Lapaluodossa 1400 AB. Näiden lisäksi molemmilla mittausasemilla on Leckel SEQ 47/50 -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.

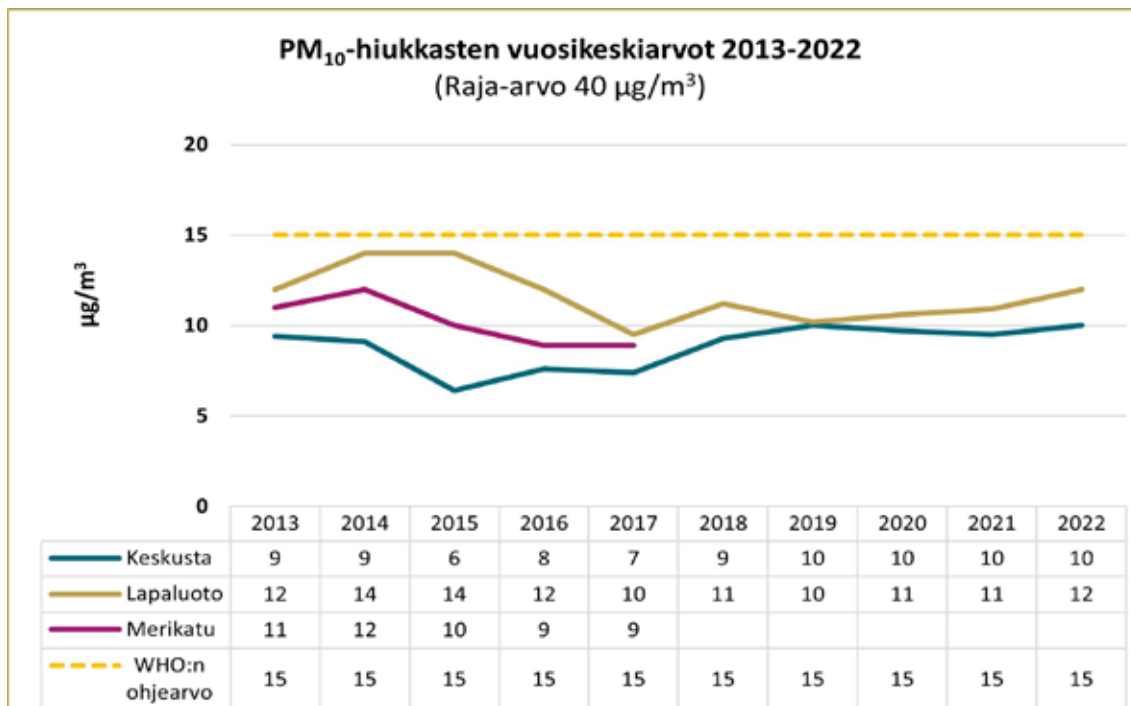
Vuonna 2022 hiukkasmittauksissa sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä katkoksia. Koko vuoden tuntidataa on käytävissä molemmilta asemilta 99,5 %. Ajalliset kattavuudet täyttävät kummallakin asemalla lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %. Kuukausitasolla dataa on riittävästi jokaisena kuukautena kummallakin asemalla. Katkoksia aiheuttivat huollot ja kalibroinnit.

Lapaluodossa havaittiin joulukuun kalibroinnin yhteydessä irronnut ohivirtausletku, jolloin ohivirtausilma ei ole kulkenut esierotimen läpi. Ohivirtausletkun irtoamisajankohta

ei ole tiedossa. Tämä on voinut vaikuttaa Lapaluodon loppuvuoden tuloksiin.

Kaaviossa 19 on koottu vuosikeskiarvopitoisuudet viimeisen 10 vuoden ajalta numeroarvoineen. Kaavioon perusteella nähdään, että kymmenessä vuodessa hiukkaspitoisuudet ovat pysyneet saman tasoisina ilman isoja vaihteluja. Koko vuoden keskiarvot Keskustassa 9,6 µg/m³ ja Lapaluodossa 11,7 µg/m³ ovat molemmat selvästi alle vuosikeskiarvon raja-arvon 40 µg/m³. Myös WHO:n uudistunut ohjearvo on alitettu jokaisena vuotena viimeisen kymmenen vuoden aikana.

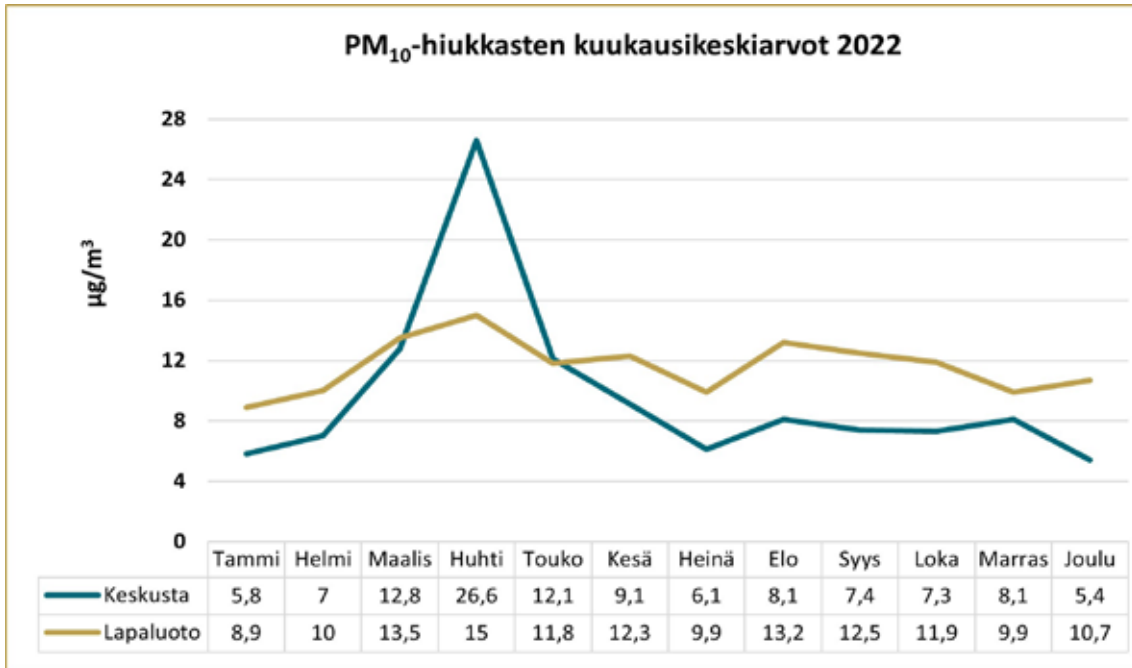
Kaaviossa 20 on vuoden 2022 hiukkaspitoisuuksien kuukausikeskiarvot, ja kaaviossa 21 on hiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvot. Hengitettäville hiukkasille on määritelty vuorokausikohtainen raja-arvon numeroarvo 50 µg/m³, joka ylittyi vuonna 2022 Raahessa kuusi kertaa. Kaikki ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhtikuussa. Numeroarvon sallittujen ylitysten määrä vuodessa on 35 ennen kuin raja-arvo ylittyy. WHO:n ohjearvo kuitenkin ylittyi Keskustassa, koska siinä sallittujen numeroarvojen ylitysten määrä on kolme. Lapaluodossa ei tullut yhtään WHO:n ohjearvon vuorokausikohtaista ylitystä.



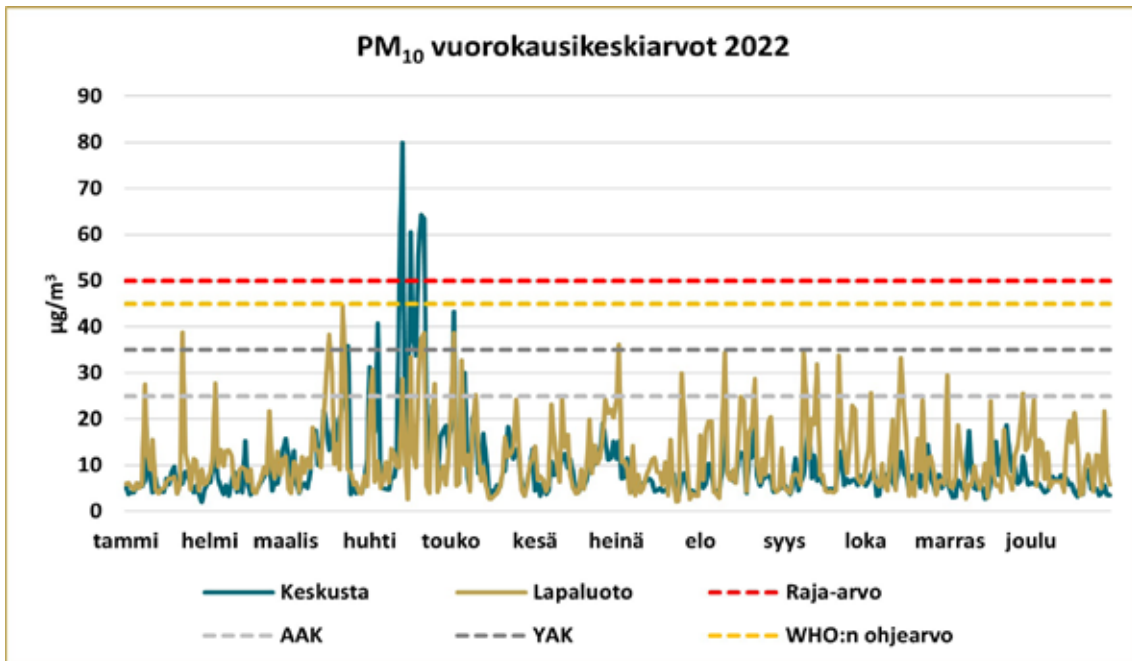
Kaavio 19: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 2013–2022. Kaavioon on merkitty lisäksi WHO:n ohjearvo. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³. Merikadun mittaukset lopetettiin vuoden 2017 lopussa.

Raportissa tulokset on esitetty talvi- ja kesä-ajassa. Ilmatieteenlaitos seuraa ja raportoi kaikki tulokset talviajassa. Vuonna 2022 kaikki ylitykset näkyivät samalla tavalla kesä- ja talviajassa seurattuna.

Useimpina kuukausina Lapaluodossa on hie- man korkeampia hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia kuin Keskustassa. Kuitenkin katu- pölyaikaan Keskustassa tulee vuosittain muu- tampia vuorokausiarvon ylityksiä, mikä näkyy nytkin erityisen selvästi huhtikuussa.



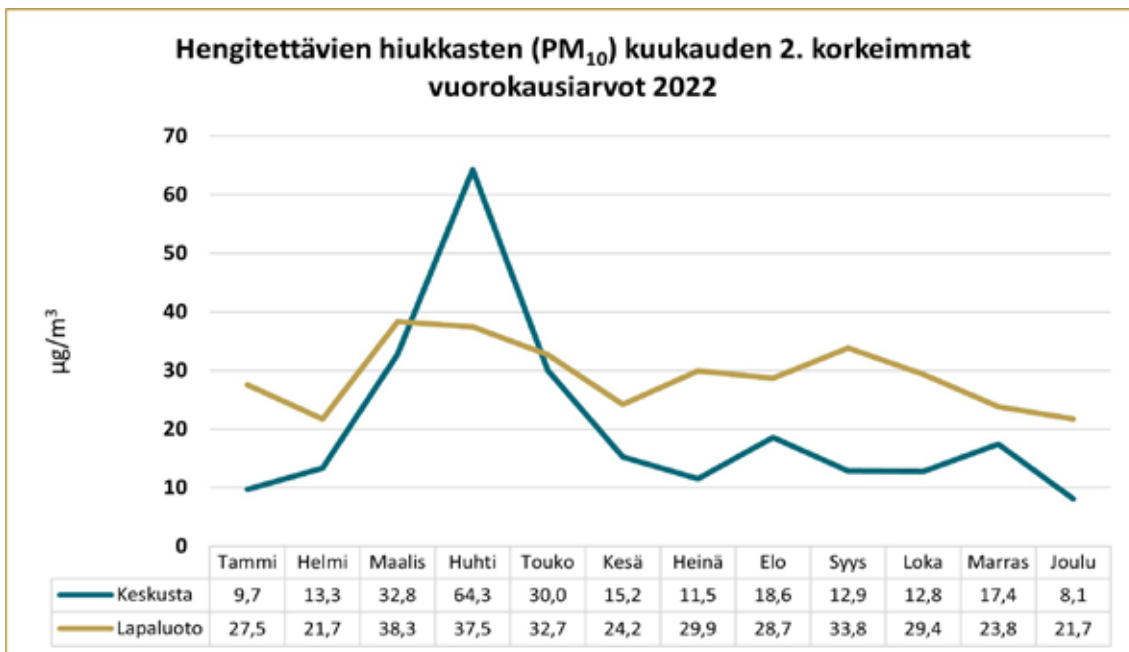
Kaavio 20: Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvot.



Kaavio 21: PM₁₀ vuorokausikeskiarvot. Vuoden aikana sattui yhteensä kuusi raja-arvon (50 µg/m³) ylitystä Keskustassa. Kaavioon on merkattu raja-arvon lisäksi ylempi (YAK, 35 µg/m³) ja alempi (AAK, 25 µg/m³) arviointikynnys sekä WHO:n ohjearvo (45 µg/m³).

Kaaviossa 22 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2022 molemmilla mittausasemilla. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat Keskustassa välillä 10-64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Lapaluodossa 22-38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

Raportin liitteeseen 3 on koottuna yhteenvedomaisesti erikseen molemmilta asemilta hengitettävien hiukkasten edellä olevien kaavioiden 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.



Kaavio 22: Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) kuukauden 2. suurimmat vuorokausiarvot kuukausittain Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla.



11 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 $1,24 \text{ ng/m}^3$ ja Keskustan vuosikeskiarvo oli $0,51 \text{ ng/m}^3$. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kaikkien PAH-yhdisteiden osalta kappaleesta 11.2.2. ja bentso(a)pyreenin osalta kappaleesta 11.2.1.

Lyhenne PAH tulee sanoista polysyklinen aromaattinen hiilivety, joten "PAH-yhdiste" on yleisnimitys tällaiselle yhdistelmäryhmälle. PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisen aineen epätäydellisessä palamisessa, joista kaupunki-ilmassa merkittävintä on puun pienpoltto sekä teliikenteen pakokaasut. Teollisuudessa erityisesti kokaamoilla ja valimoilla syntyy PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan karsinogeenisiä, eli syöpävaarallisia.

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



11.1 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 19) 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 nanogrammaa kuutiometrissä (ng/m^3 , $n=10^{-9}$).

Taulukossa 19 on kuvattu tavoitearvon lisäksi myös ylempi- ja alempi arviointikynnys.

Bentso(a)pyreenin ajallisen kattavuuden vaatimukset on määritelty metalliasetuksessa, ja ne on koottu taulukkoon 20, 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.



Taulukko 19: Hengitettävien hiukkasten sisältämän bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvon tavoitearvo, sekä ylempi ja alempi arviointikynnys (VNa 113/2017, VNa 79/2017)

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

Taulukko 20: Bentso(a)pyreenimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017).

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

11.2 PAH-mittaukset vuonna 2022

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, joista eri yhdisteiden määrät voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet laboratoriossa. Raahessa näytteet kerätään Leckel SEQ 47/50 suodatinkeraimilla, jotka ovat vertailumenetelmien mukaiset. Suodatinnäytteet lähetetään kerran kuukaudessa laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan. Aiempaa, nykyisestä hieman poikkeavaa, keräystapaa on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa.

Keskustan mittausasemalla kerätään joka neljäs vuorokausi yksi näyte, joista mitataan vuorotellen PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja. Lapaluodossa näyte kerätään joka toinen vuorokausi. Näytteistä tehdään 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 2022 PAH-yhdisteitä mitattiin Lapaluodossa 122 vuorokaudelta ja Keskustassa 53 vuorokaudelta. Lapaluodon ajallinen kattavuus (33,4 %) täyttää jatkuvien mittausten vaatimuksen, ja Keskustan (14,5 %) suunta-antavien mittausten vaatimuksen.

Kaikki mittaustulokset raportoidaan vuosittain Ilmatieteen laitokselle. Vuonna 2013 määrityksissä, joissa tulos on ollut alle määritysrajan, on tuloksena käytetty määritysrajaa. Vuodesta 2014 alkaen on Ilmatieteen laitoksen ohjeistuksen mukaisesti alle havaintorajan/

määritysrajan oleville tuloksille on käytetty havaintorajan/määritysrajan puolikasta. Vuonna 2019 ohjeistusta on tarkennettu siten, että alle havaintorajan oleville tuloksille käytetään havaintorajan puolikasta ja alle määritysrajan oleville tuloksille käytetään määritysrajaa.

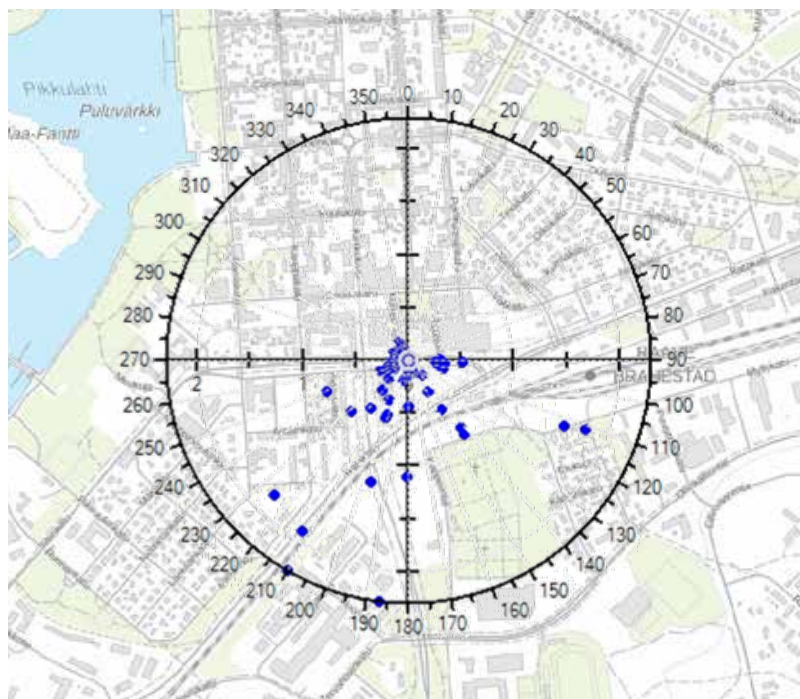
Vuonna 2022 laboratorion mittaustuloksissa on esitetty ainoastaan määritysraja, jolloin alle määritysrajan oleville tuloksille on käytetty arvona määritysrajaa. Laskentatavan muutokset vaikuttavat hieman vuosikeskiarvoihin, jolloin ne eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa.



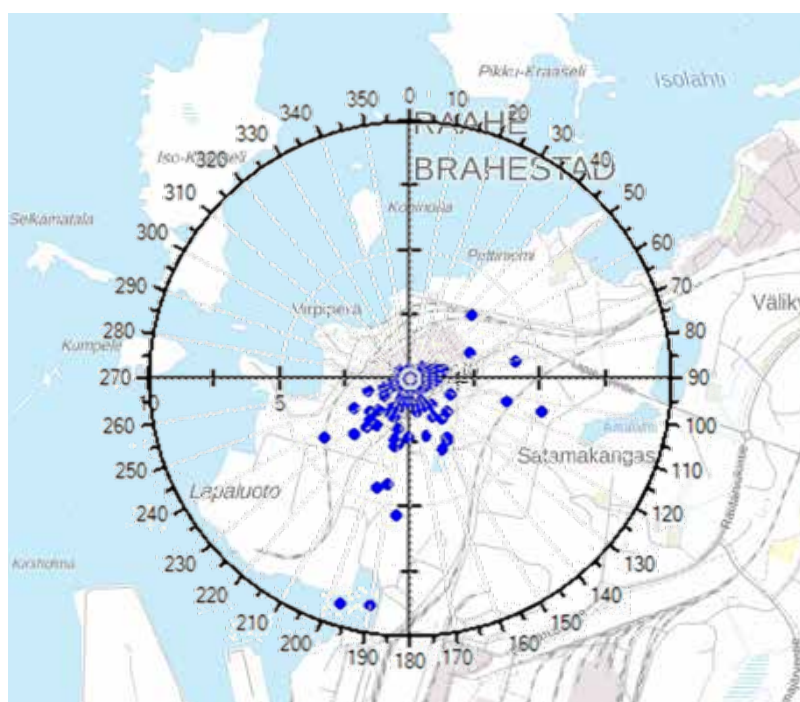
11.2.1 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreenin yksittäiset mitatut vuorokausipitoisuudet on esitetty kaavioissa 23 ja 24 tuulen suunnan mukaisesti Keskustassa ja Lapaluodossa. Kuvan keskiakselilla esitetään bentso(a)pyreenin pitoisuus yksikössä ng/m^3 . Tuuleen suunta on esitetty ympyrän asteina. Säätiiedot ovat Keskustan omalta mittausasemalta sekä tuntikeskiarvoina Ilmatieteen laitoksen Lapaluodon mittausasemalta. Suurim-

mat pitoisuudet on mitattu kaakon ja lounaan välisillä tuulilla. Yksittäisiä korkeampia pitoisuuksia on tosin nähtävissä muillakin tuulen suunnilla. Pitoisuusruusu on sijoitettu kartan päälle havainnollistamaan pitoisuuksien lähteen suuntaa. Kaaviolla ei kuitenkaan pystytä osoittamaan yksittäisiä lähteitä, tai kuinka kaukaa pitoisuus on todellisuudessa mittausasemalle tullut.



Kaavio 23: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettynä Keskustassa. 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.



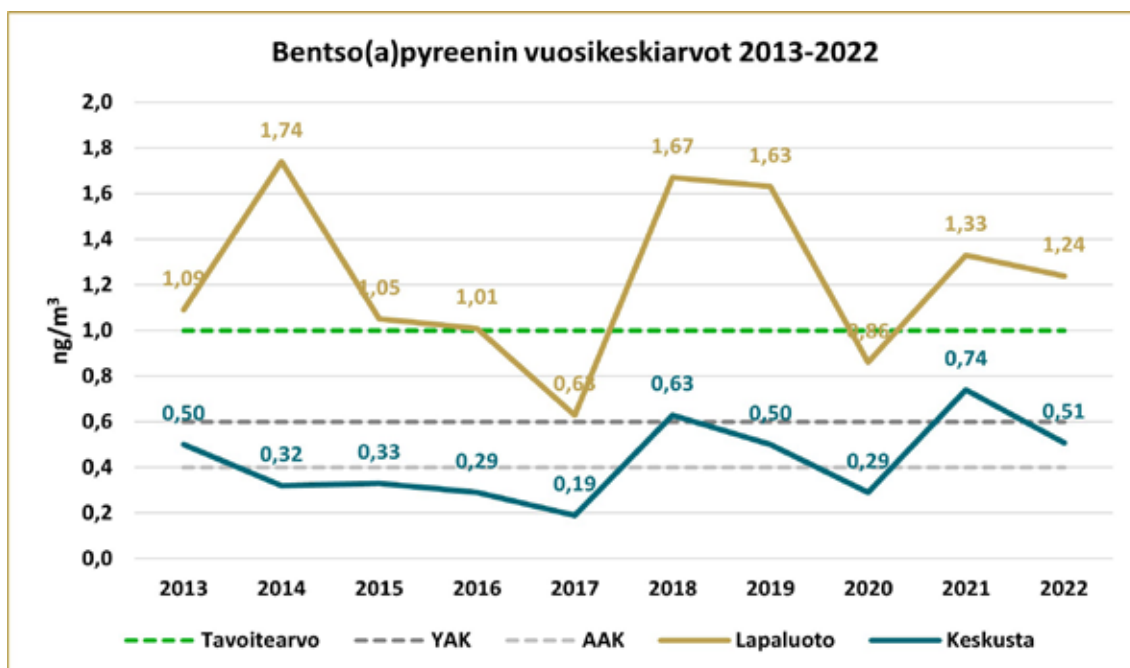
Kaavio 24: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettynä Lapaluodossa. Kartalla havainnollistetaan pitoisuuksien lähteen suuntaa, ei varsinaista pitoisuuslähdettä. Asteikon yksikkö on ng/m^3 , eli mitä kauempana piste on ympyrän keskustasta, sitä suurempi pitoisuus on ollut.

Kaaviossa 25 näkyy bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo vuodesta 2013 alkaen eli siitä lähtien, kun vuosikeskiarvon tavoitearvo 1 ng/m^3 on ollut voimassa.

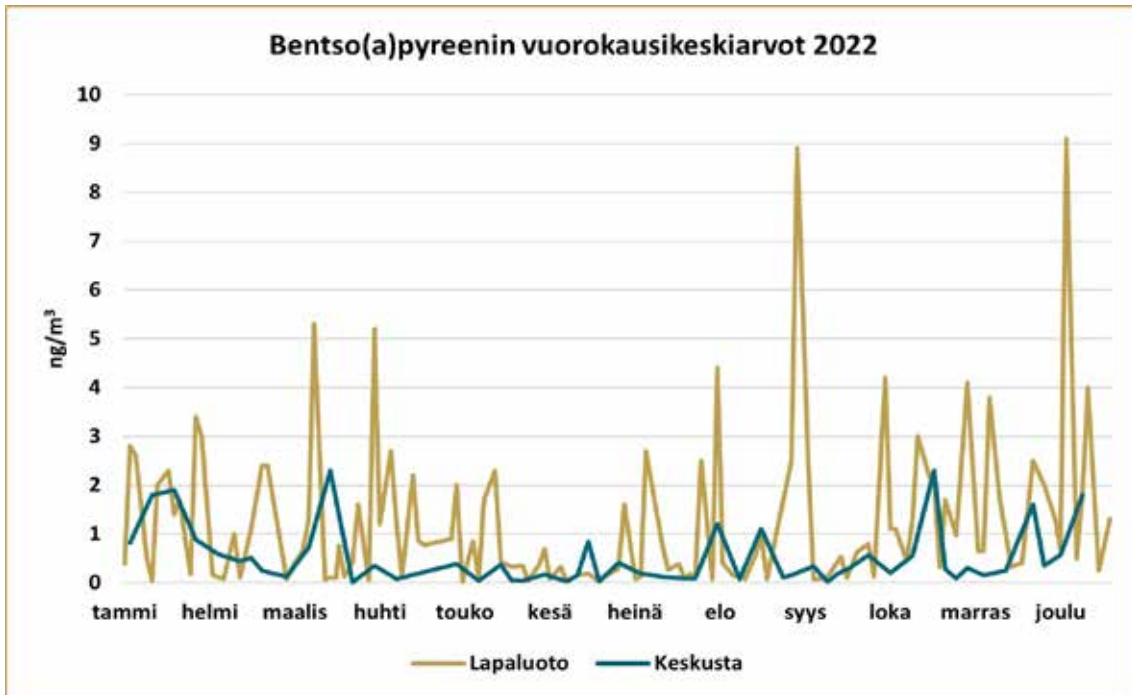
Vuoden 2022 vuosikeskiarvot Lapaluodossa ($1,24 \text{ ng/m}^3$) ja Keskustassa ($0,51 \text{ ng/m}^3$) ovat pienempiä kuin edellisenä vuotena, mutta Lapaluodossa vuosikeskiarvo ylittää kuitenkin tavoitearvon. Keskustan pitoisuus ylittää alemman arviointikynnyksen ($0,4 \text{ ng/m}^3$).

Kaaviossa 26 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 talviaikaan puun pienpolttoa on selkeästi kesää enemmän sekä ilman laimentumisolosuhteet ovat kesää heikkommat. Talvella myös PAH-yhdisteiden muuntuminen ilmakehässä on hitaampaa kuin kesällä, alemmista lämpötiloista ja vähemmästä valon määrästä johtuen.

Vuonna 2022 korkein B(a)p-pitoisuus on mitattu 15.12. ($9,1 \text{ ng/m}^3$) Lapaluodossa. Yksittäiset pitoisuudet ovat hieman matalampia kuin 2021 mitatut pitoisuudet.



Kaavio 25: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo 2013–2022, 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 ($0,4 \text{ ng/m}^3$).

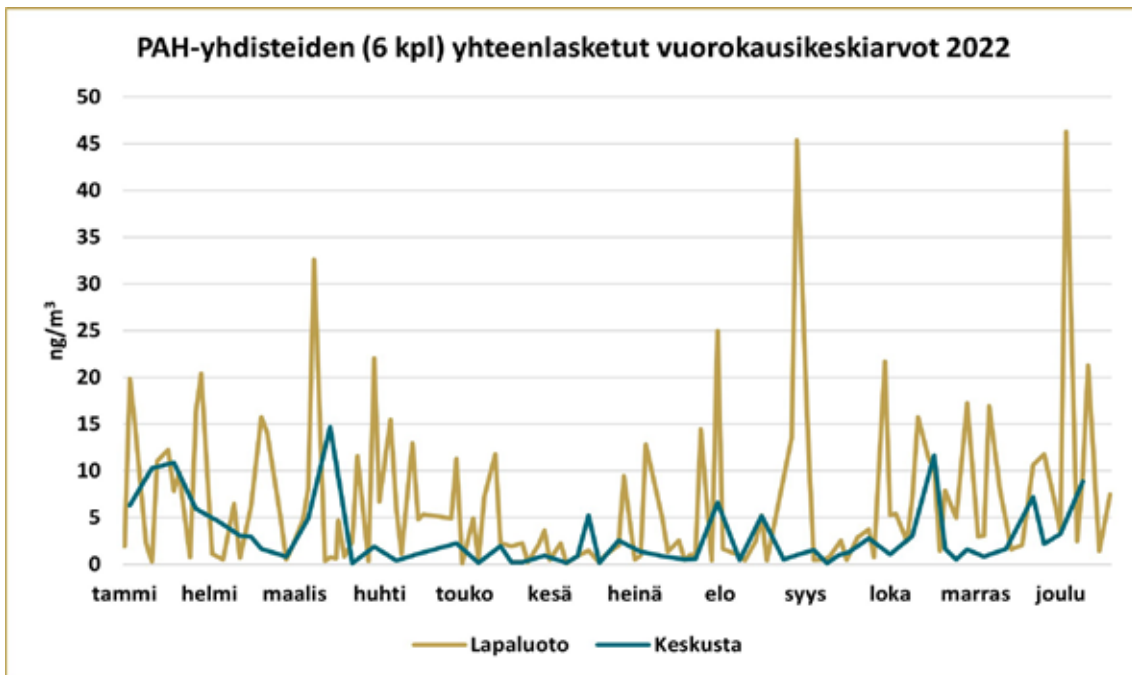


Kaavio 26: Bentso(a)pyreenin vuorokausikeskiarvot analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM_{10})

11.2.2. PAH-yhdisteet yhteensä

Kaavioon 27 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.

Kaavion perusteella nähdään, että PAH-yhdisteiden yhteenlasketut pitoisuuskäyrät ovat lähes identtiset kaavio 26 bentso(a)pyreenin käyrien kanssa.



Kaavio 27: Kuuden PAH-yhdisteen yhteenlasketut vuorokausikeskiarvot analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}). Mukaan lasketut PAH-yhdisteet ovat bentso(a)pyreeni, bentso(a)antraseeni, bentso(bj)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(123-cd)pyreeni ja dibentso(ah+ac)antraseeni.

Kaavioon 27 lasketut PAH-yhdisteet on mainittu metalliasetuksessa bentso(a)pyreenin lisäksi muina merkityksellisinä PAH-yhdisteinä. Kyseisten yhdisteiden lisäksi Raahessa mitataan 11 muutakin PAH-yhdistettä, jotka on vuoteen 2017 saakka raporteissa laskettu vastaavissa kaavioissa yhteen.

Raportin liitteeseen 4 on koottu pitoisuudet kaikista Raahessa mitattavista PAH-yhdisteistä, sekä historiatieto vuodesta 2018 alkaen.

Pitoisuuksissa on vaihtelua vuosittain. Vuonna 2020 on ollut selkeästi alhaisimmat pitoisuudet nykyisen seurantasuunnitelman aikana. Aiempaa, nykyisestä hieman poikkeavaa, keräystapaa on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa. Vuonna 2018 tehdyn keräystavan muutoksen vuoksi vanhat pitoisuudet eivät ole suoraan verrannollisia uudempien kanssa.



12 HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT

Raskasmetalleja mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä Keskustassa ja Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, mutta ilmaan niitä pääsee teollisuuden ja energiantuotannon prosesseista, sekä liikenteestä. Suodattimista mitataan yhteensä yhdeksää eri raskasmetallia, joista vain lyijylle on asetettu raja-arvo ja kolmelle raskasmetallille (arseeni, kadmium ja nikkeli) tavoitearvot. Vuonna 2022 kaikki pitoisuudet jäivät alle raja- tai tavoitearvojen. Näytteitä kerättiin vuoden aikana Lapaluodossa 53 vuorokaudelta (14,5 %) ja Keskustassa 52 vuorokaudelta (14,3 %). Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 12.2. Merikadulla ei ollut mittauksia 2022.

Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, kasveissa ja eläimissä, ja pieninä määrinä ne ovatkin elintärkeitä. Raskasmetallit ovat suurina pitoisuuksina myrkyllisiä. Ne voivat mm. kulkeutua hengitettävien hiukkasten mukana ja kertyä elimistöön. Ympäristössä raskasmetallit voivat rikastua ravintoketjussa. Ympäristön kannalta haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea, lyijy ja kadmium.

Raskasmetalleja pääsee ilmaan erityisesti metalliteollisuuden prosesseista sekä ener-

giantuotannosta poltettaessa hiiltä, turvetta, raskasta polttoöljyä tai jätteitä. Tämän lisäksi myös liikenne aiheuttaa raskasmetallipäästöjä mm. jarrupalojen ja renkaiden kulumisen seurauksena, mutta aikaisemmin ongelmana oli myös bensiinin sisältämä lyijy. Lyijyttömään bensiiniin siirtyminen 1990-luvun alussa näkyi aikanaan selkeästi juuri lyijypitoisuuksissa. Hengitysilmassa raskasmetallit ovat sitoutuneena ilman hiukkasiin, joista niiden pitoisuudet voidaan määrittää.

12.1 Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksessa metalleista vain lyijylle on määritelty kalenterivuosi-kohtainen raja-arvo (taulukko 21), 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 nikkeliille (Ni). Nämä tavoitearvot (taulukko 21) 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 , $n=10^{-9}$). Taulukossa

on esitetty myös WHO:n uudistetut ohjearvot kadmiumille ja lyijylle, jotka ovat vastaavat kuin lainsäädännön tavoite- ja raja-arvot.

Kuten aikaisemmin kerrottiin bentso(a)pyreenistä, myös raskasmetallien osalta seurataan ajallisen kattavuuden vaatimuksia. Raahessa ainoastaan nikkeli on ylittänyt arviointikynnyksiä Merikadun mittauksissa. Nikkelin osalta ajallisten kattavuuksien vaatimukset on määriteltävä alla olevaan taulukkoon 22, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Muiden raskasmetallien osalta vaatimukset löytyvät metalliasetuksesta.

Taulukko 21: Ulkoilman epäpuhtauksien raja-arvo, ylemmät ja alemmat arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten sisältämien metallien vuosikeskiarvolle (VNa 79/2017, VNa 113/2017)

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

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

Taulukko 22: Nikkelimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017)

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

12.2 Metallimittaukset vuonna 2022

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.

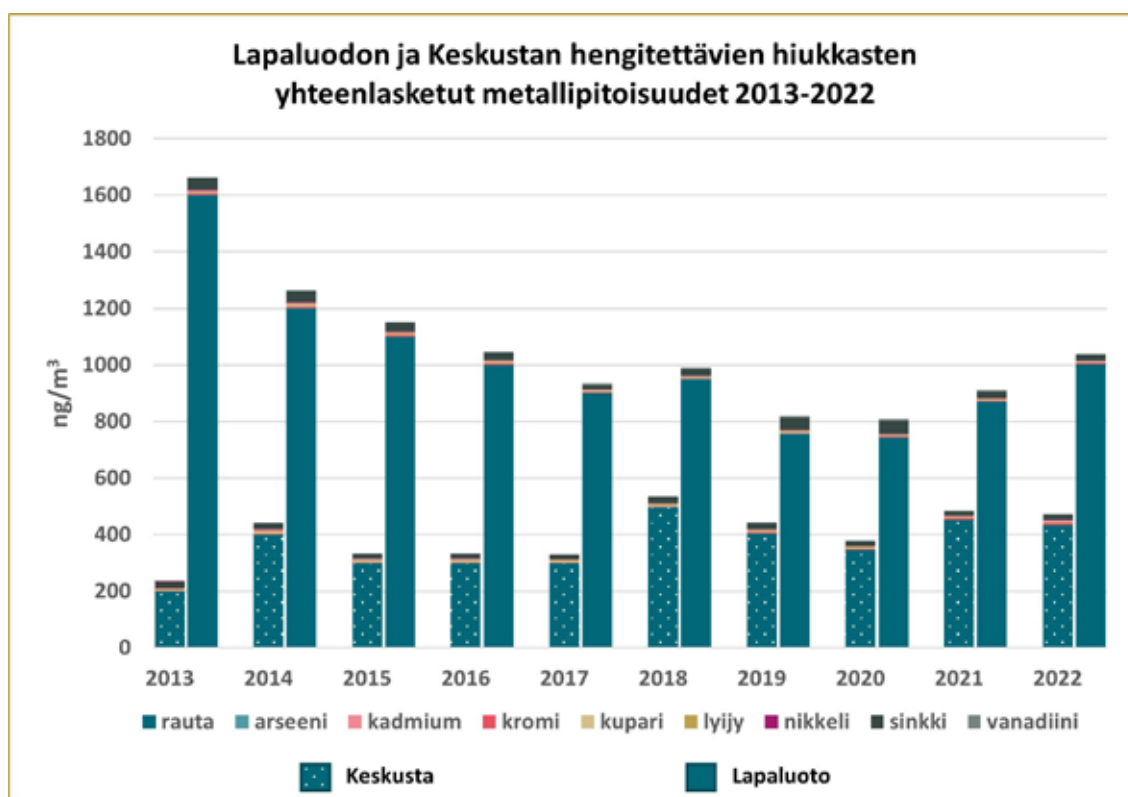
Metallimäärytyksiä varten näytteitä kerätään samalla tavalla kuin PAH-määrytyksiinkin Leckel SEQ 47/50-keräimellä, mutta eri vuoro-kausilta kuin PAH-näytteet. Metallinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan.

Tulosten laskentatavassa on vaihtelua eri vuosien välillä, johtuen Ilmatieteen laitoksen monitulkintaisesta ohjeistuksesta. Näitä muutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 11.2.

Seuraavassa kaaviossa 28 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2013–

2022. Kaavioista nähdään, että Lapaluodossa metallipitoisuudet ovat laskeneet vuodesta 2013, mutta viimeisen parin vuoden aikana tuloksissa on pienenä nousua.

Keskustassa ei ole metallipitoisuuksilla selkeää trendiä. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain lähes kaksinkertaiset Keskustaan nähden.

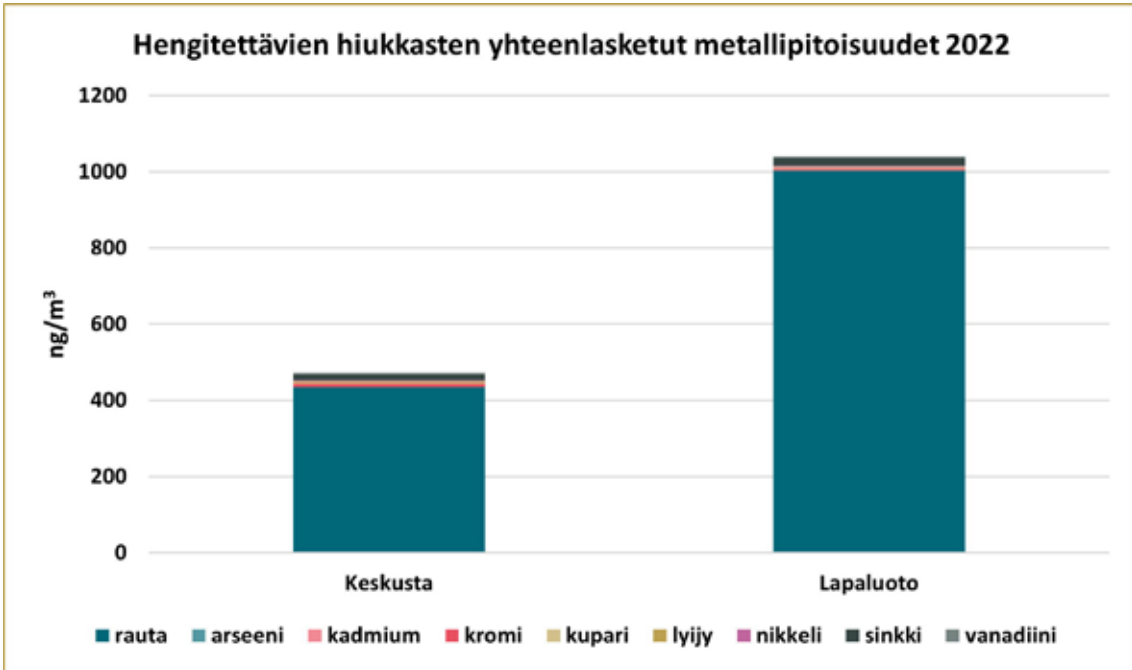


Kaavio 28: Lapaluodon ja Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2013–2022

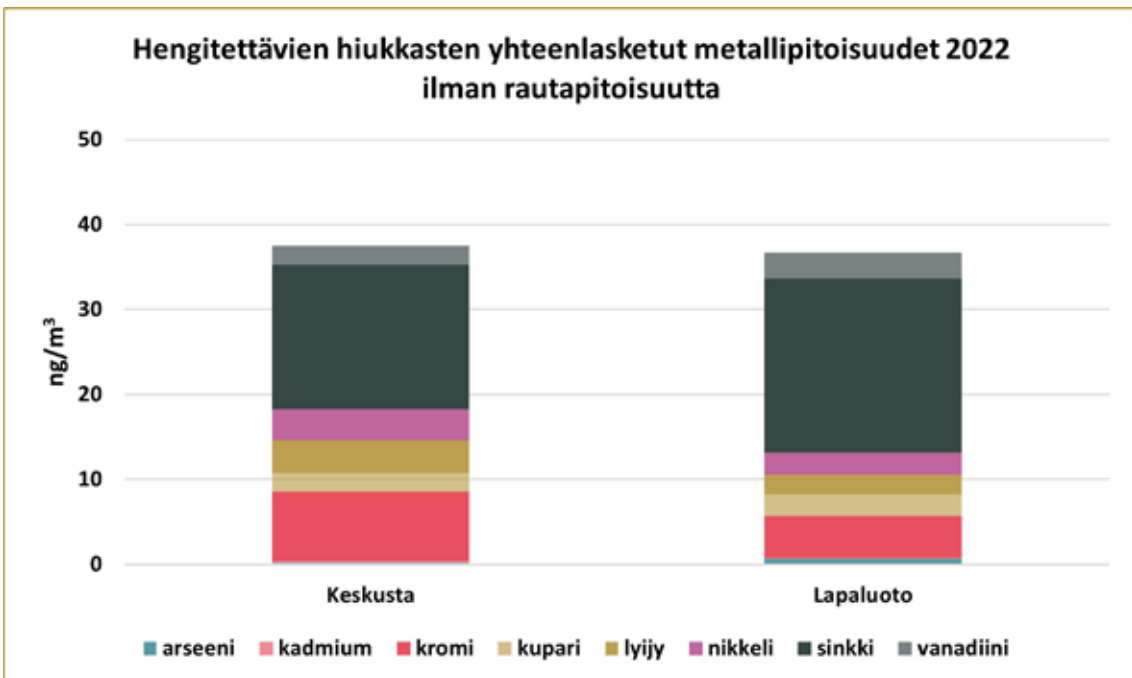
Seuraavissa kaaviossa on esitetty pelkästään vuoden 2022 mitatut metallipitoisuudet. Kaaviossa 29 on kuvattu yhteenlaskettuina metallipitoisuuksina kaikki Raahessa mitattavat metallit, josta nähdään, että raskasmetalleista yli 90 % koostuu raudasta. Kaaviossa 30 on kuvattu hengitettävien hiukkasten metallipitoisuu-
det ilman rautaa. Raudan jälkeen suurimmat

pitoisuudet ovat sinkillä ja kromilla.

Suuntaa-antavat mittaukset vaativat yli 14 % ajallisen kattavuuden, joka täyttyi molemmilla asemilla. Millään mittausasemalla ei ole sellaisia pitoisuuksia raskasmetalleja, jotka edellyttäisivät laajempaa ajallista kattavuutta.



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



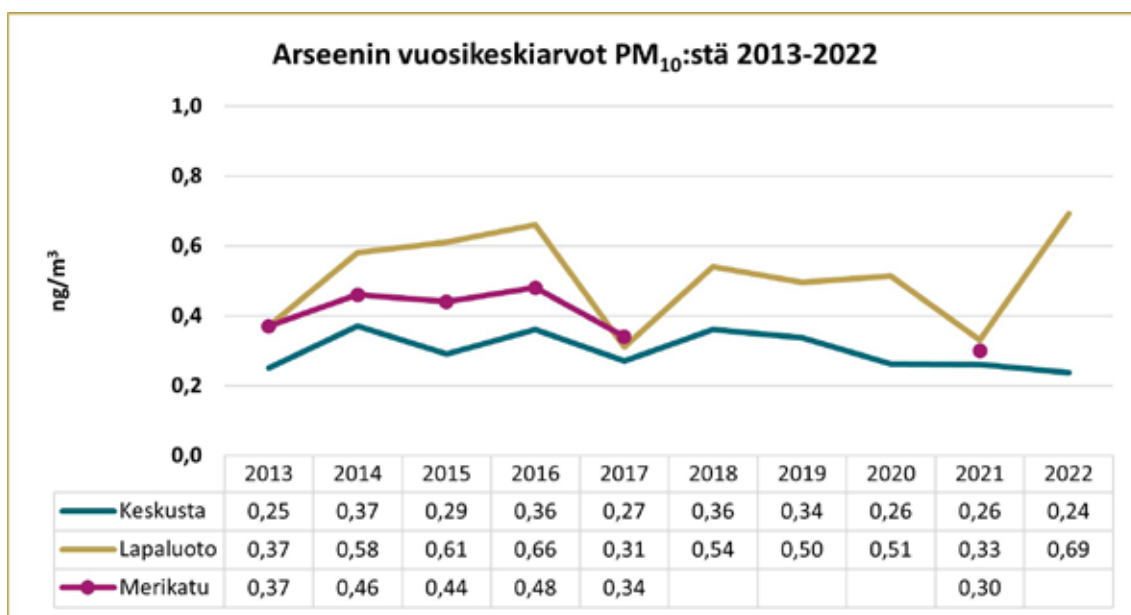
Kaavio 30: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet ilman rautapitoisuutta.

Kaavioihin 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.

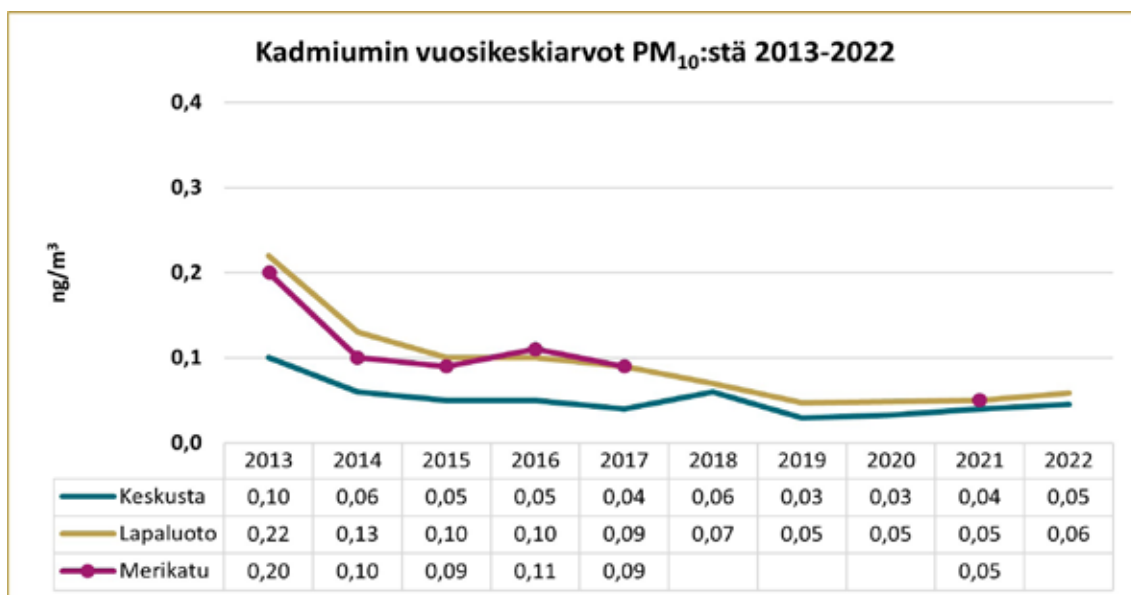
Seurantasuunnitelman mukaan Merikadulla tulee toteuttaa yksi vuoden mittainen mitauskampanja viiden vuoden aikana. Mittauk-

set Merikadulla on toteutettu vuoden 2021 aikana.

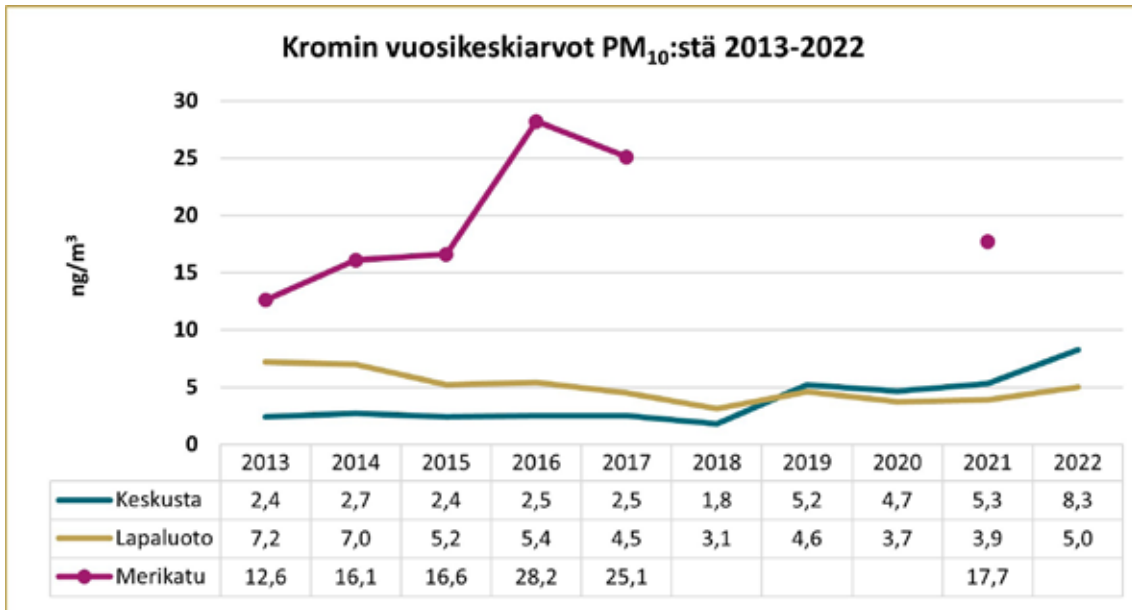
Kaavioista selviää myös historiatieto vuodesta 2013 alkaen. Verrattuna aikaisempiin vuosiin, vuonna 2022 metallipitoisuuksissa oli pieniä muutoksia suuntaan ja toiseen, riippuen mitatusta metallista. Kaikki pitoisuudet on ilmoitettu vertailtavuuden vuoksi samassa yksikössä ng/m³, mutta pitoisuudet ovat keskenään eri kokoluokissa.



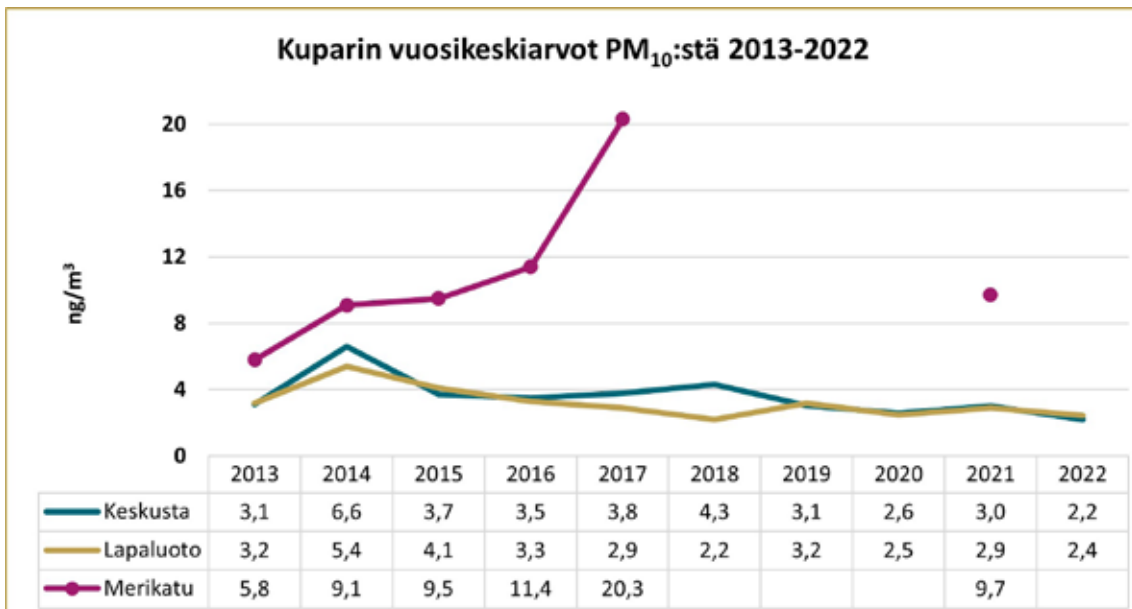
Kaavio 31: Arseenin vuosikeskiarvot. Arseenin vuosikeskiarvon tavoitearvo (6 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



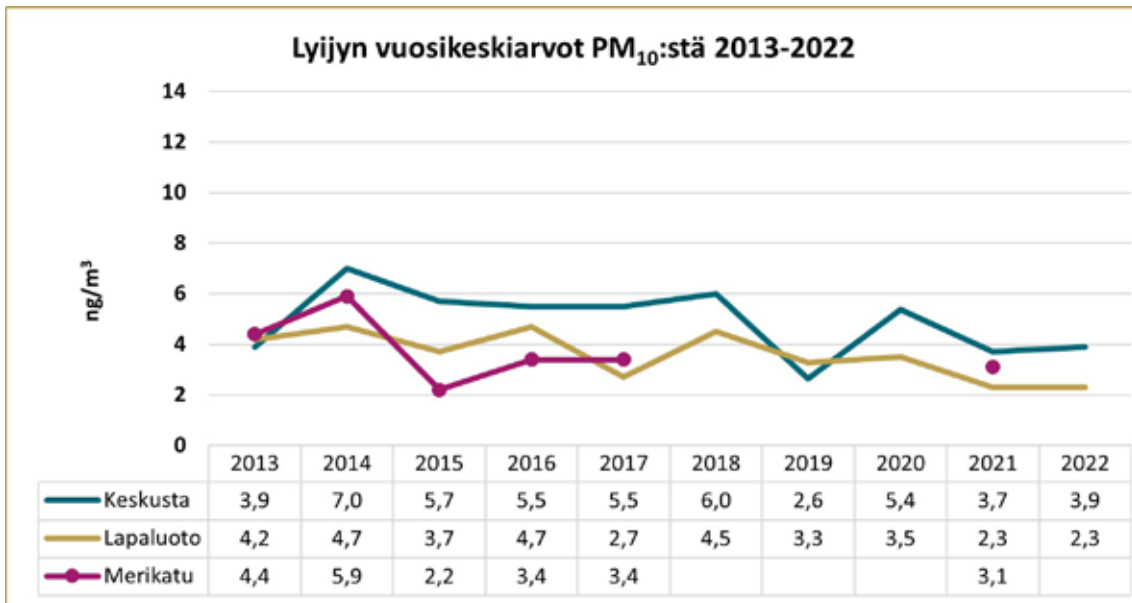
Kaavio 32: Kadmiumin vuosikeskiarvot. Kadmiumin vuosikeskiarvon tavoitearvo (5 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen. WHO:n ohjearvo on myös 5 ng/m³.



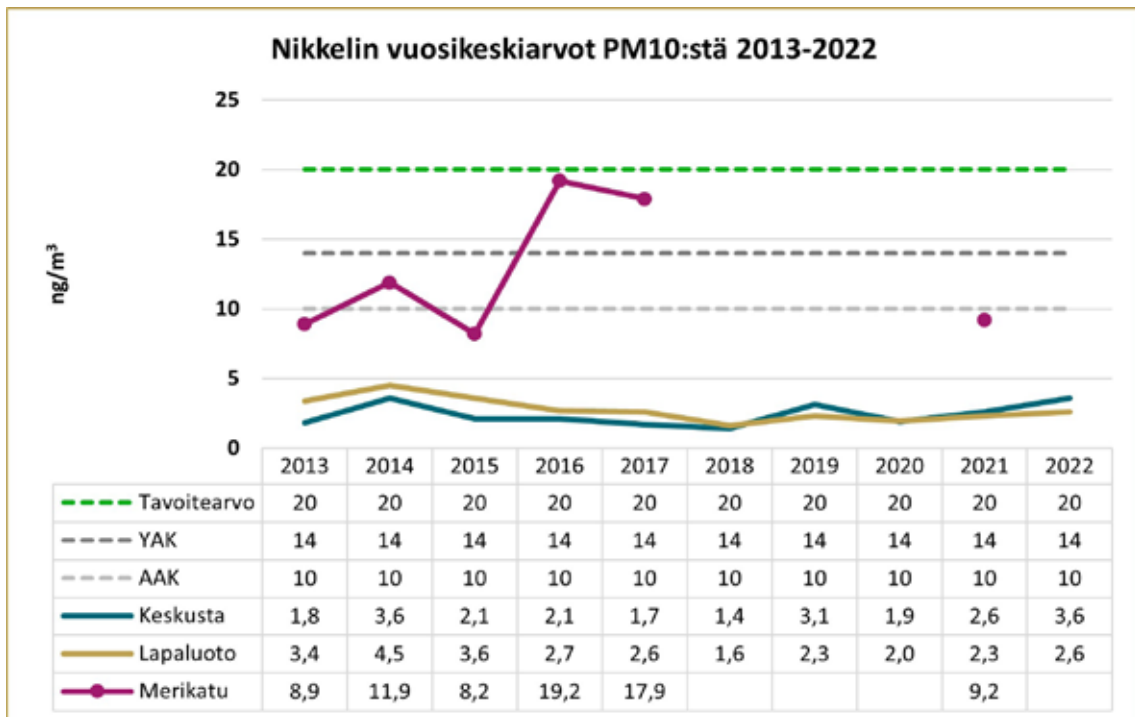
Kaavio 33: Kromin vuosikeskiarvot.



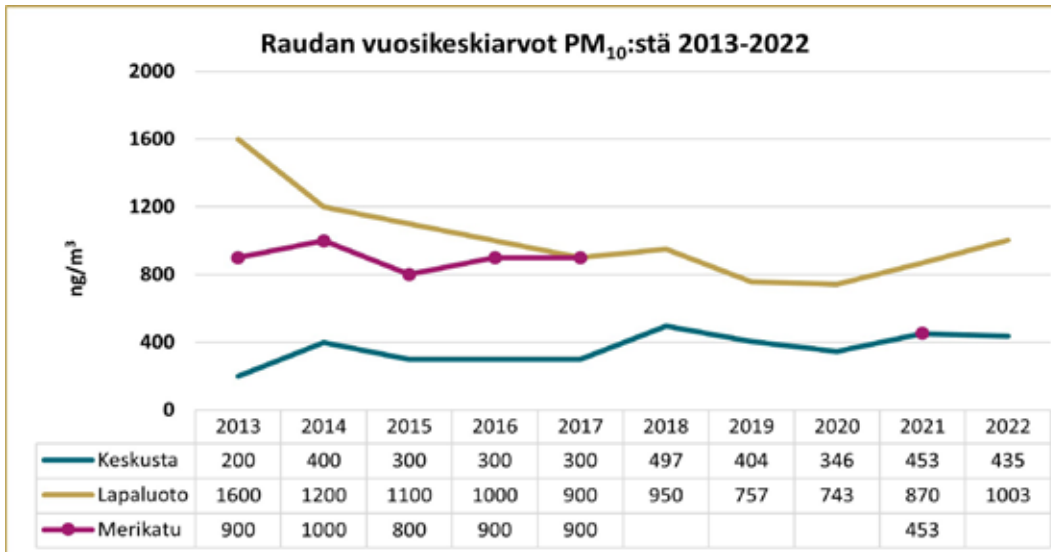
Kaavio 34: Kuparin vuosikeskiarvot.



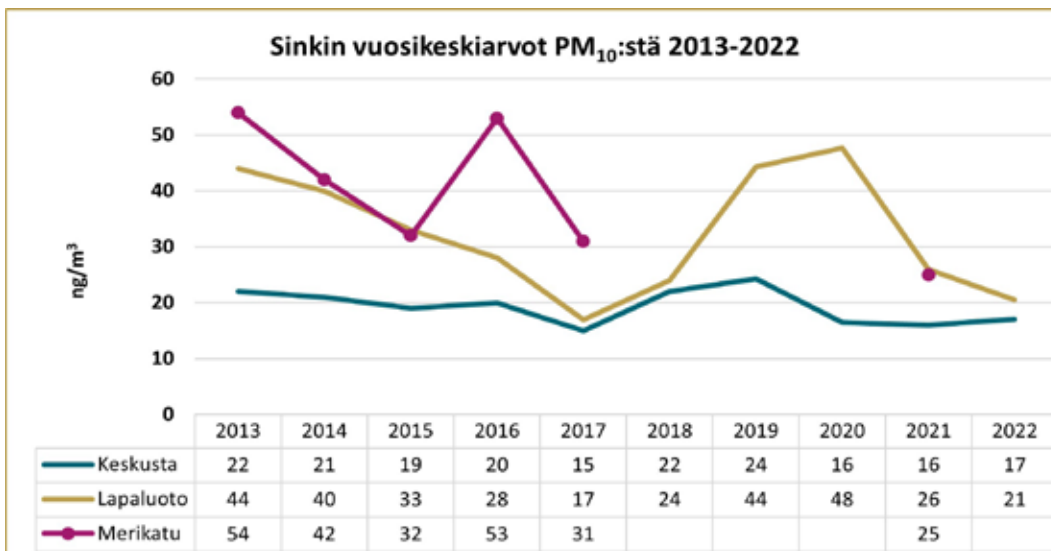
Kaavio 35: Lyijyn vuosikeskiarvot. Lyijyn vuosikeskiarvon raja-arvo ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 500 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2011 alkaen. WHO:n ohjearvo on myös $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



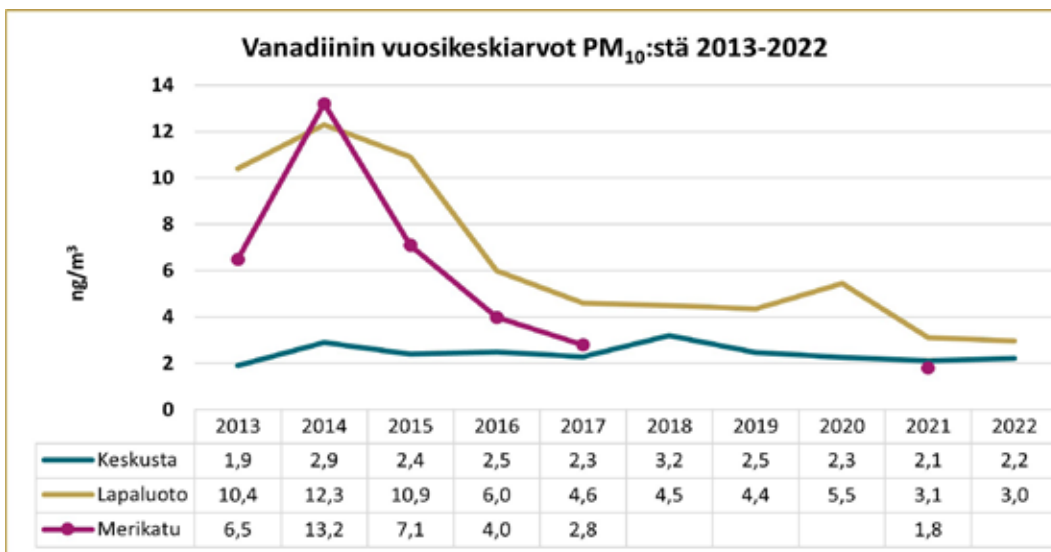
Kaavio 36: Nikkelin vuosikeskiarvot. Nikkelin vuosikeskiarvon tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kaavio 37: Raudan vuosikeskiarvot.



Kaavio 38: Sinkin vuosikeskiarvot.



Kaavio 39: Vanadiinin vuosikeskiarvot.

13 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 13.1.

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.

13.1 Laskeumamittaukset vuonna 2022

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 hiukkasistakin, 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 pitoisuusrajoja, mutta laskeumassa olevan arseenin, kadmiumin, lyijyn ja nikkelin määrittäminen on standardisoitu.

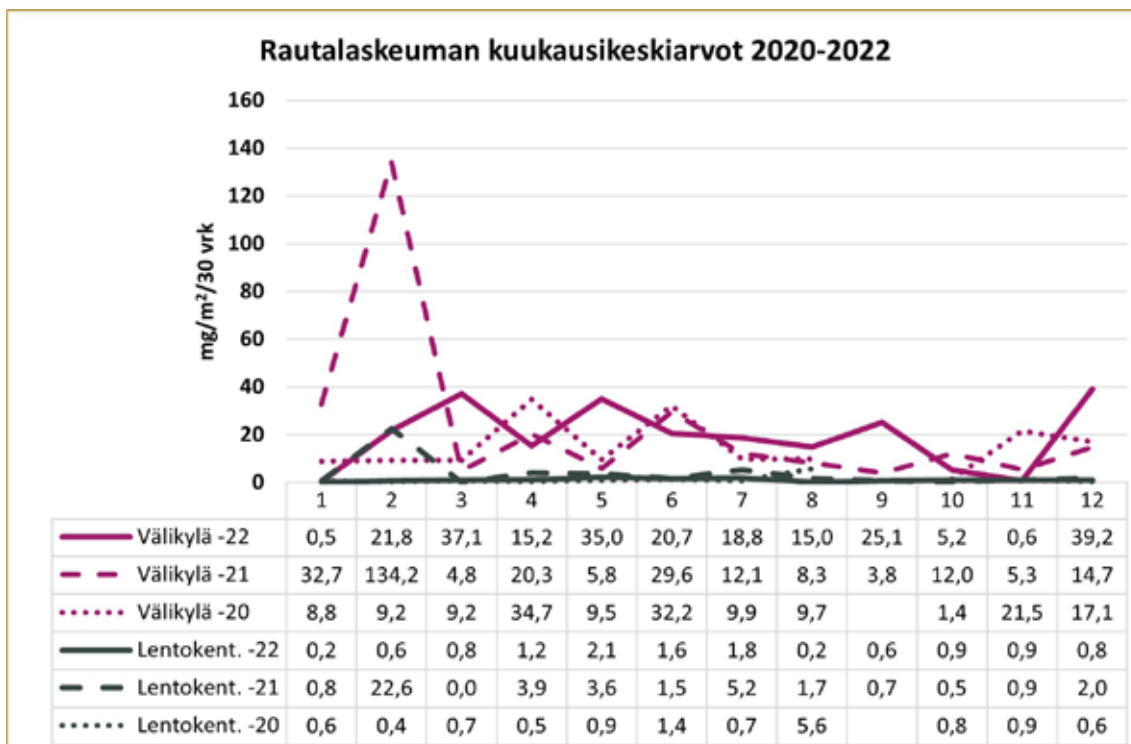
Laskeuman osalta vuonna 2022 saatiin tulokset molemmilla mittauspisteillä kaikilta kuukausilta.

Kaikille metalleille yksikkö on sama mg/m²/30 vrk, mutta pitoisuustaso toisiin metalleihin nähden voi olla jopa yli 10 000 –kertainen. Pitoisuustasoista suurin on rautalaskeumalla, jonka kuukausikeskiarvot ovat nähtävillä kaaviossa 40, johon on vertailun vuoksi merkitty myös vuosien 2020 ja 2021 pitoisuudet. Pidemmälläkään aikavälillä

ei voida selkeästi osoittaa, että laskeumapitoisuudet olisivat riippuvaisia vuodenajoista, vaan pitoisuustasot vaihtelevat ympäri vuoden ja eri vuosien välillä. Kaavioon 41 on kootuna raudan vuosikeskiarvot 2013–2022.

Kaavioista puuttuvat 2019 vuoden laskeumatulokset kokonaan, koska kyseisen vuoden tuloksia ei voitu pitää luotettavina ja ne jätettiin raportoimatta.





Kaavio 40: Rautalasteeman kuukausikeskiarvot 2020–2022 laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 41: Rautalasteeman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

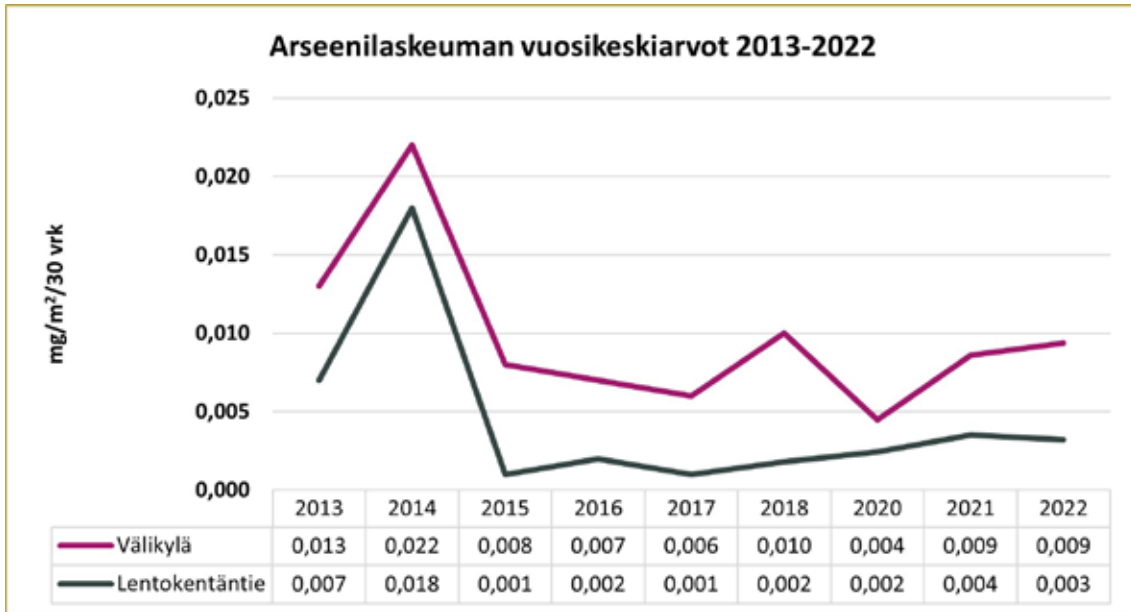
Kaavioihin 42–49 on koottuna muiden laskeumasta mitattavien raskasmetallien vuosikeskiarvot 2013–2022 aakkosjärjestyksessä.

Laboratorion vaihtuminen vaikuttaa tulosten tarkkuuteen, mikä näkyy esi-

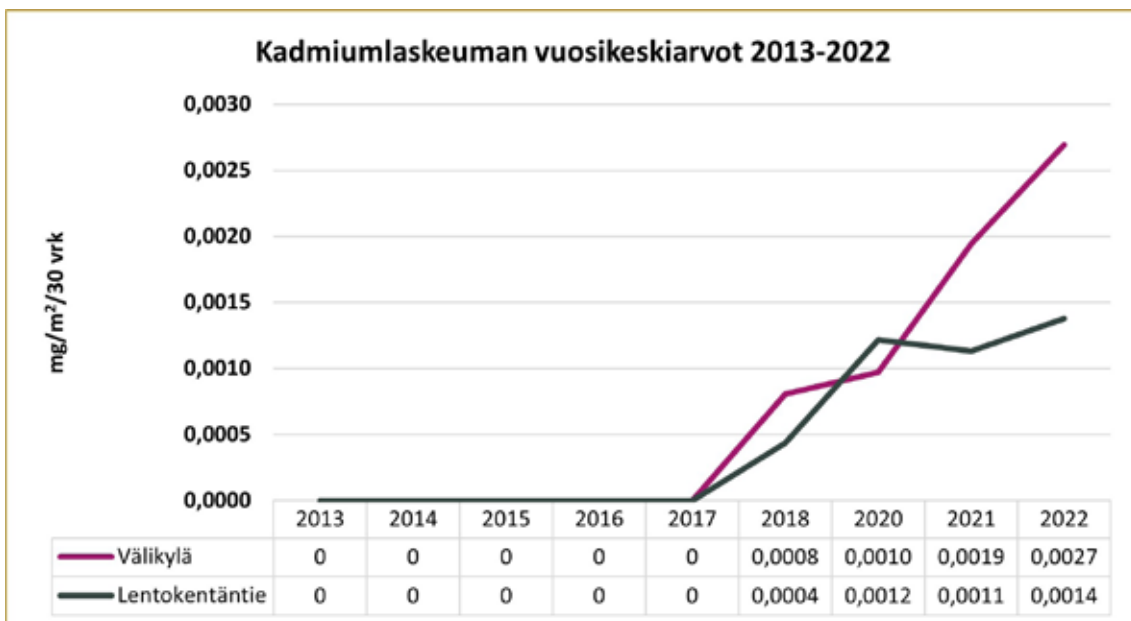
merksi kadmiumin pitoisuuksissa, joiden keskiarvot ovat olleet 2013–2017 alle määritysrajan ja ne näkyvät kaaviossa nollassa. Kadmiumin pitoisuudet ovat kuitenkin edelleen pieniä, vaikka kuvaajassa nousua on nähtävissä.

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.

Välikylässä mitattavat laskeumapitoisuudet ovat pääsääntöisesti Lentokentäntien taustapitoisuuksia suuremmat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.



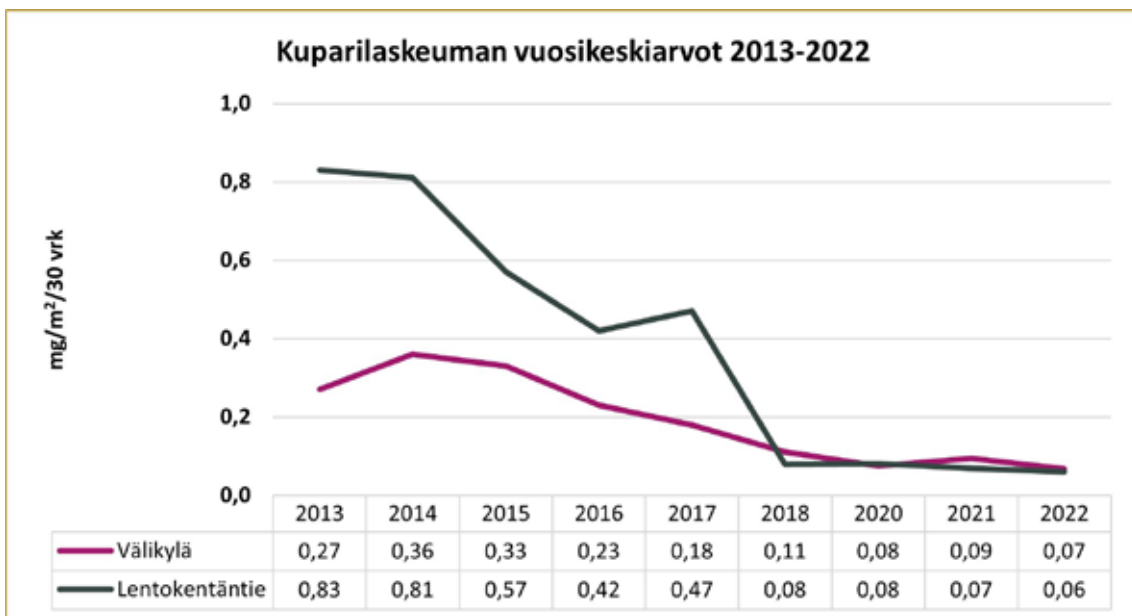
Kaavio 42 Arseenilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



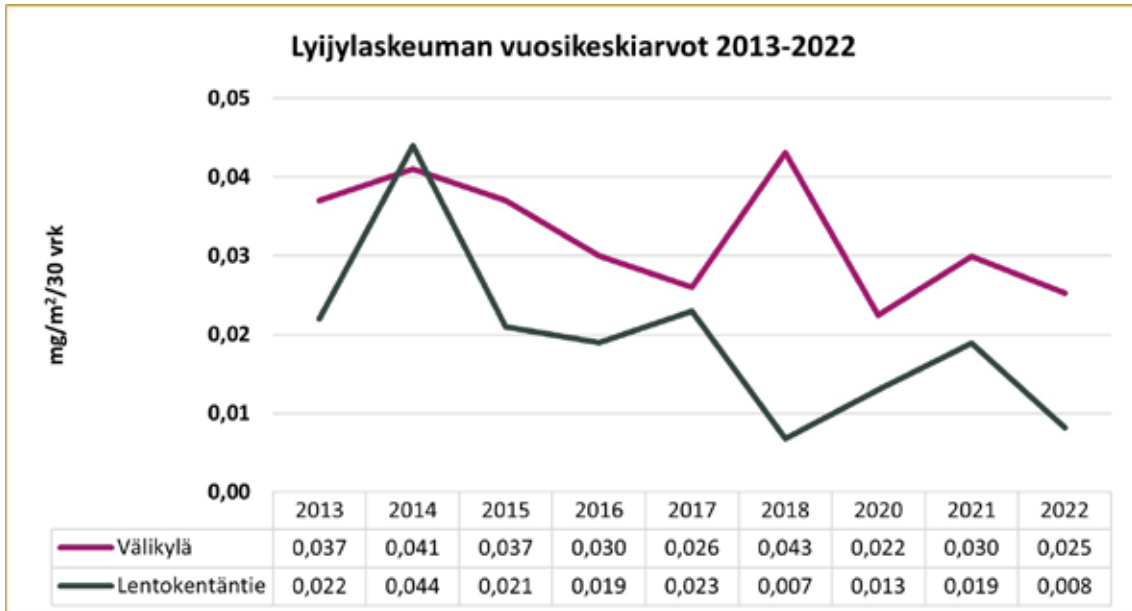
Kaavio 43: Kadmiumlaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



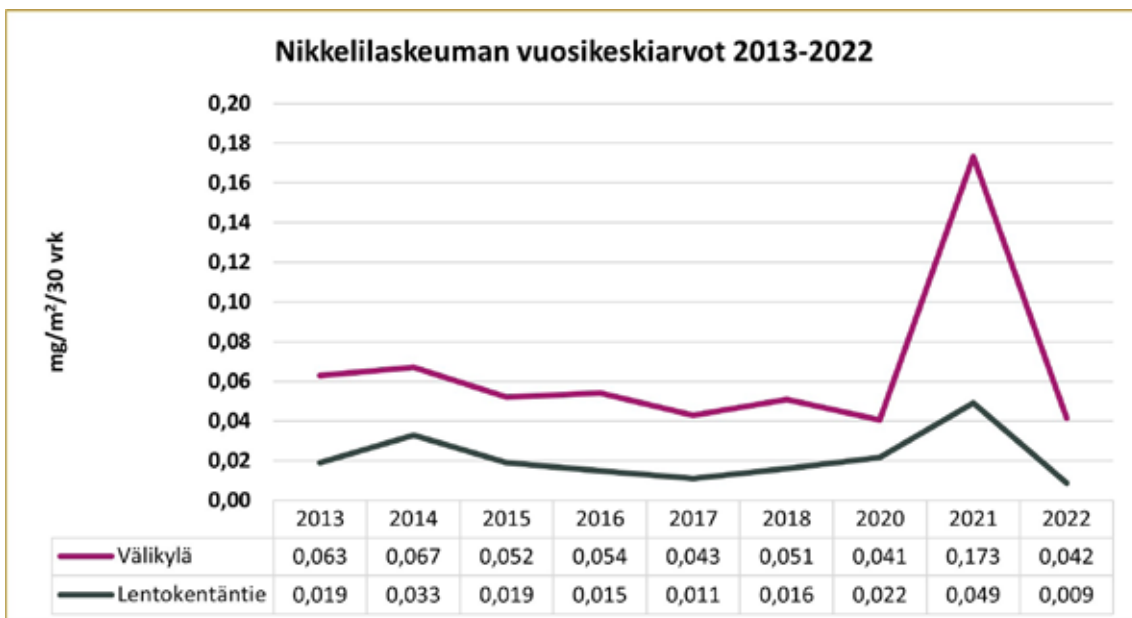
Kaavio 44: Kromilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 45: Kuparilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 46: Lyijylaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 47: Nikkelilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 48: sinkkilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 49: Vanadiinilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

14 SÄÄTIEDOT

Keskustan mittausasemalla on oma sääasema, mutta lisäksi tuloksissa hyödynnetään Lapaluodon satamassa sijaitsevaa Ilmatieteen laitoksen sääasemaa. Vuonna 2022 lämpötilat olivat hyvin lähellä pitkän aikavälin kuukausikeskiarvoja. Vallitseva tuulensuunta oli Lapaluodossa kaakon ja lounaan välillä. Keskustassa mitattu tuulensuunta vaihtelee enemmän. Vuoden 2022 sää tiedot löytyvät kappaleesta 14.1.

Sää vaikuttaa ilmanlaatuun joko heikentävästi tai puhdistavasti. Erityisesti talvisin heikkotuulissa tilanteissa liikenteen päästöt eivät pääse sekoittumaan, vaan kerääntyvät päästölähteiden lähelle. Voimakkailla tuuliilla päästöt taas voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän. Sumupilvet ja sateet 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 yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi ja ilmakehän pystysuuntainen liike lakkaa. Tällöin maan pinnan läheisyydessä muodostuvat saasteet eivät pääse sekoittumaan kunnolla, vaan jäävät ”leijallemaan” päästölähteen lähelle.



14.1 Vuoden 2022 sää

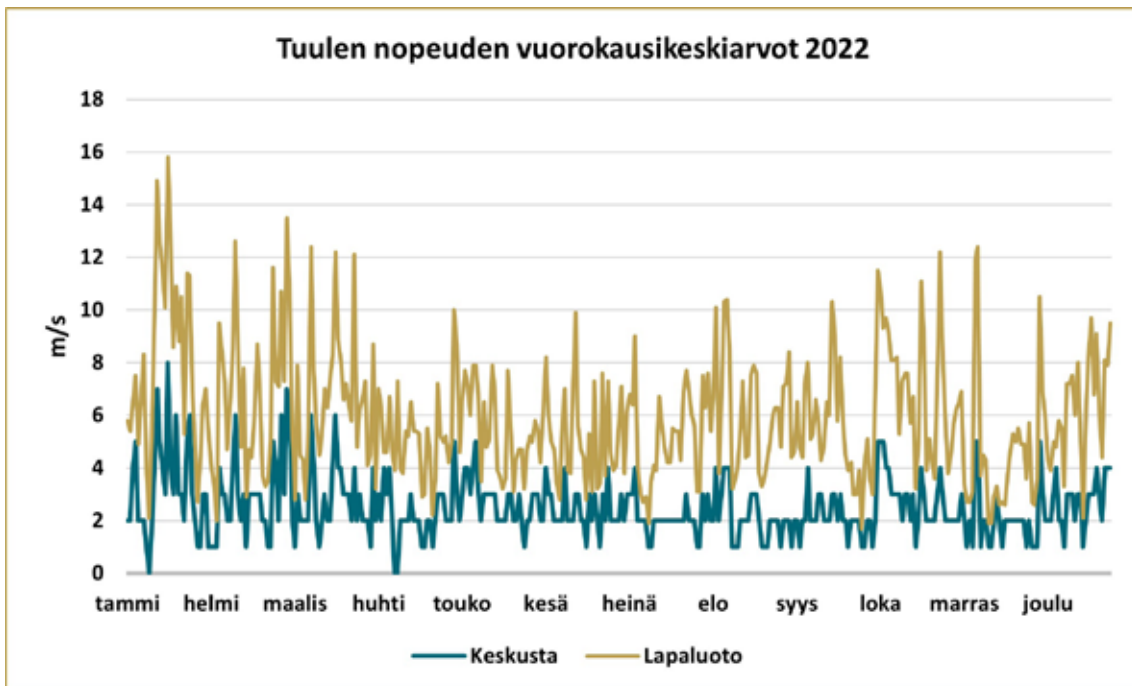
Keskustan sääasemalta on havaintojen ajallinen kattavuus sekä lämpötilan että tuulitietojen osalta 99,6 %. Omien mittausten lisäksi tuloksissa ilmoitetaan Ilmatieteen laitoksen Lapaluodon sääasemalta olevat sää tiedot, josta ajallinen kattavuus oli 99,8 %.

Kaavioihin 50–51 on kuvattuna lämpötilan ja tuulen nopeuksien vuorokausikeskiarvot

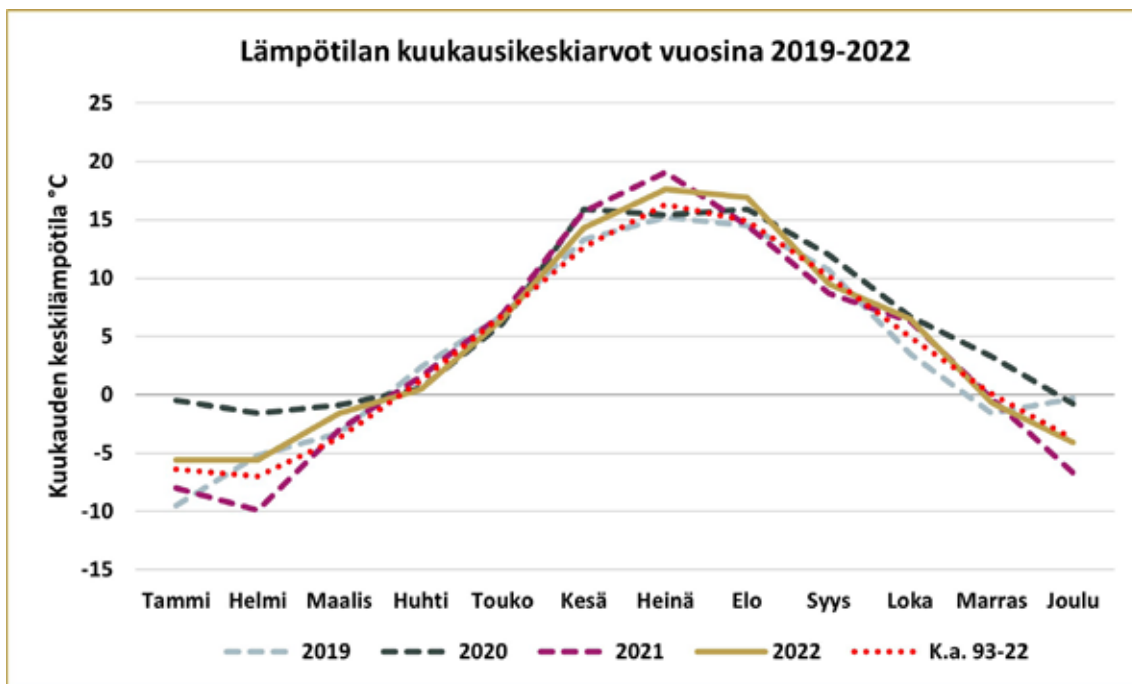
Keskustassa ja Lapaluodossa. Lämpötilan kaavioon on merkitty myös vuosien 1993–2022 kuukausikeskiarvo. Kaaviosta nähdään, että lämpötilat ovat mittausasemilla lähes identtiset. Kaaviosta 51 näkyy ero tuulen voimakkuuksissa Lapaluodossa ja Keskustassa. Keskustassa rakennukset vaikuttavat tuulen suuntaan ja voimakkuuteen mittausasemalla.



Kaavio 50: Lapaluodon ja Keskustan lämpötilan vuorokausikeskiarvot sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteen laitoksen sääasemalta.



Kaavio 51: Keskustan ja Lapaluodon tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvot. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteen laitoksen sääasemalta.

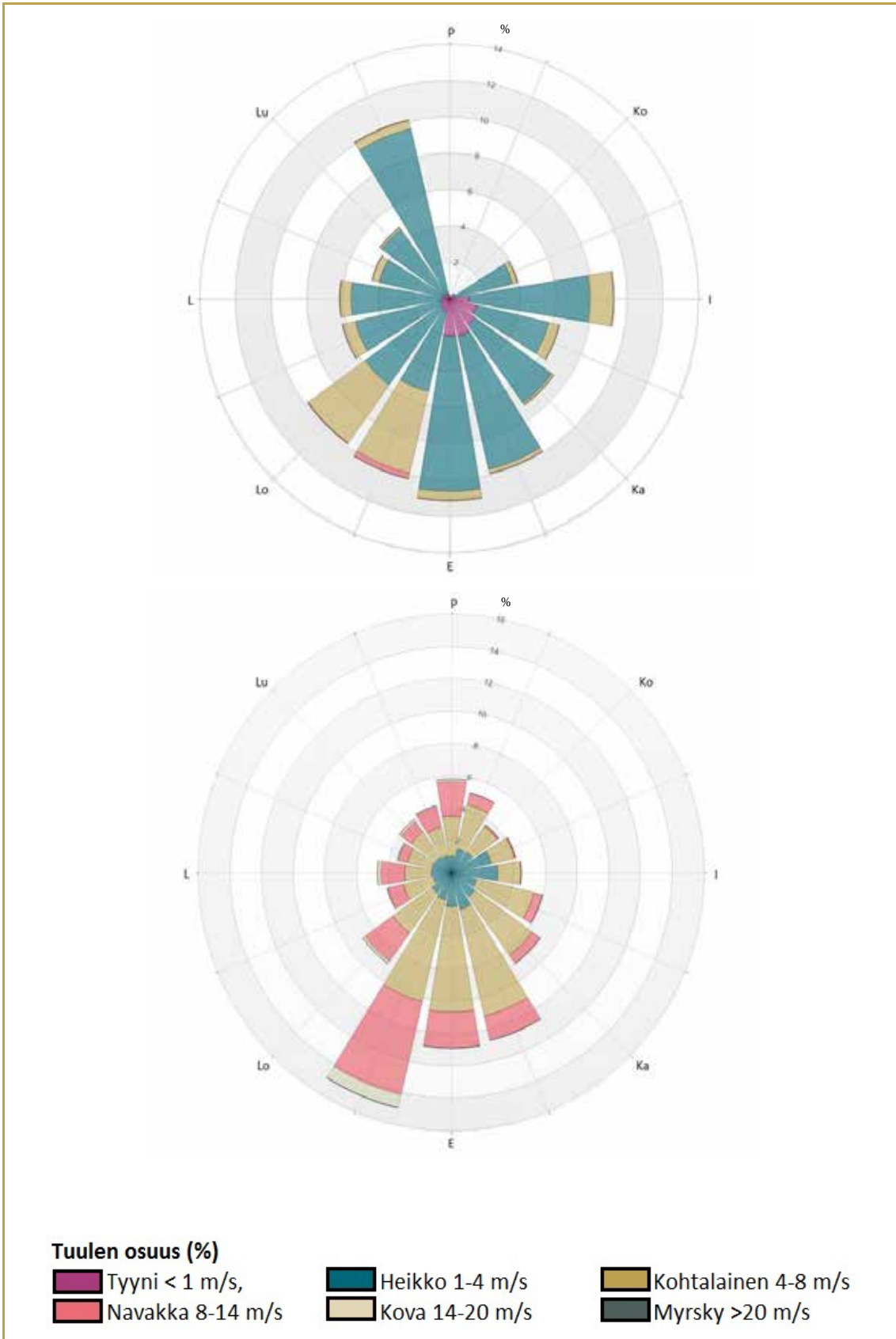


Kaavio 52: Lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2019–2022, sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo 1993–2022. Säätiiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.

Kaaviosta 52 nähdään viimeisen neljän vuoden sekä pitkän ajanjakson (vuodet 1993–2022) lämpötilojen kuukausikeskiarvot. Vuosi 2022 oli hyvin lähellä keskiarvoa. Ainoastaan alkutalvesta ja keskikesällä oli hieman keskiarvoa korkeampia lukemia.

Kaaviossa 53 on kuvattuna Keskustan ja Lapaluodon mittausasemien tuuliruusu, eli tuulen suuntien suhteellinen osuus kaikista tuulitiedoista. Keskustan tuulitiedot saadaan mittausaseman omalta sääasemalta, ja Lapaluodon tuulitiedot ovat Ilmatieteen laitoksen Lapaluodon sääasemalta. Kaaviosta nähdään, että eniten tuulee kaakon ja lounaan väliltä, mutta voimakkainta tuulta on yleensä lounaasta päin tuullessa. Keskustassa yleisiä tuulensuuntia on myös itä ja pohjoisluode, kun taas pohjoisen ja koillisen väliltä ei tuule yhtään. Tämä johtuu aseman läheisistä kerrostaloista, jotka suojaavat asemaa kyseiseltä ilmansuunnalta tulevilta tuuilta. Keskustassa tuulen nopeus on pääosin heikkoa tai kohtalaista (1-8 m/s). Lapaluodon satamassa havaitaan tuulta joka ilmansuunnasta ja tuulen nopeus on pääosin kohtalaista tai navakkaa (4-14 m/s). Jonkin verran havaitaan myös kovaa tuulta (14–20 m/s) ja myrskyä (>20 m/s).





Kaavio 53: Keskustan (ylhällä) ja Lapuodoniemen (alhaalla) tuuliruusu 2022. Keskustan tuulitietoja on käytettävissä 99,6 % ja Lapuodoniemessä 99,8 % vuoden tunneista.

15 LÄHDELUETTELO

- Ilmatieteen laitos: Asiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja Energia (2016), Raahen ilmanlaadun seurantasuunnitelma
- Ilmatieteen laitos: Raportteja 2017:6, Ilmanlaadun Mittausohje 2017
- Vanhat vuosiraportit, erityisesti vuoden 1978–1992 kokoelmaraportti, sekä konsultin/mittaajan vaihtumisen jälkeisten vuosien 2000, 2004, 2007 ja 2018 raportit
- Ilmatieteen laitos: Ilmanlaatusivusto, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/teematietoa-ilmanlaadusta>
- Ilmatieteen laitos – 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 2018–2022

LIITE 1: Typpidioksidin (NO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	40 (vuosi)			200		85 % (vuosi)
Ohjearvo			70		150	75 % (kk)
Kriittinen taso	30 (vuosi)					
Tammi	10,8	31	27	86	62	99,73
Helmi	14,6	48	45	99	82	100
Maalis	14,4	43	33	94	82	97,18
Huhti	10,0	43	22	67	49	97,5
Touko	6,2	16	13	40	34	100
Kesä	4,5	8	7	22	17	100
Heinä	3,7	8	7	19	14	99,46
Elo	5,2	9	8	24	19	100
Syys	6,0	14	14	28	25	100
Loka	6,9	18	15	54	36	99,19
Marras	7,0	19	16	48	33	100
Joulu	9,4	21	21	89	45	99,6
Vuosikeskiarvo¹⁾	8,2 µg/m³					99,38 %

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

LIITE 2: Rikkidioksidin (SO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo		125		350		85 % (vuosi)
Ohjearvo			80		250	75 % (kk)
Kriittinen taso	20 (vuosi)					
Tammi	1,5	10,6	10,3	59,8	23,7	98,92
Helmi	1,6	5,4	3,4	36,8	12,1	99,85
Maalis	2,7	19,3	11,7	50,1	26,5	99,73
Huhti	0,8	2,9	2,8	34,5	13,2	99,58
Touko	1,3	9,7	7,1	72,1	28,5	82,39
Kesä	1,4	7,4	6,4	87,5	30,6	100
Heinä	2,3	10,1	9,1	48,5	34,8	99,60
Elo	2,3	11,8	9,4	43,1	28,2	100
Syys	1,5	11,7	8,0	69,1	25,2	100
Loka	3,4	14,2	13,5	64,5	41,1	99,73
Marras	3,3	30,2	16,1	71,4	41,2	100
Joulu	4,8	17,0	15,6	66,6	36,5	99,60
Vuosikeskiarvo¹⁾	2,3 µg/m³					98,25 %

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

LIITE 3: Hengitettäviin hiukkasiin (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

Keskusta	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	50			85 % (vuosi) 75 % (kk)
Ohjearvo	70			
Tammi	5,8	12,0	9,7	99,60
Helmi	7,0	15,3	13,3	100
Maalis	12,8	35,9	32,8	97,98
Huhti	26,6	79,9	64,3	98,75
Touko	12,1	43,3	30,0	100
Kesä	9,1	19,1	15,2	99,86
Heinä	6,1	15,3	11,5	99,60
Elo	8,1	19,0	18,6	99,33
Syys	7,4	19,1	12,9	100
Loka	7,3	14,4	12,8	99,73
Marras	8,1	18,7	17,4	99,58
Joulu	5,4	8,9	8,1	99,60
Vuosikeskiarvo¹⁾	9,6 µg/m³			99,5 %

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

Lapaluoto	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	50			85 % (vuosi) 75 % (kk)
Ohjearvo	70			
Tammi	8,9	38,8	27,5	99,33
Helmi	10,0	27,8	21,7	99,55
Maalis	13,5	44,6	38,3	98,66
Huhti	15,0	38,6	37,5	98,61
Touko	11,8	38,7	32,7	100
Kesä	12,3	24,5	24,2	99,44
Heinä	9,9	36,1	29,9	99,87
Elo	13,2	34,4	28,7	99,87
Syys	12,5	34,7	33,8	100
Loka	11,9	33,2	29,4	99,73
Marras	9,9	25,5	23,8	99,72
Joulu	10,7	24,2	21,7	99,46
Vuosikeskiarvo¹⁾	11,7 µg/m³			99,5 %

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

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet (ng/m³) 2018-2022

PAH-yhdiste (ng/m ³)	Lapaluoto 2018	Keskusta 2018	Lapaluoto 2019	Keskusta 2019	Lapaluoto 2020	Keskusta 2020	Lapaluoto 2021	Keskusta 2021	Lapaluoto 2022	Keskusta 2022
Tavoitetaso Bentso(a)pyreenille	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antraseeni	0,30	0,08	0,35	0,06	0,14	0,04	0,25	0,10	0,26	0,08
Asenaftteeni	0,05	0,05	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Asenaftyleeni	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09
Bentso(a)antraseeni	2,53	0,81	2,16	0,66	1,24	0,38	1,77	0,88	1,54	0,64
Bentso(a)pyreeni	1,67	0,63	1,63	0,50	0,86	0,29	1,32	0,74	1,24	0,51
Bentso(b+j)fluoran- teeni	2,95	1,16	2,73	1,04	1,6	0,58	2,36	1,33	1,93	0,87
Bentso(ghi)perylee- ni	1,24	0,56	1,22	0,50	0,66	0,30	1,13	0,76	0,95	0,47
Bentso(k)fluoran- teeni	0,90	0,35	0,85	0,30	0,48	0,18	0,67	0,36	0,62	0,29
Dibentso(a,h)antra- seeni	0,32	0,12	0,19	0,09	0,18	0,06	0,29	0,16	0,35	0,15
Fenantreeni	1,44	0,57	1,40	0,37	0,69	0,29	1,17	0,54	1,18	0,44
Fluoranteeni	4,52	1,67	4,76	1,37	2,45	0,93	4,13	2,07	3,68	1,52
Fluoreeni	0,09	0,04	0,10	0,04	0,06	0,03	0,06	0,03	0,08	0,02
Indeno(1,2,3-cd) pyreeni	1,21	0,52	1,12	0,42	0,64	0,26	1,09	0,69	1,00	0,48
Kryseeni	1,78	0,66	1,65	0,72	0,97	0,35	1,53	0,79	1,37	0,56
Naftaleeni	0,10	0,05	0,16	0,10	0,13	0,10	0,11	0,09	0,13	0,09
Pyreeni	3,87	1,63	4,10	1,31	2,02	0,88	3,71	2,11	3,22	1,35
Trifenyleeni	0,27	0,12	0,32	0,19	0,20	0,08	0,25	0,13	0,25	0,10
PAH-yhteensä	23,30	9,06	22,97	7,85	12,50	4,94	20,06	10,96	17,99	7,75