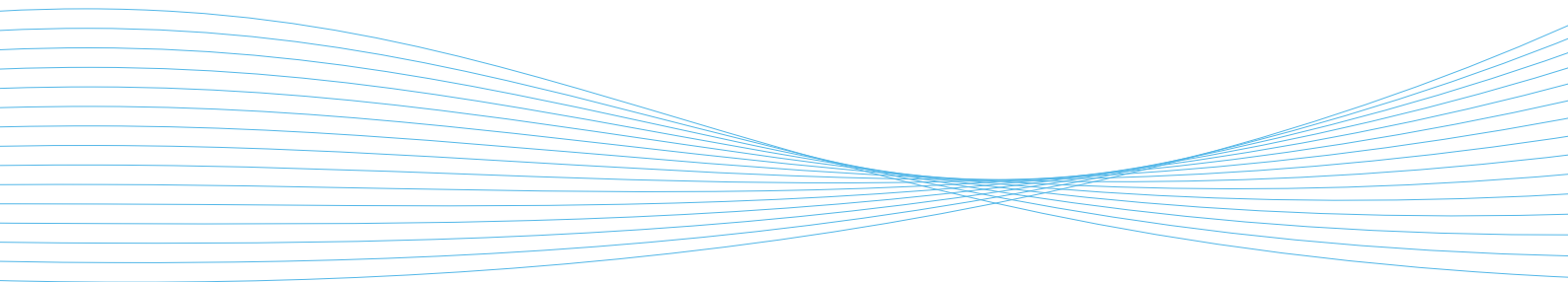




## KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU

### Mittaustulokset vuodelta 2017



# **KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU**

## **MITTAUSTULOKSET VUODELTA 2017**

**HELENA SAARI  
JATTA SALMI  
JAAKKO LAAKIA  
KAJ LINDGREN  
ANTTI WEMBERG**



Kuva Birgitta Komppula, Ilmatieteen laitos.

**ILMATIETEEN LAITOS – ASIAANTUNTIJAPALVELUT  
ILMANLAATU JA ENERGIA  
HELSINKI 29.3.2018**

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
2	TAUSTATietoA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	7
	2.1 Typen oksidit.....	7
	2.2 Hiukkaset .....	8
	2.3 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot .....	11
3	ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS .....	12
	3.1 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet.....	12
	3.2 Mittausaseman sijainti .....	13
	3.3 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät .....	14
	3.4 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot.....	15
4	SÄÄTIEDOT .....	16
	4.1 Tuulen suunta ja –nopeus .....	16
	4.2 Lämpötila.....	17
	4.3 Sademäärä.....	18
	4.4 Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen.....	19
5	ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET .....	20
	5.1 Mitatut pitoisuudet .....	20
	5.2 Ilmanlaadun indeksi.....	22
6	ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU.....	23
	6.1 Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin.....	23
	6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin .....	25
	6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu .....	26
	6.4 Pitoisuuksien vertailua.....	28
	6.4.1 Typpidioksidi.....	28
	6.4.2 Hengitettävät hiukkaset .....	32
7	YHTEENVETO .....	36
	VIITELUETTELO .....	38
	LIITEKUVAT	

## Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

### Yksiköt:

µm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
µg/m <sup>3</sup>	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
°	aste (tuulen suunta)
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
°C	Celsiusaste (lämpötila)
atm	atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 °C
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm
ppb	parts per billion (miljardisosa) (pitoisuus)

### Lyhenteet:

PM <sub>10</sub>	hengitettävät hiukkaset = alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM <sub>2,5</sub>	pienhiukkaset = alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
TSP	<u>T</u> otal <u>S</u> uspended <u>P</u> articles = kokonaisleijumaan kuuluvat hiukkaset
NO	typpimonoksidi
NO <sub>2</sub>	typpidioksidi
NO <sub>x</sub>	typen oksidit = typpimonoksidin ja typpidioksidin yhteismäärä ilmoitettuna typpidioksidina
N	pohjoinen (tuulen suunta), kun tuulee pohjoisesta tuulen suunta on 0° tai 360°
E	itä (tuulen suunta), kun tuulee idästä tuulen suunta on 90°
S	etelä (tuulen suunta), kun tuulee etelästä tuulen suunta on 180°
W	länsi (tuulen suunta), kun tuulee lännestä tuulen suunta on 270°



Kuva Birgitta Kompula, Ilmatieteen laitos.

## 1 JOHDANTO

Ilmatieteen laitos on mitannut vuosina 2008–2016 Kajaanin ilmanlaatua kaupungin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä. Mitattavat ilman epäpuhtaudet ovat typen oksidit (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) ja alle 10 mikrometrin kokoiset hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>). Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten mittausasemalla kerätään myös säätietoja (tuulen suunta ja nopeus, ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine). Mittaustuloksia voi seurata reaaliaikaisesti nettisivujen kautta (<http://ilmanlaatu.fmi.fi/kajaani/>). Sivustolla esitetään reaaliaikaisesti typenoksidi- ja hiukkaspitoisuudet, säätiedot sekä ilmanlaatua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Kajaanissa on seurattu ilmanlaatua mittauksin yhteistyössä teollisuuden, energiantuottajien ja kaupungin kanssa vuodesta 1991 alkaen. Vuosina 1991–1996 mittauksia tehtiin Pöllyvaaralla ja kaupungin keskustassa ja vuodesta 1997 alkaen kaupungin keskustassa. Kajaanin keskustassa mitattiin vuoden 2007 loppuun asti rikkidioksidin, typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Vuonna 2008 rikkidioksidin pitoisuusmittauksista luovuttiin, koska edeltävinä vuosina mitatut pitoisuudet olivat olleet hyvin pieniä. Kajaanin keskustan ilmanlaatumittaukset jatkuivat typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksilla. Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille vuosittain raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2017 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, YIT Infra Oy (asfalttiasema), NCC Industry (asfalttiasema) sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanin vuoden 2017 ilmanlaadun tarkkailu toteutettiin ilmanlaatuasetuksen (Vna 79/2017) mukaisella laadunvarmistustasolla. Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet Helena Saari ja Jatta Salmi (mittausten valvonta, mittaustulosten käsittely ja raportointi) sekä Jaakko Laakia, Kaj Lindgren ja Antti Wemberg (kenttätyöt, kalibroinnit ja laadunvarmistus). Kajaanin kaupungin yhdyshenkilönä on mittausasioissa toiminut ympäristönsuojelutarkastaja Paula Malinen.

## 2 TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

### 2.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä tulee ihmistoiminnoista ilmaan hapettuneessa muodossa typen oksideina eli typpimonoksidina (NO), typpidioksidina (NO<sub>2</sub>) ja typpioksiduulina (N<sub>2</sub>O) sekä pelkistyneessä muodossa ammoniakina (NH<sub>3</sub>). Typen oksideilla ja niiden muutuntatuotteilla on suoria kaasuvaikutuksia terveyteen ja kasvillisuuteen. Ne muodostavat osan happamoittavasta ja rehevöittävästä kokonaistyyppilaskeumasta, ilmakemiallisten reaktioiden kautta ne osallistuvat terveys- ja kasvillisuusvaikutuksia aiheuttavan sekä ilmakehän yleistä kemiallista aktiivisuutta lisäävän otsonin ja muiden hapettimien tuotantoon. Typen oksideista ainakin typpioksiduuli on niin sanottu kasvihuonekaasu eli se osaltaan voimistaa kasvihuoneilmiötä.

Typpidioksidi on väriltään punaruskea kaasu, joka toimii vahvana hapettimena. Se ja ammoniakki ovat vesiliukoisia. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidin pitoisuudet johtuvat pääasiassa autoliikenteestä, vaikka alueella olisi suuriakin typen oksidien pistepäästölähteitä. Typpidioksidin määrään vaikuttavat myös kemialliset muutuntareaktiot. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on annettu typpidioksidille, joka on terveyshaittojen kannalta tärkein typen oksidi. Myös sen muutuntatuote typpihapoke (HNO<sub>2</sub>) saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

Ulkoilmassa typen oksideille altistuminen on suurinta erilaisissa liikenneympäristöissä. Muita merkittäviä altistumisympäristöjä ovat sisätilat, joissa käytetään kaasuliesiä ja -lämmittimiä (asunnot, kesämökit ja matkailuajoneuvot) tai ajetaan bensiini- ja nestekaasukäyttöisillä huoltoajoneuvoilla (jäähallit, näyttely- ja varastotilat, työympäristöt).

Hengitystiet ovat ainoa merkityksellinen altistumisreitti typen oksideille. Sisäänhengityksen yhteydessä 80–90 prosenttia typpidioksidista imeytyy hengitysteiden limakalvoilta; lepo hengityksessä merkittävä osa tästä tapahtuu jo ylähengitysteissä. Ruumiillisen rasituksen aikana suuhengitys lisääntyy ja typpidioksidi tunkeutuu syvemmälle alempiin hengitysteihin. Suurin altistuminen tapahtuu keuhkojen ääreisosissa lähellä kaasujenvaihtoaluetta. Typpidioksidi voi pysyä keuhkoissa suhteellisen pitkään joko sellaisenaan tai kemiallisina aineenvaihduntatuotteina. Altistuksen jälkeen verestä ja virtsasta on mitattu nitriittejä ja nitraatteja vastaavia happoja.

Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatit, joiden hengitysoireita ohjearvotason ylittävät pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmatikoille, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta, yskää ja limannousua.

Typenoksidipitoisuuden (kokonais-NO<sub>x</sub>) tuntikeskiarvojen maksimit kohoavat maamme suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyissä katukuiluissa ajoittain jopa yli 1000–1500 µg/m<sup>3</sup>:aan. Suurempien taajamien typen oksidien ilmakemialle



on ominaista, että otsoni kuluu loppuun muutuntareaktioissa. Tällöin typpidioksidin muodostuminen hidastuu, vaikka ilmassa olisi vielä runsaasti typpimonoksidia. Maamme kaupungeissa esiintyy ajoittain meteorologisia erityistilanteita eli ns. inversiotilanteita, joiden aikana on lähes tyyntä ja sekoittumiskerros on hyvin matala. Tällöin päästöjen sekoittuminen ja laimeneminen on heikkoa ja muun muassa autoliikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet kohoavat epätavallisen korkeiksi.

Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat suurissa kaupungeissa keskimäärin 20–30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Viikokaimilla teillä ja katukuiluosuuksilla pitoisuudet voivat olla lähellä vuosiraja-arvoa 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 10–20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Komppula, ym., 2014). Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa. Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat viime vuosina olleet Etelä-Suomessa noin 2–6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

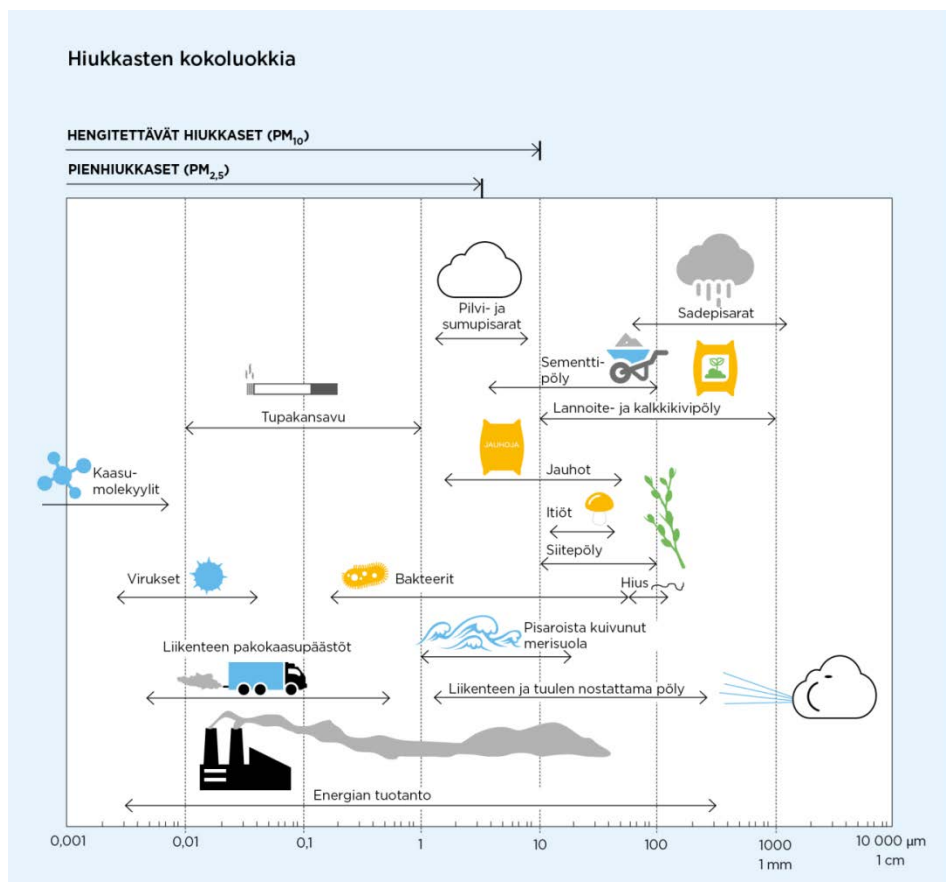
## 2.2 Hiukkaset

Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maassamme. Hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös suorat päästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista sekä autojen pakokaasuista. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia, joiden massa on varsin pieni ja lukumäärä suuri. Myös kaasumaisista yhdisteistä muodostuu ilmakehässä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja metalleja. Liikenteen pakokaasuhiukkaset ovat suurelta osin peräisin dieselajoneuvoista. Näiden hiukkasten haitallisuutta kuvaa se, että niiden on arvioitu sekä ulko- että kotimaisissa terveysvaikutustutkimuksissa lisäävän syöpäriskiä ihmisissä.

Ulkoilman hiukkasten koko on eri tavoin yhteydessä niiden terveysvaikutuksiin. Kokonaisleijumalla tarkoitetaan pölyä, johon saattaa sisältyä kooltaan varsin suuriakin, halkaisijaltaan jopa kymmenien mikrometrien hiukkasia. Tällaisten hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista varsinkin keväisin, kun hiekoitushiekasta peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Suurin osa kokonaisleijuman hiukkasista on niin isoja, että ne jäävät ihmisten lähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Kokonaisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Suspended Particles.

Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset aina keuhkorakuihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot ja pienhiukkasille vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo. Hengitettävistä hiukkasista ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub> (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin mittaustaikojen lähistöllä tapahtuvista polttoprosesseista peräisin olevaa materiaalia, esimerkiksi liikenteestä ja energiantuotannosta tulleita hiiliyhdisteitä. Kokoluokassa 0,1–1 mikrometriä hiukkaset ovat pääasiassa kaukokulkeutunutta ainesta. Nämä hiukkaset edustavat suoraa hiukkaspäästöjä tai ovat syntyneet kaasuhiukkasmuuntuman seurauksena. Halkaisijaltaan yli 1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat yleensä mekaanisesti syntyneitä. Ne ovat esimerkiksi nousseet maasta ilmaan tuulen tai liikenteen nostattamana. Nämä hiukkaset koostuvat lähinnä maa-aineksesta, meriaerosoleista ja orgaanisesta materiaalista, kuten kasvien osista ja siitepölyistä sekä niiden pinnalle kiinnittyneistä hiukkasista. Isoiksi hiukkasiksi luokitellaan halkaisijaltaan yli 2,5 mikrometrin kokoiset hiukkaset. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Palamisprosesseista peräisin olevat hiukkaset saattavat olla rikastuneita jonkun tietyn alkuaineen tai muun merkkiaineen suhteen. Esimerkiksi vanadiinia ja nikkeliä tulee ilmakehään öljynpoltosta, kaliumia orgaanisen materiaalin poltosta ja arseenia, molybdeeniä, seleeniä sekä rikkiä hiilen poltosta. Poltto- ja teollisuusprosesseista peräisin olevat hiukkaset sisältävät useita terveydelle haitallisia alkuaineita, kuten arseeni, kadmium, nikkeli ja lyijy. Näitä aineita voi myös rikastua maaperään, jolloin niitä löytyy maasta takaisin ilmaan nousseista hiukkasista. Tyypillisiä maaperästä tulevia alkuaineita ovat alumiini, barium,



kalsium, rauta, rubidium, pii, strontium sekä titaani, jotka esiintyvät enimmäkseen isoissa hiukkasissa.

Hiukkasista aiheutuvat merkittävimmät terveyshaitat lapsille, vanhuksille sekä astmaa, pitkäaikaista keuhkoputkentulehdusta ja sydäntauteja sairastaville. Hiukkaspitoisuuden kohoaminen lisää astmakohtauksia ja hengitystietulehduksia sekä heikentää keuhkojen toimintakykyä. Ulko- ja kotimaisissa terveysvaikutustutkimuksissa on lisäksi todettu, että hiukkaspitoisuuden kohotessa myös kuolleisuus ja sairaalahoitotarpeen määrä saattavat lisääntyä. Pitkäaikaisella liiallisella keuhkojen hiukkaskuormituksella voi olla yhteys keuhkosityövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuusta huhtikuussa tuulen ja liikenteen nostaman katupölyn vaikutuksesta maanpinnan kuivuessa, mutta pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa usein myös syys-marraskuussa talvirengaskauden alettua. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi.

Hengitettävälle hiukkasille annettu vuorokausiohjearvo ylittyy keväisin yleisesti Suomen kaupungeissa. Korkeimmat mitatut hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat olleet useiden maamme kaupunkien keskustojen liikenneympäristöissä yli  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja esikaupunkialueilla yli  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sallittu 35 ylitystä/vuosi) on ylittynyt viimeksi vuonna 2006 Helsingin keskustassa. Sen sijaan vuorokausipitoisuuden raja-arvon numeroarvo eli raja-arvoa vastaava pitoisuustaso,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ylittyy vuosittain yleisesti maamme kaupungeissa lähinnä keväisin.

Vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo alittuu Suomessa. Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Komppula ym., 2014). Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat viime vuosina olleet Etelä-Suomessa noin  $9\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin  $3\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 2.3 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

*Ohjearvot* ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvoilla esitetään riittävän hyvän ilmanlaadun tavoitteet. Ohjearvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään ennakolta ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot (taulukko 1) on määritelty valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (*Vnp 480/1996*).

*Raja-arvot* ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot (taulukko 2) on määritelty valtioneuvoston antamassa ilmanlaatuasetuksessa (*Vna 79/2017*).

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, sillä työpaikka-alueilla sovelletaan omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä. Raja-arvojen noudattamista ei myöskään arvioida liikenneväylillä eikä alueilla, jonne yleisöllä ei ole vapaata pääsyä ja joilla ei ole pysyvää asutusta.

Taulukko 1 Ulkoilman typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (*Vnp 480/1996*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	150	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 2. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (Vna 79/2017). Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	1 tunti	200	18
	kalenterivuosi	40	–
Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	24 tuntia	50	35
	kalenterivuosi	40	–
Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2,5}$ )	kalenterivuosi	25	–

### 3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS

#### 3.1 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet

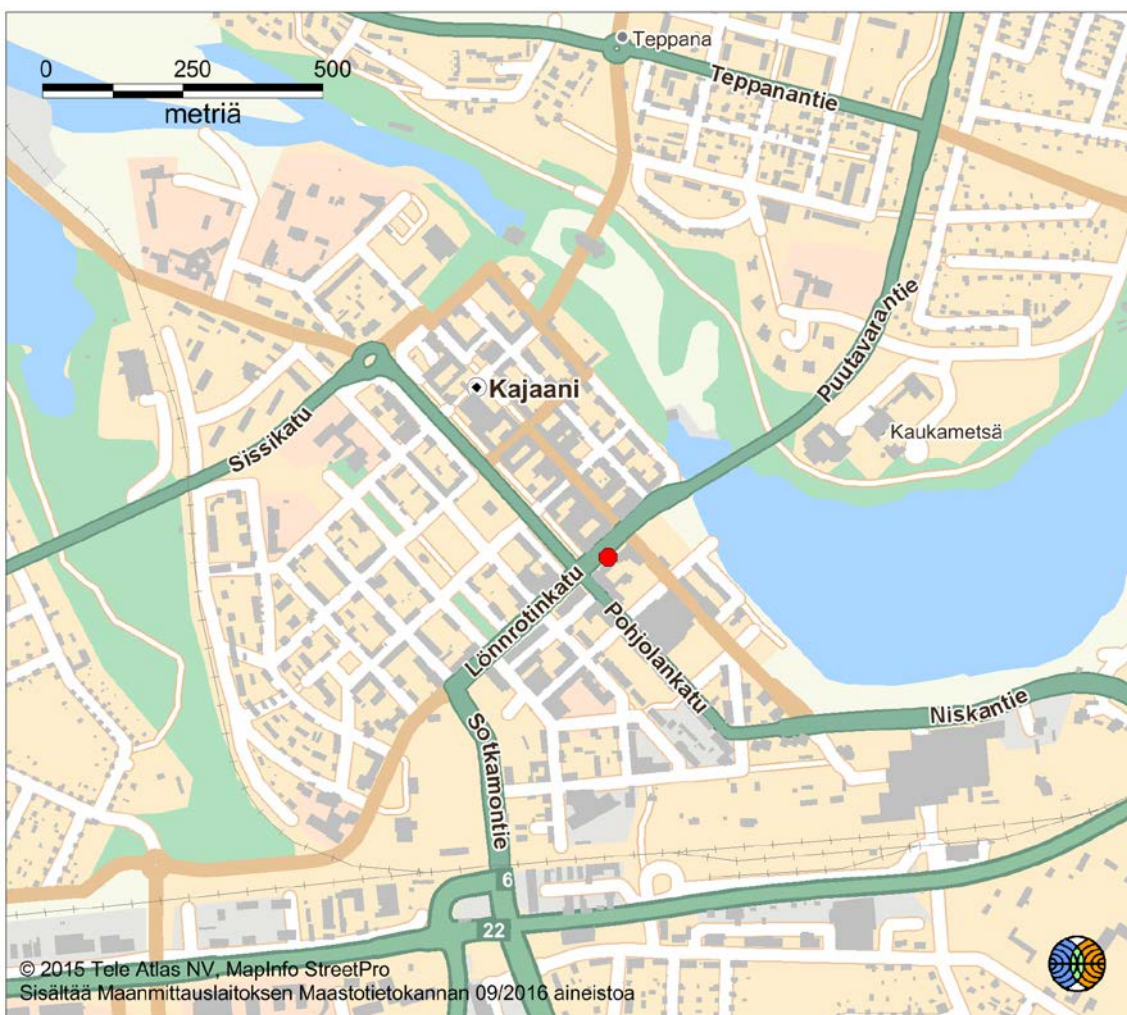
Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tavoitteita ovat ilman epäpuhtauksille annettujen ohje- ja raja-arvojen valvonta sekä päästövähennysten ja muiden ilmansuojelutoimenpiteiden tehokkuuden ja vaikutusten selvittäminen. Tarkkailun tuloksia on mahdollista käyttää myös erilaisten ilmanlaatua parantavien toimien, kuten esimerkiksi keväisin esiintyvien katupölyhaittojen torjunnan suunnitteluun ja katujen siivouksen ja pölynsidonnan toimien oikeaan ajoittamiseen. Ilmanlaadun seurannalla saadaan tietoja myös liikenteen, rakentamisen ja maankäytön suunnitteluun.

Tarkkailumittauksin saadaan reaaliaikaista tietoa kunnan ilmanlaadusta ja voidaan selvittää useimpien vuosien tulosaineistoista ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien ajallista kehitystä. Mittaukset palvelevat myös laitosten lupamääräysten toteutumisen valvontaa. Keskeisiä ilmanlaadun tarkkailun tavoitteita ovat ilmanlaatutiedon tuottaminen viranomaisille ja yrityksille ilmansuojeluun liittyvien päätösten perusteeksi sekä kuntalaisille ja laajemmallekin yleisölle tapahtuvaa ilmanlaatutiedottamista varten. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten tulokset sekä mittaustuloksista lasketut ilmanlaatuindeksin arvot ovat ajantasaisina ja historiatietoina julkisesti nähtävillä Kajaanin kaupungin nettisivuilla.

Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Tarkistetut ja validoidut mittaustulokset raportoidaan EU:lle vuosittain maaliskuussa. Kajaanin mittausasema on ainoa hengitettävien hiukkasten raja-arvoa valvova mittausasema Kainuun ELY-keskuksen seuranta-alueella.

### 3.2 Mittausaseman sijainti

Ilmatieteen laitos on mitannut ilmanlaatua vuoden 2008 maaliskuusta alkaen Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä sijaitsevalla mittausasemalla. Säätilaa on seurattu samassa mittauspisteessä. Mittausaseman sijainti on esitetty kartalla kuvassa 2. Lönnrotinkatu on Kajaanin keskustan vilkkaimmin liikennöity katu. Lönnrotinkadun liikennemäärä on vuoden 2012 liikennelaskennan mukaan 18 440 ajoneuvoa vuorokaudessa. Mittausasema sijaitsee keskellä korttelia siten, että etäisyys sekä Kauppakadun että Pohjolankadun risteykseen on noin 50 metriä. Molemmissa läheisissä risteyksissä on liikennevalot, joten autot pysähtelevät tyhjäkäynnille varsin lähelle mittausasemaa. Mittauspaikan sijaintia ja ympäristöä on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 2. Kajaanin ilmanlaadun mittausaseman sijainti (●) keskustassa Lönnrotinkadulla.



Kuva 3. Kajaanin Keskustan ilmanlaadun mittausasema kaupunginteatterin ja kaupungitalon kupeessa, kuvattuna Kauppakadun ja Lönnrotinkadun risteyskseen suunnasta. Kuva Birgitta Kompula, Ilmatieteen laitos.

### 3.3 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kansallisen ilmanlaadun mittausohjeen (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten laatujärjestelmän mukaisesti:

[http://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen\\_laitoksen\\_ilmanlaatumittausten\\_laatuja\\_rjestelmien\\_kuvaus.pdf](http://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittausten_laatuja_rjestelmien_kuvaus.pdf).

Kajaanin keskustan mittausaseman jatkuvatoimisilla automaattisilla analyysointilaitteilla mitattiin typen oksidien (NO, NO<sub>2</sub> ja NO<sub>x</sub>) ja halkaisijaltaan alle 10 µm:n suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuuksia. Näytteenotto tapahtui mittausaseman katolla olevista sondeista noin 4 metrin korkeudelta. Typen oksidien pitoisuusmäärityksissä käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määritysmenetelmää. Hengitettävien hiukkasten pitoisuutta mitattiin beetasäteilyn absorptioon ja valon sirontaan perustuvalla menetelmällä. Lisäksi havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta noin 4 metrin korkeudelta maanpinnasta. Mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet on esitetty taulukossa 3.



Taulukko 3. Kajaanin ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typhen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i
Hengitettävät hiukkaset	beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT520

Typhen oksidien (NO<sub>x</sub>) mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14211:2012. Ambient air quality - Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence.

Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) jatkuvatoimiset mittaukset perustuvat CEN:n teknisen komitean CEN/TC 264 valmistelemaan tekniseen ohjeeseen EN 16450:2017 *Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>)*. PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkanalysointilaitteiden antamien tulosten vastaavuus PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> gravimetrisiin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*. Kajaanissa käytössä olevalle Sharp 5030 -analysointilaitteelle on käytetty vertailulaboratorion suosituksen mukaista kerrointa 1,242.

Ilmanlaadun ja sääparametrien mittaustulokset kerättiin mittausasemalla minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin edelleen tunti- ja vuorokausikeskiarvot sekä muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibroitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

### 3.4 Kalibroitimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibroitien suorittamiseen, kalibroitien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typhen oksidien mittalaitteen kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla. Kalibroitipisteet kattoivat pitoisuusalueen 0–1000 ppb. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibroitulosten perusteella. Kalibroitien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset.

Typhen oksidien mittalaite kalibroidiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimena käytettiin kenttälaimenninta. Laimentimesta tuotettiin kalibroitipitoisuusarvot, jotka varmennettiin (kalibroidiin) ilmanlaatumittauksen kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitua typhen oksidien analysointilaitteeseen. Kenttälaimentimen tuottamien typpimonoksidin (NO) pitoisuuksien jäljitettävyyden siirtyä laboratorion



oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Kalibrointien perusteella Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tyyppien oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Mittatekniikan keskuksen (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043.

Tyyppien oksidien mittalaitteet kalibroidiin vuonna 2017 tammikuussa, huhtikuussa, kesäkuussa, elokuussa sekä joulukuussa. Elokuun kalibroinnin yhteydessä osallistuttiin Ilmanlaadun kansallisen vertailulaboratorion järjestämään vertailumittauskampanjaan ja laatu järjestelmien auditointiin. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot laitetoimittajien ohjeiden mukaisesti ja tarvittaessa vaihdettiin mittalaitteiden kuluvia osia. Tyyppien oksidien näytteenotto- ja puhdistuslaitteiden tarkistettiin ja puhdistettiin kalibrointien yhteydessä ja analysointilaitteiden hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä. Hiukkasmittalaitteen näytteenotto- ja puhdistuslaitteiden kunnossapidon tarkistettiin ja puhdistettiin mittausasemalla käynnin yhteydessä. Hiukkasmittalaitteet kalibroidiin valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Tyyppien oksidien ja hiukkasten mittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatu tavoitteet koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä jatkuvissa mittauksissa laatu tavoite on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

## 4 SÄÄTIEDOT

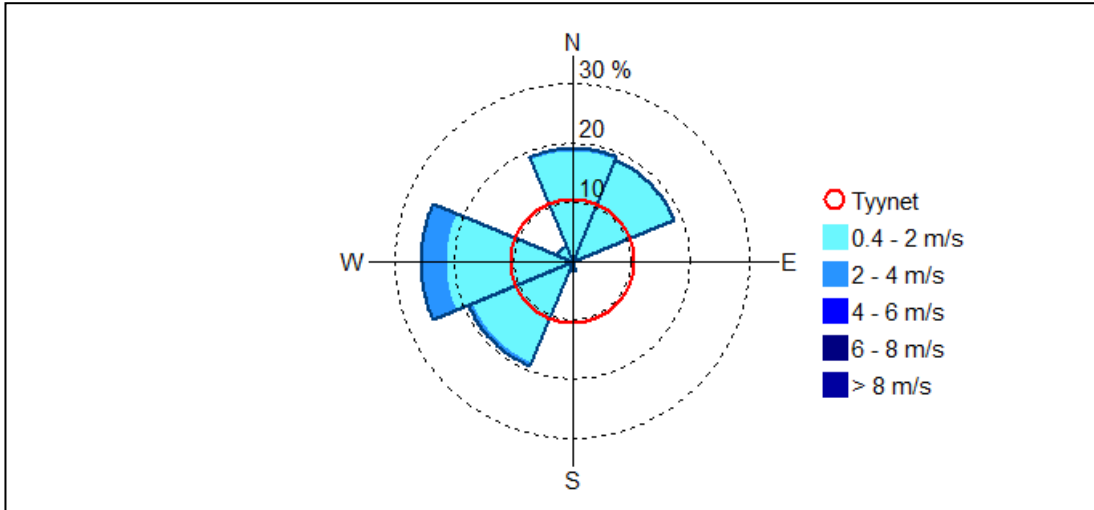
### 4.1 Tuulen suunta ja –nopeus

Kajaanin Keskustan tuulimittaus sijaitsee Lönnrotinkadun varrella samassa mittauspisteessä kuin ilmanlaadun mittauksetkin. Koska mittausasema sijaitsee varsin lähellä teatterin ja kaupungintalon seinustaa, on mittausasema itä-, kaakkois- ja etelätuulien osalta rakennusten katveessa ja käytännössä näitä tuulensuuntia ei mittauspisteessä esiinny juuri lainkaan. Voimakkaammilla itä-, kaakkois- ja etelätuulilla rakennukset aiheuttavat lähikadun kautta kulkevia pyörrevirtauksia. Siten tuulimittaukset edustavat hyvin kyseisen kadun mikrometeorologiaa. Kajaanin Lönnrotinkadun mittausaseman tuulianturi sijaitsee noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta.

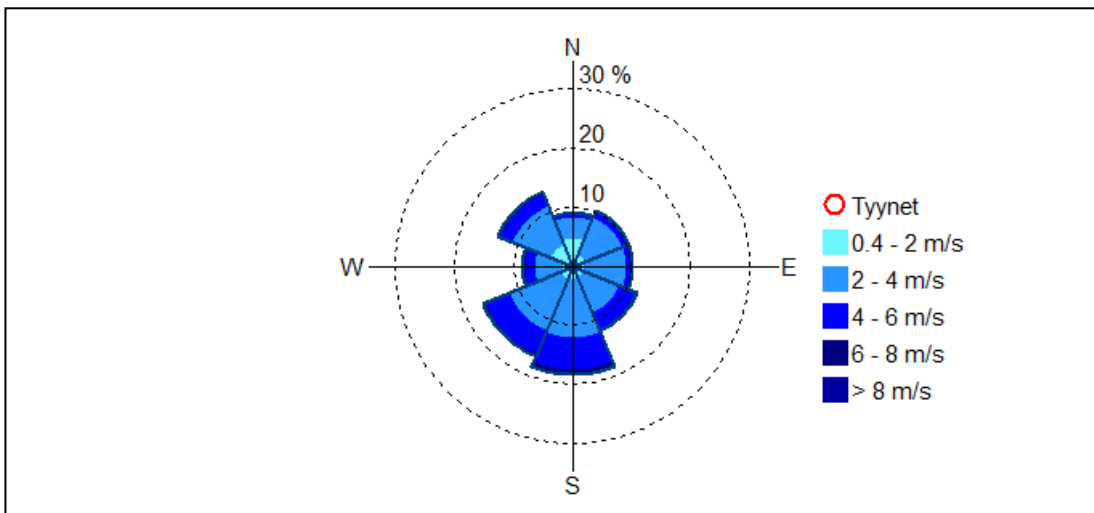
Kuvassa 4 on esitetty vuoden 2017 tuulimittausaineistoa kuvaava tuuliruusu Lönnrotinkadun mittausasemalta. Kuvassa 5 on esitetty vuoden 2017 tuuliruusu Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Vieremän Kaarakkalasta, joka sijaitsee noin 60 km päässä Kajaanin keskustasta. Vieremän sääaseman havaintojen voidaan katsoa kuvaavan laajasti Kainuun alueen tuulisuutta. Vallitsevat tuulensuunnat olivat Kainuun alueella vuonna 2017 etelä ja lounas. Kajaanin Lönnrotinkadulla vallitsevat tuulensuunnat olivat Lönnrotinkadun suuntaisia.

Tuuliruusujen keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa ko. tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulenopeuksien prosentuaaliset

osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.



Kuva 4. Tuuliruusu Kajaanissa Lönnrotinkadulla havaituista tuulista vuonna 2017.

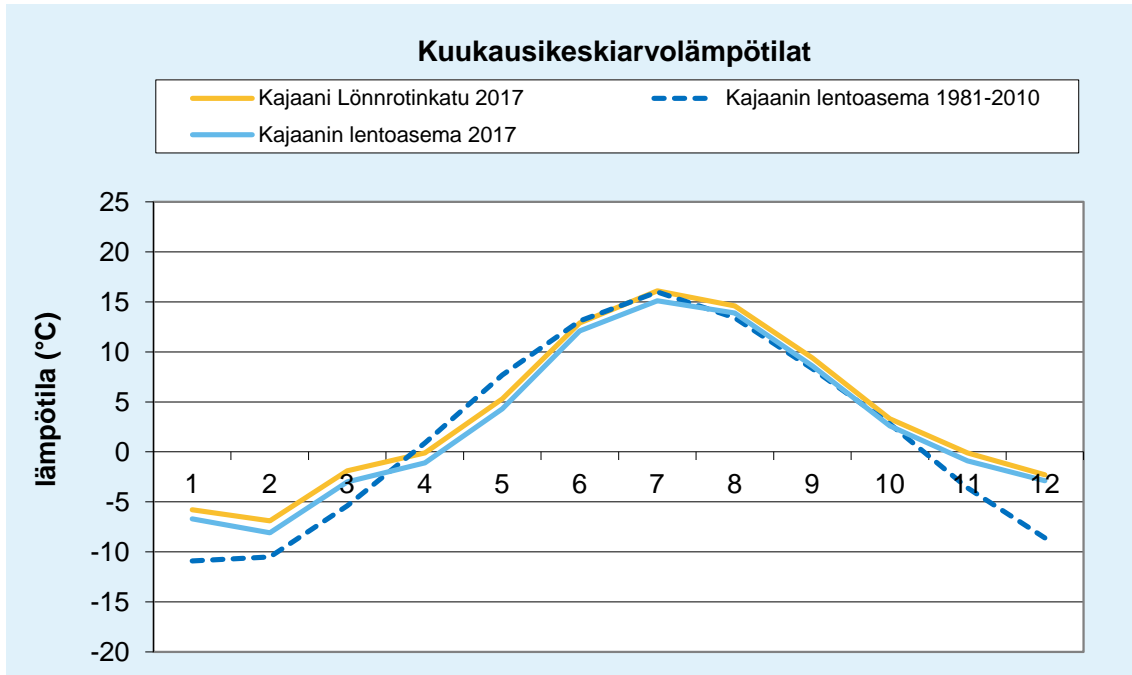


Kuva 5. Tuuliruusu Vieremän Kaarakkalassa havaituista tuulista vuonna 2017.

## 4.2 Lämpötila

Kuvassa 6 on verrattu Kajaanin keskustassa mitattuja lämpötilan kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen Kajaanin lentoaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2017 ja pitkäaikaiskeskiarvoihin vuosilta 1981–2010. Raportin lopussa olevissa liitekuvissa 1–4 on esitetty Lönnrotinkadun mittausasemalla mitatut ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden sekä ilmanpaineen tuntikeskiarvot vuodelta 2017.

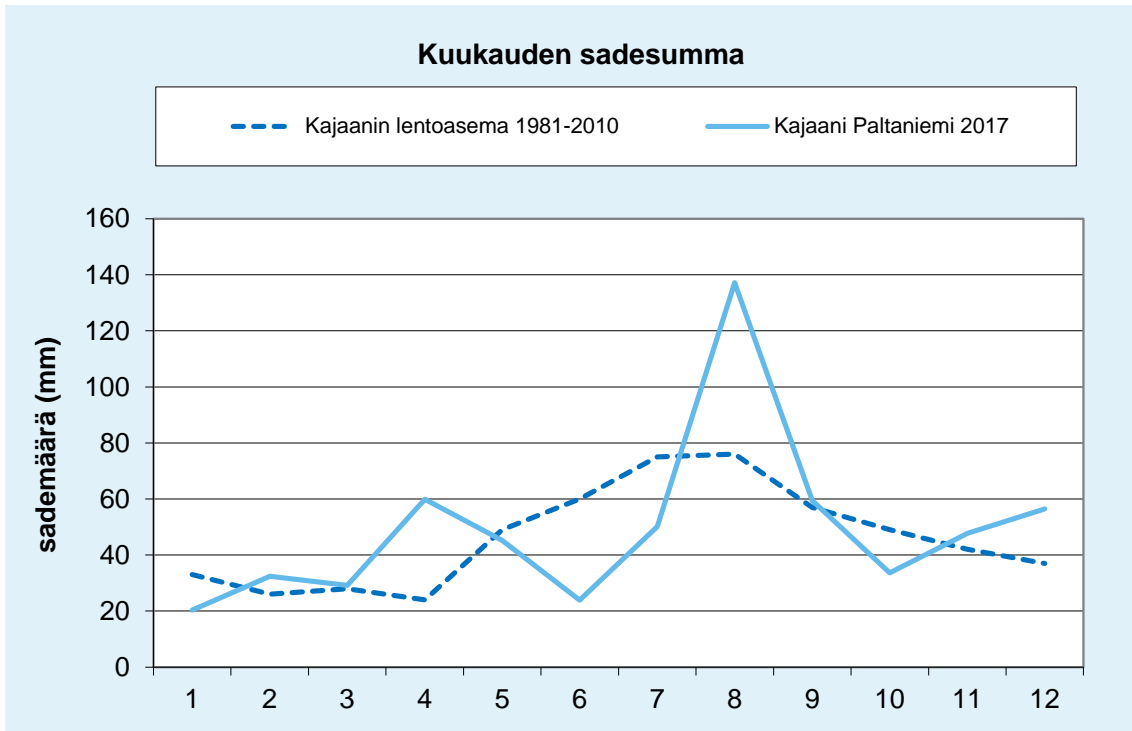
Keskilämpötila vuonna 2017 Kajaanin Lönnrotinkadun mittausasemalla oli 3,7 °C ja Kajaanin lentoasemalla 2,8 °C. Vuoden 2017 keskilämpötila oli suuressa osassa maata 0,5–1 astetta tavanomaista korkeampi. Kajaanin lentoasemalla vuoden keskilämpötila oli 0,8 astetta korkeampi kuin vertailukaudella 1981–2010. Suhteessa lämpimintä oli tammi–maaliskuussa ja marras–joulukuussa, jolloin keskilämpötila oli 2–6 astetta tavanomaista korkeampi.



Kuva 6. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla ja Kajaanin lentoasemalla vuonna 2017 sekä vertailukauden 1981–2010 lämpötilan pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2018a; Pirinen ym., 2012*).

### 4.3 Sademäärä

Kuvassa 7 on esitetty Kajaanin Paltaniemessä vuonna 2017 mitatut sademäärät sekä Kajaanin lentoasemalla vertailukaudella 1981–2010 mitatut sademäärät. Maan etelä- ja itäosassa vuosi 2017 oli tavanomaista sateisempi, etenkin maan eteläosassa paikoin harvinaisen sateinen. Kajaanin Paltaniemessä satoi koko vuonna 596 mm, mikä on 40 mm enemmän kuin vertailukautena 1981–2010. Sateisinta oli elokuussa. Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla mitatut vuorokausisademäärät on esitetty raportin lopussa liitekuvassa 5.



Kuva 7. Kuukausisademäärä Kajaanin Paltaniemessä vuonna 2017 sekä vertailukauden 1981–2010 sademäärien pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla (Ilmatieteen laitos, 2018a; Pirinen ym., 2012).

#### 4.4 Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen

Ilmakehän tasapainotila määritellään lämpötilan pystyjakauman avulla vertaamalla vallitsevaa tilannetta neutraaliin tilaan, jossa lämpötila laskee ylöspäin mentäessä celsiusasteen sataa metriä kohden. Kun lämpötila laskee tätä enemmän, nimitetään tasapainoa epävakaaksi eli labiiliksi. Kun taas lämpötila laskee vähemmän kuin neutraalissa tilanteessa, tila on vakaa, stabiili. Tasapainotilaan vaikuttavat lämpötilan lisäksi muun muassa auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu.

Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävakaa, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti. Liikenteen päästöistä aiheutuvat maksimipitoisuudet esiintyvät yleensä stabiileissa tilanteissa. Stabiilit tilanteet ovat yleisimpiä yöllä ja talvella, ja maaseudulla niitä esiintyy useammin kuin kaupungeissa.

Ns. inversiotilanteessa lämpötila nousee korkeuden kasvaessa ja ilmakehän tila on erittäin stabiili. Maanpintainversiossa lämpötilan nousu alkaa maanpinnasta ulottuen muutamia satoja metrejä ylöspäin. Maanpintaa lähellä oleva kylmempi ilma jää sitä ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Sekoittuminen maanpinnalta ylöspäin on heikkoa koko inversiokerroksessa. Tällöin erityisesti liikenteen päästöt hajaantuvat hyvin huonosti. Epäpuhtaudet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle. Inversiokerroksessa tuuli on heikkoa ja vahvan inversion yhteydessä maanpintatasolla on tyynä. Tyynessä tilanteessa ilma ei kykene kuljettamaan päästöjä kauemmaksi lähteistä ja myös pystysuuntaiset ilman liikkeet ovat rajoitetut inversion vaikutuksesta. Sen sijaan korkeista piipuista tulevat

energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan.

Yläinversiossa lämpötilan nousu alkaa maanpinnan yläpuolelta. Yläinversion vallitessa sekoittuminen korkeussuunnassa tiettyä rajaa ylemmäksi estyy. Matalan yläinversion tapauksessa pitoisuudet maanpinnalla saattavat olla korkeita. Jos kuitenkin yläinversion korkeus on useita satoja metrejä, sen vaikutus pitoisuuksiin lähellä maanpintaa on yleensä vähäinen kaupunkialueilla.

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Autoliikenne on haitallisin päästölähderyhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle.

Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumen sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

## **5 ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET**

### **5.1 Mitatut pitoisuudet**

Kajaanin keskustan Lönnrotinkadun ilmanlaadun tarkkailupisteessä vuonna 2017 mitatut typen oksidien sekä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on esitetty taulukoissa 5–8 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina.

Raportin lopussa olevissa liitekuvin 6–13 on esitetty vuonna 2017 Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntiarvot ja vuorokausikeskiarvot yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (typen oksidit  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , hengitettävät hiukkaset ulkoilman lämpötilassa).

Vuosikeskiarvot Lönnrotinkadun ilmanlaadun mittauspisteessä olivat seuraavat: typpimonoksidi (NO)  $9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )  $16\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , typen oksidit (kokonais- $\text{NO}_x$  typpidioksidina ilmaistuna)  $29\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )  $11\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Taulukko 4. Kajaanin keskustassa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2017.

NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2017											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TUNTIARVOJEN</b>												
lukumäärä	733	672	743	715	744	717	744	737	720	744	720	740
kattavuus (%)	98.5	100	99.9	99.3	100	99.6	100	99.1	100	100	100	99.5
keskiarvo	12	14	8	6	5	4	5	6	9	12	13	10
99. %-piste	114	124	48	26	26	15	17	24	48	96	60	48
korkein arvo	221	273	157	52	59	18	21	43	74	218	176	113
<b>VRK-ARVOJEN</b>												
lukumäärä	30	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
2. korkein arvo	47	54	20	10	7	7	8	10	21	28	23	17
korkein arvo	49	63	24	13	13	9	9	12	21	50	43	29

Taulukko 5. Kajaanin keskustassa mitatut typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) pitoisuudet vuonna 2017.

NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2017											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TUNTIARVOJEN</b>												
lukumäärä	733	672	743	715	744	717	744	737	720	744	720	740
kattavuus (%)	98.5	100	99.9	99.3	100	99.6	100	99.1	100	100	100	99.5
keskiarvo	22	27	24	20	14	8	10	11	10	13	16	16
99. %-piste	84	84	82	54	37	28	31	35	34	54	61	53
korkein arvo	103	97	108	73	50	36	38	48	42	81	86	61
<b>VRK-ARVOJEN</b>												
lukumäärä	30	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
2. korkein arvo	42	49	41	31	23	16	17	17	22	32	36	28
korkein arvo	45	62	43	32	26	16	18	17	22	33	46	28

Taulukko 6. Kajaanin keskustassa mitatut typpidioksidin (NO<sub>x</sub>) pitoisuudet vuonna 2017.

NO <sub>x</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2017											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TUNTIARVOJEN</b>												
lukumäärä	733	672	743	715	744	717	744	737	720	744	720	740
kattavuus (%)	98.5	100	99.9	99.3	100	99.6	100	99.1	100	100	100	99.5
keskiarvo	41	49	35	28	21	14	18	20	25	32	36	31
99. %-piste	274	269	147	92	80	46	54	68	100	218	142	122
korkein arvo	429	514	348	133	118	58	61	108	139	390	355	222
<b>VRK-ARVOJEN</b>												
lukumäärä	30	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
2. korkein arvo	113	132	70	45	33	25	30	31	47	77	72	51
korkein arvo	117	159	77	49	46	29	31	35	50	109	112	73



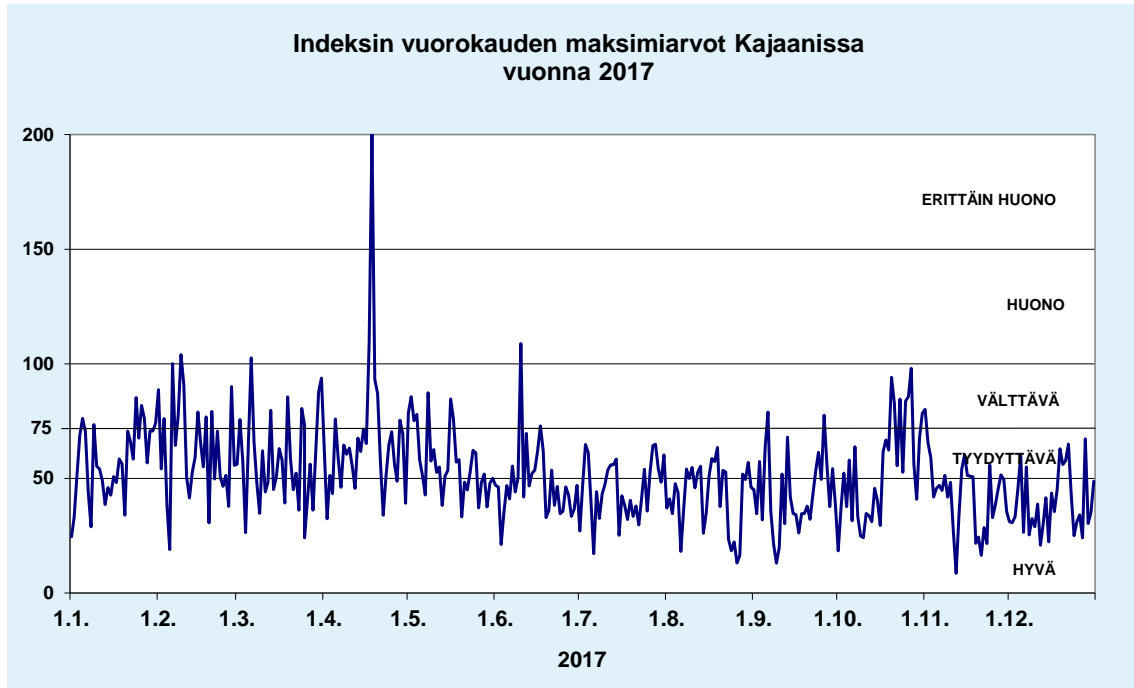
Taulukko 7. Kajaanin keskustassa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuudet vuonna 2017.

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2017											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TUNTIARVOJEN</b>												
lukumäärä	742	672	743	717	741	692	744	742	720	719	716	741
kattavuus (%)	99.7	100	99.9	99.6	99.6	96.1	100	99.7	100	96.6	99.4	99.6
keskiarvo	10	11	10	18	13	11	12	10	10	12	7	6
99. %-piste	43	74	72	87	56	34	34	29	41	71	32	14
korkein arvo	60	108	105	225	75	118	38	36	58	96	55	26
<b>VRK-ARVOJEN</b>												
lukumäärä	31	28	31	30	31	28	31	31	30	30	30	31
2. korkein arvo	22	31	23	45	27	21	23	20	20	35	12	11
korkein arvo	22	35	43	74	30	21	25	21	21	49	21	11

## 5.2 Ilmanlaadun indeksi

Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono. Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksia. Tunneittaiset indeksiarvot ja mitatut tuntipitoisuudet ovat nähtävillä Kajaanin kaupungin www-sivuilla reaaliaikaisesti ja historiatietoina.

Kuvassa 8 on esitetty yhteenveto vuoden 2017 vuorokauden maksimiindeksiarvoista. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 50 %, tyydyttävää 39 % ja välttävää 10 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa neljänä päivänä (1 % päivistä) ja erittäin huonoa yhtenä päivänä, syynä olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet. Huonon ilmanlaadun tilanteista 4 kpl ajoittui hiekoituskaudelle johtuen katujen liukkaudentorjunnasta ja kevätpölyämisestä, jolloin talven aikana hienoksi jauhautunut hiekoitushiekka lumien sulettua pölyä ilmaan liikenteen ja tuulen aiheuttamien ilmavirtausten vaikutuksesta. Hiekoituskauden ulkopuolella ilmanlaatu oli huono kohonneiden hiukkaspitoisuuksien vuoksi tunnin ajan 10.6. Yksittäiset lyhytaikaisesti kohonneet hiukkaspitoisuudet voivat johtua työkoneiden käytöstä mittausaseman lähellä (esim. ruohonleikkaus, kaivuutyöt, lumenauraus) tai viikonloppuöiden ”korttelirallista”.

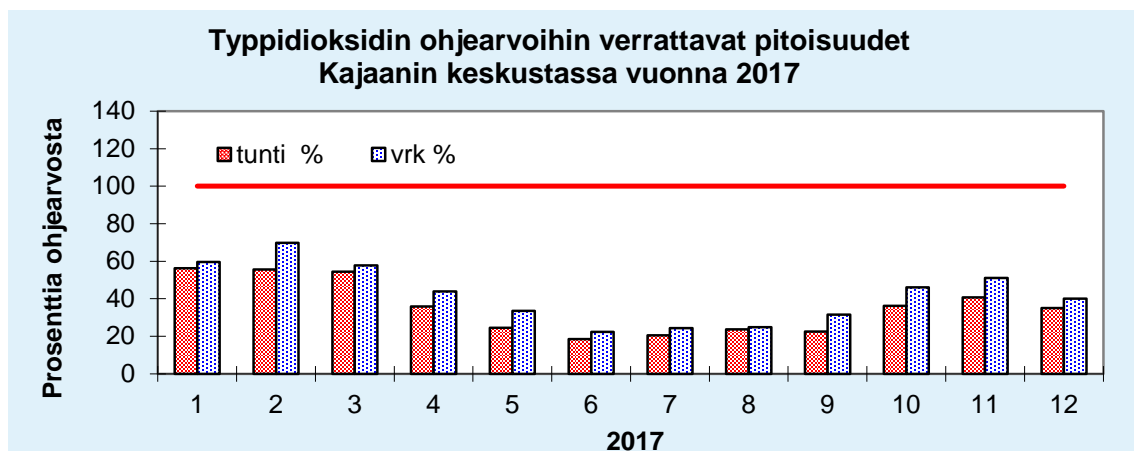


Kuva 8. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Kajaanin keskustassa vuonna 2017.

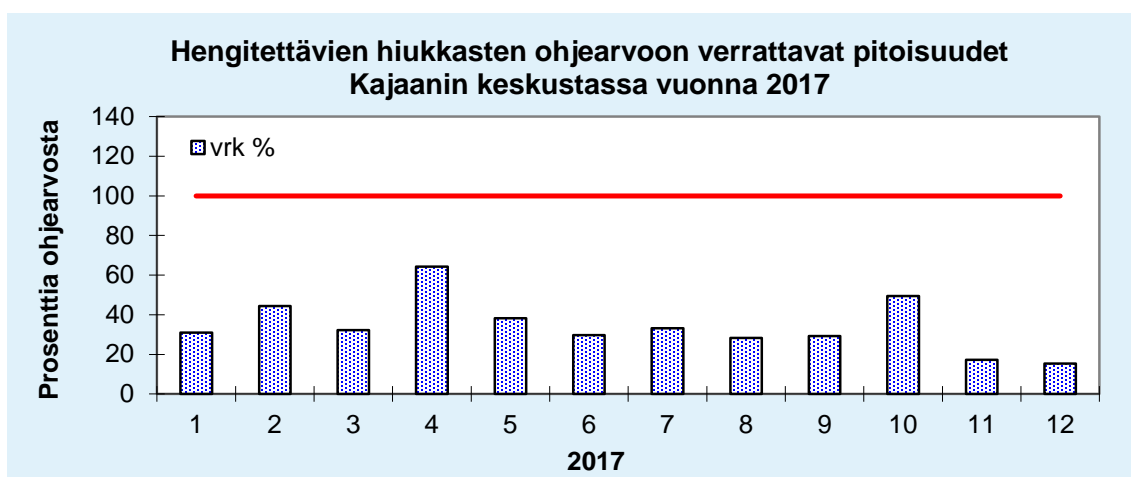
## 6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin

Kuvissa 9–10 ja taulukossa 9 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä pitoisuuksien suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2017.



Kuva 9. Typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2017. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vuorokausiohjearvo  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nämä ovat kuvan ohjearvotasot = 100 % ohjearvosta.



Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2017. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on 70 µg/m<sup>3</sup> = kuvan ohjearvotaso = 100 % ohjearvosta. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.

Taulukko 8. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2017.

Kajaani 2017	NO <sub>2</sub> tunti		NO <sub>2</sub> vrk		PM <sub>10</sub> vrk	
	99. %-piste (µg/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta	2. suurin vrk-arvo (µg/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta	2. suurin vrk-arvo (µg/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta
Tammikuu	84	56	42	60	22	31
Helmikuu	84	56	49	70	31	44
Maaliskuu	82	54	41	58	23	32
Huhtikuu	54	36	31	44	45	64
Toukokuu	37	25	23	33	27	38
Kesäkuu	28	19	16	22	21	30
Heinäkuu	31	21	17	24	23	33
Elokuu	35	24	17	25	20	28
Syyskuu	34	23	22	32	20	29
Lokakuu	54	36	32	46	35	49
Marraskuu	61	41	36	51	12	17
Joulukuu	53	35	28	40	11	15
Ohjearvo	150		70		70	

Typpidioksidin pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2017. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin tuntipitoisuudet vaihtelivat välillä 19–56 % ohjearvosta. Vuorokausipitoisuudet vaihtelivat välillä 22–70 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin helmikuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat 15–64 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli suurimmillaan kevätpölykaudella huhtikuussa, mutta ohjearvo ei ylittynyt tällöinkään.

Kajaanissa vuonna 2017 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa (79/2017) annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. Yhdeksänneksitoista suurin tuntiarvo oli  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 43 % raja-arvosta. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 40 % raja-arvosta  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ylittyi vuonna 2017 kerran, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitys tapahtui keväällä kevätpölykaudella. 36. suurin vuorokausiarvo oli  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 42 % raja-arvosta. Vuosiraja-arvoon,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , verrattava vuosikeskiarvo oli  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 28 % raja-arvosta.

## 6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

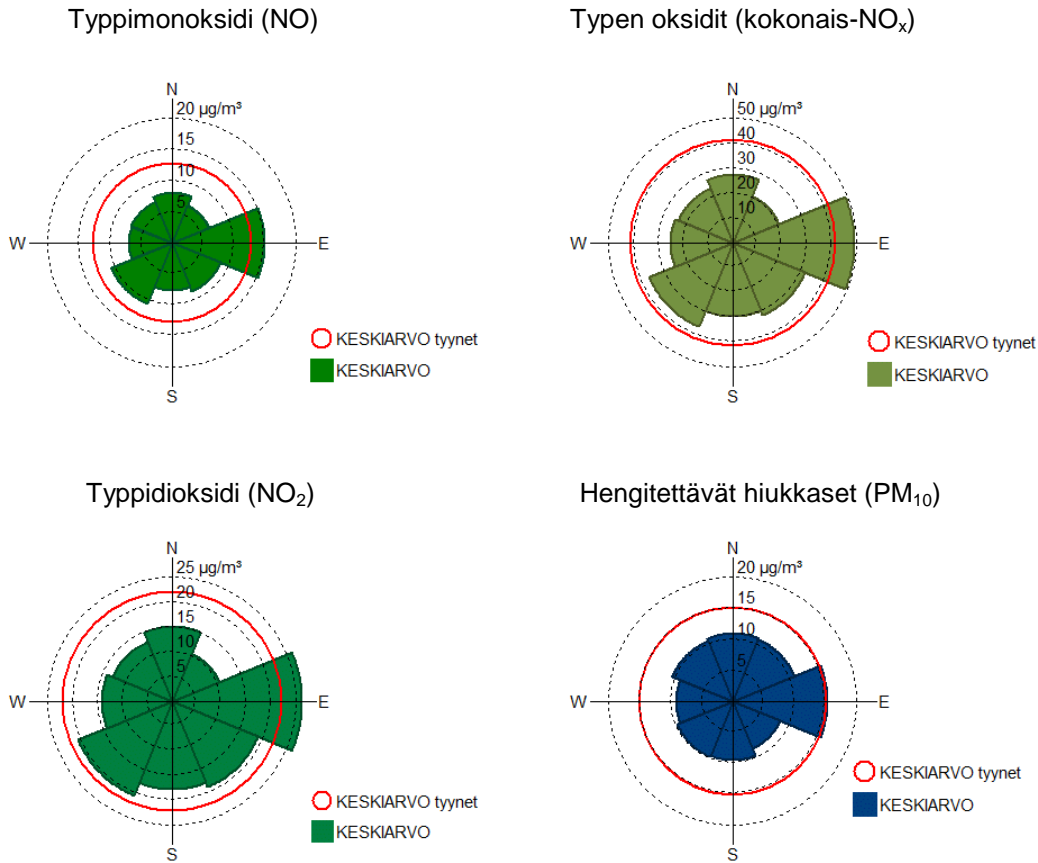
Kuvassa 11 on havainnollistettu tuulen suunnan ja nopeuden vaikutusta Kajaanin typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin ns. saasteruusujen avulla. Saasteruusuu kuvaa tuntipitoisuuksien arvoja eri tuulensuunnilla. Saasteruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa epäpuhtauden tuntipitoisuuksien arvoa ko. tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien arvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien jakautuminen tuulen suunnan mukaan on esitetty liitekuvassa 13.

Typen oksidien pitoisuuksiin vaikuttavat sekä kiinteiden pistelähteiden päästöt että liikenteen päästöt. Liikenneväylien läheisyydessä liikenteen päästöt hallitsevat, sillä pistelähteiden päästöt tulevat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ja laimentua ennen maanpintatasoa. Liikenteen päästöt vapautuvat maanpinnan läheisyydestä ja usein myös niiden sekoittumis- ja laimenemisympäristö on katuja reunustavien rakennusten vuoksi rajoitettu. Tällaisissa olosuhteissa liikenteestä aiheutuvien epäpuhtauksien pitoisuudet nousevat korkeiksi tyynen tai heikkotuulisen sään aikana ja erityisesti ns. inversiotilanteissa ilmakehän pystysuuntaisen lämpötilajakauman estäessä tai rajoittaessa epäpuhtauksien laimenemistä myös pystysuunnassa.

Typen oksidien tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat Kajaanissa vuonna 2017 suurimmillaan tyynellä säällä. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), joka hapettuu muun muassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi (NO<sub>2</sub>). Typpimonoksidipitoisuudet kuvastavat siten paremmin mittauspisteen lähialueen liikenteestä aiheutuvaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös kauempana sijaitsevat lähteet. Johtuen Lönnrotinkadun mittauspisteen sijainnista kaupungintalon ja teatteritalon katveessa, jäi itä-, kaakkois- ja etelätuulien osuus tuuliaineistossa hyvin pieneksi suhteessa muihin ilmansuuntiin, vain muutamaan kymmeneen havaintoon, joten pitoisuuskeskiarvoja ko. tuulensuunnissa ei voida pitää vertailukelpoisena muilla tuulensuunnilla esiintyneisiin pitoisuuskeskiarvoihin nähden (vrt. liitekuva 14).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typen oksideilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat pitoisuuksiin

voimakkaasti. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat Kajaanissa vuonna 2017 suurimmillaan tyynellä säällä (ks. kuva 11).



Kuva 11. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Kajaanin Lönnrotinkadulla vuonna 2017.

### 6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

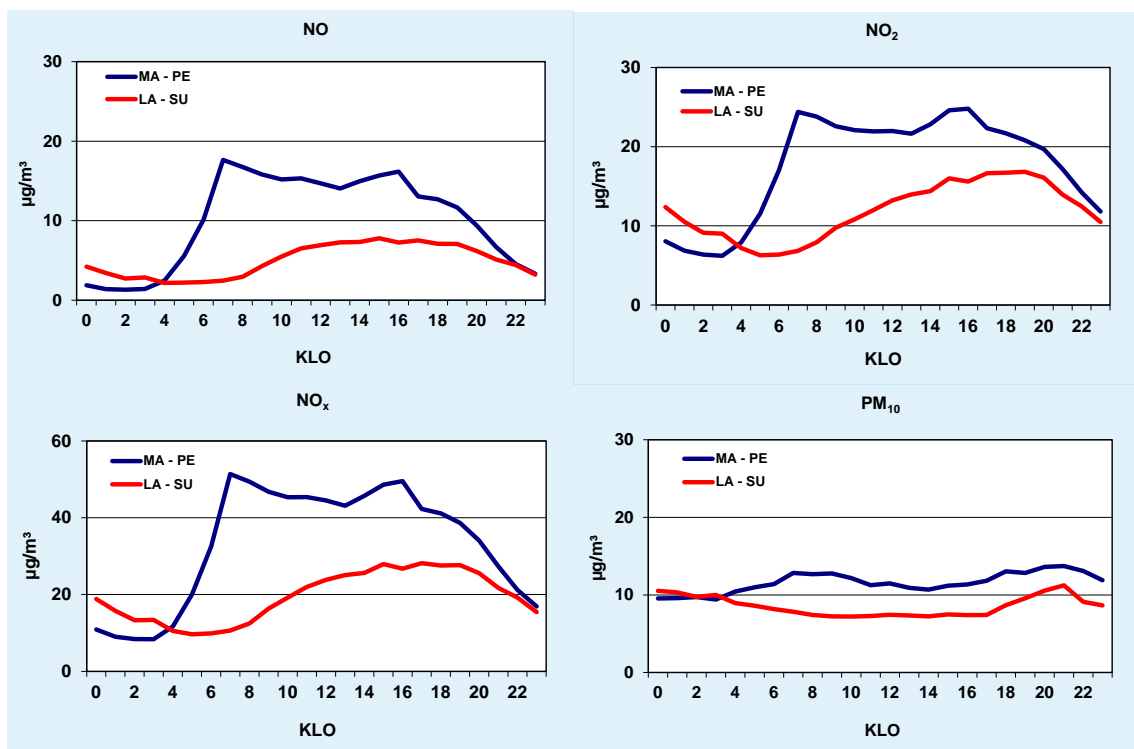
Kuvassa 12 on tarkasteltu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien kokonaismäärän sekä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Kajaanin keskustassa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai).

Typen oksidien tuntipitoisuuksien vuorokausivaihtelussa havaitaan selvästi liikenteen päästöjen vaikutus. Arkipäivisin pitoisuudet olivat pienimmillään aamuyön tunteina. Pitoisuudet kasvoivat nopeasti liikenteen aamuruuhkan aikaan ja pysyivät korkeammalla tasolla iltapäiväruuhkaan asti. Arkipäivien aamu- ja iltapäiväruuhkien aikaan typpidioksidipitoisuudet kohoavat keskimäärin tasolle  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Viikonloppuisin typen oksidien pitoisuudet ovat myöhäisillan ja aamuyön tunteja lukuun ottamatta arkipäivisin havaittuja matalampia ja aamun pitoisuushuippu puuttuu.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran tyypin oksidien pitoisuuksista poikkeavasti. Hiukkaspitoisuudet eivät noudata niin selvästi liikennemäärien vaihtelua kuin tyypin oksidien pitoisuudet. Hengitettävien hiukkasten vuorokauden sisäinen pitoisuusvaihtelu oli vähäistä, vain pieni pitoisuusnousu on arkipäivisin havaittavissa aamuruuhkan aikaan. Viikonloppuisin hiukkaspitoisuudet olivat aamuyön tunteja lukuunottamatta hiukan arkipäivien tasoa alempia.

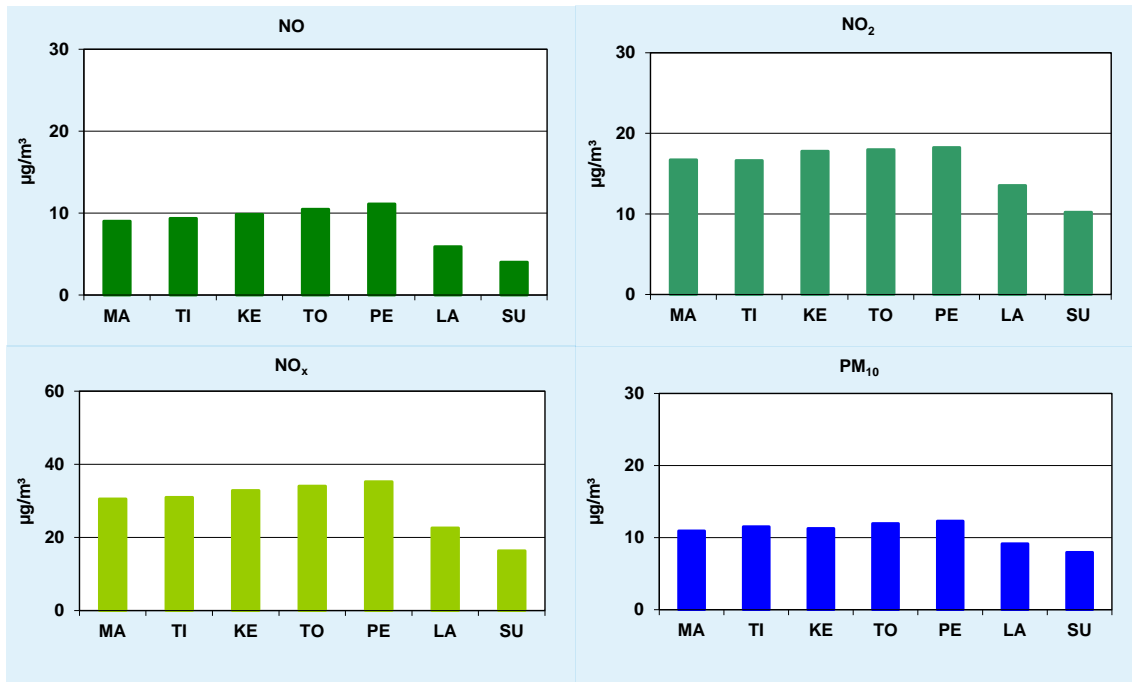
Hiukkaspitoisuuden vuorokaudenaikaisvaihtelu poikkeaa taajamien liikennenympäristöissä yleensä jonkin verran kaasumaisten yhdisteiden, kuten tyypin oksidien, pitoisuusvaihtelusta. Hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnasta ilmaan nostattamat suuret ja pienet hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, tuulen nopeus, maan- ja kadunpinnan kosteus ja sateisuus.

Viikonpäivittäin tarkasteltuna tyypin oksidien keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli niin, että lauantaisin ja sunnuntaisin tyypin oksidien pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin arkipäivisin ja pitoisuudet olivat sunnuntaisin matalimmillaan (ks. kuva 13). Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin pienimmät sunnuntaisin.



Kuva 12. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), tyypin oksidien kokonaismäärän (NO<sub>x</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Kajaanin keskustassa vuonna 2017.





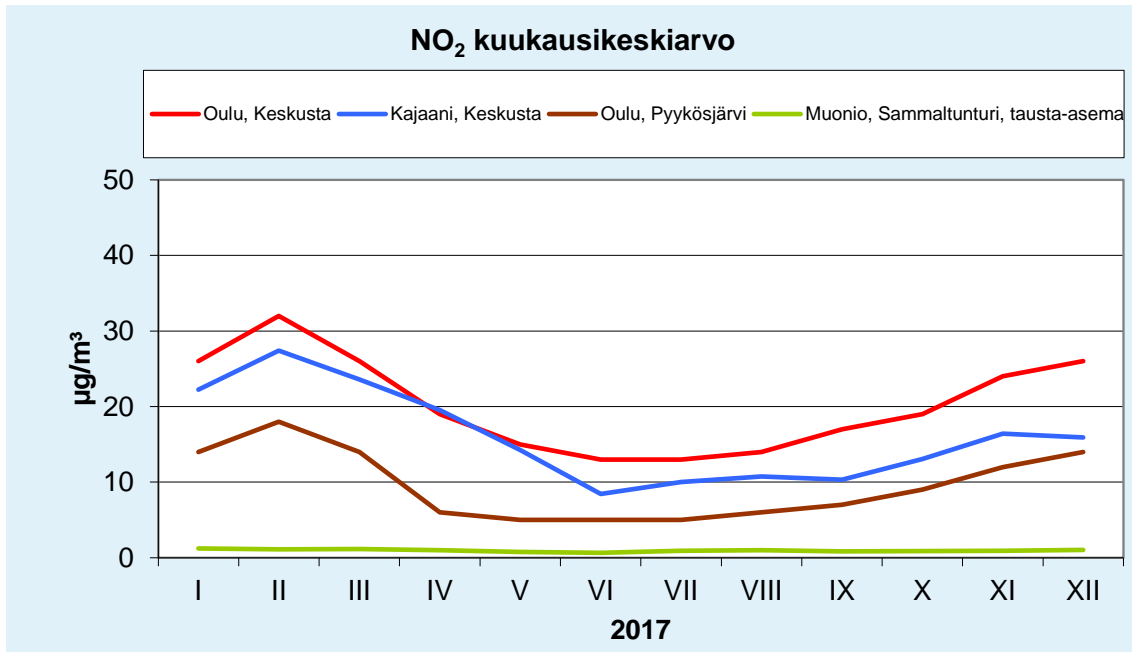
Kuva 13. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), typen oksidien kokonaismäärän (NO<sub>x</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Kajaanissa vuonna 2017.

## 6.4 Pitoisuuksien vertailua

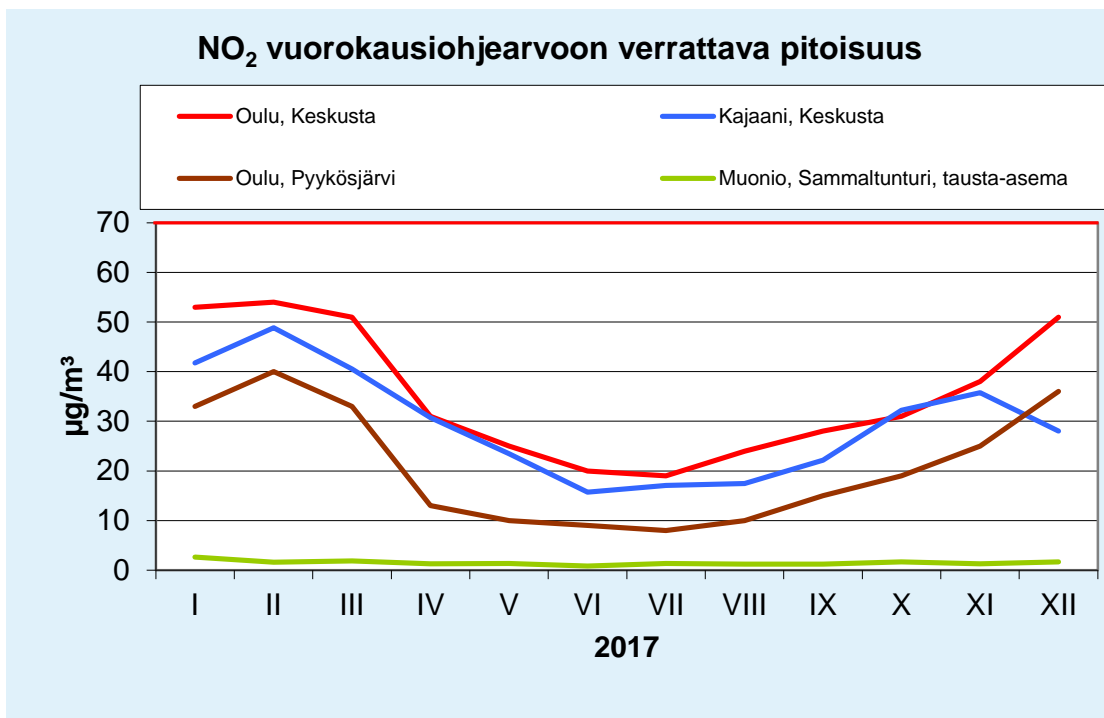
### 6.4.1 Typpidioksidi

Typpidioksidin pitoisuuksia mitataan Suomessa yli 60 mittausasemalla. Typpidioksidin mittausasemista noin puolet sijaitsee liikenneympäristöissä. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot ja vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2018*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta- asemalla (*Ilmatieteen laitos, 2018b*). Asemista Kajaanin ja Oulun Keskustan mittausasemat ovat tyypiltään liikenneasemia. Oulun Pyykösjärven mittausasema edustaa ns. esikaupunkitaustaa ja Lapissa Pallaksen alueella sijaitseva Sammaltunturi puhdasta maaseututausta- aluetta. Sammaltunturin mittausasemalta saadut pitoisuudet olivat tämän raportin laadinta- ajankohtana vielä tarkistamattomia.

Kajaanin keskustan typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina ja vuorokausiohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina matalampia kuin Oulun keskustassa ja pääosin korkeampia kuin Oulun Pyykösjärven asemalla. Pitoisuuksien vuodensisäinen vaihtelu oli kaikilla kolmella mittausasemalla hyvin samansuuntaista. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet olivat talvikuukausina. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo alittui vuonna 2017 Kajaanissa ja Oulussa.



Kuva 14. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärven esikaupunkialueella (*Oulun kaupunki, 2018*) ja Sammaltunturin tausta-asemalla (*Ilmatieteen laitos, 2018b*).



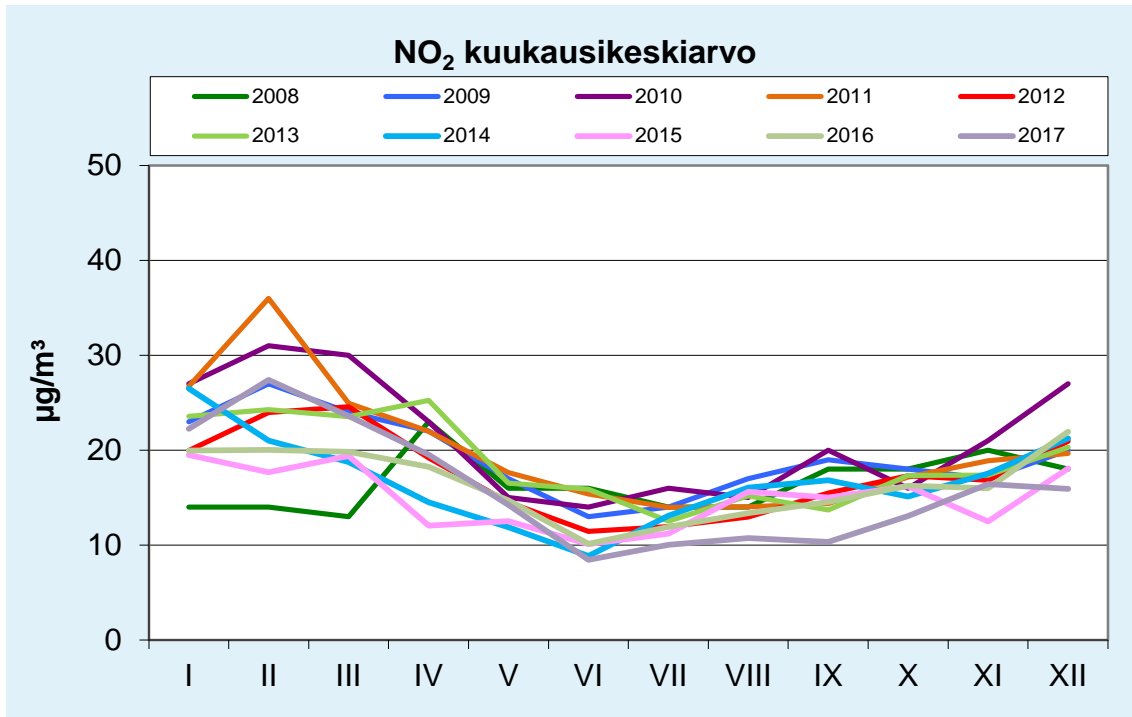
Kuva 15. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2018*) ja Sammaltunturilla (*Ilmatieteen laitos, 2018b*). Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Kuvissa 16–18 on esitetty typpidioksidipitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot sekä vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästöjen että meteorologisten

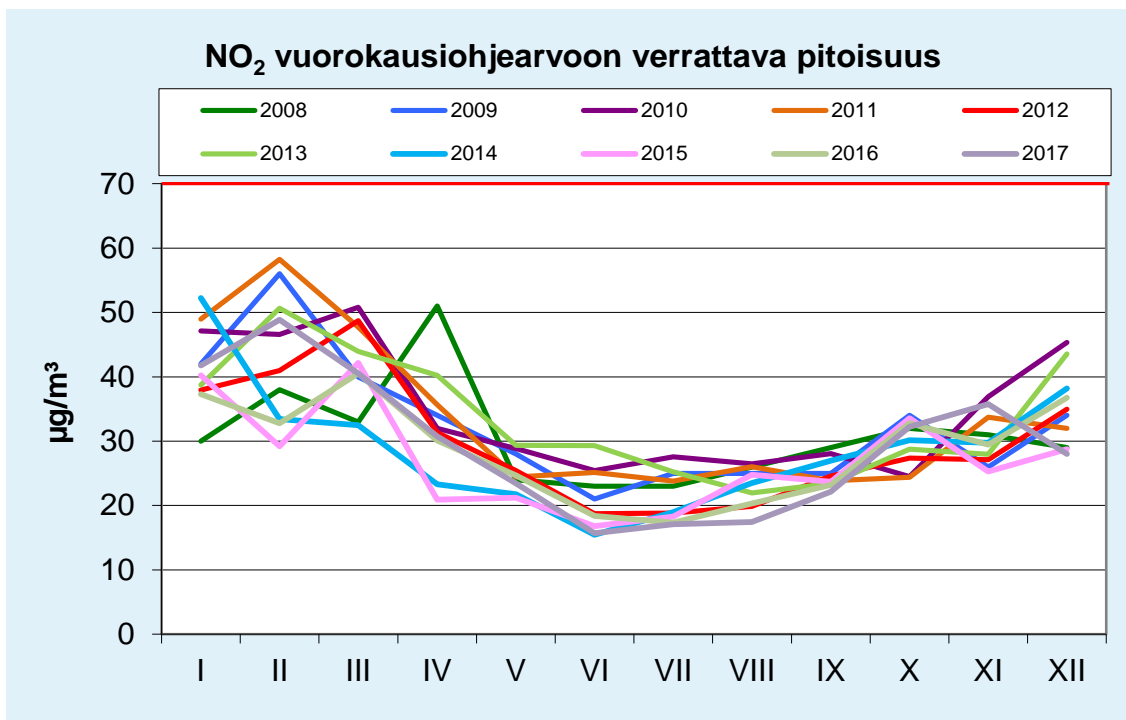
tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut vuosina 2008–2017 välillä 15,0–21,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vuonna 2015 mitattiin ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus. Eri vuosina mitatut kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ovat alkuvuotta lukuun ottamatta suunnilleen samantasoisia keskenään. Alkuvuoden pitoisuusvaihteluihin vaikuttavat talvisten sääolosuhteiden vaihtelu eri vuosina (mm. ilman lämpötila ja stabiilisuus, inversiotilanteiden määrä). Vuonna 2008 mittausasema sijaitsi huhtikuun alkuun saakka suojaisemmassa paikassa kaupungintalon sisäpihalla, kunnes se siirrettiin nykyiseen sijaintiinsa. Vuoden 2017 kesällä ja alkusyksystä typpidioksidipitoisuudet olivat edellisiin vuosiin verrattuna jonkin verran matalampia.



Kuva 16. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016). Raja-arvotaso, 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 17. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017.

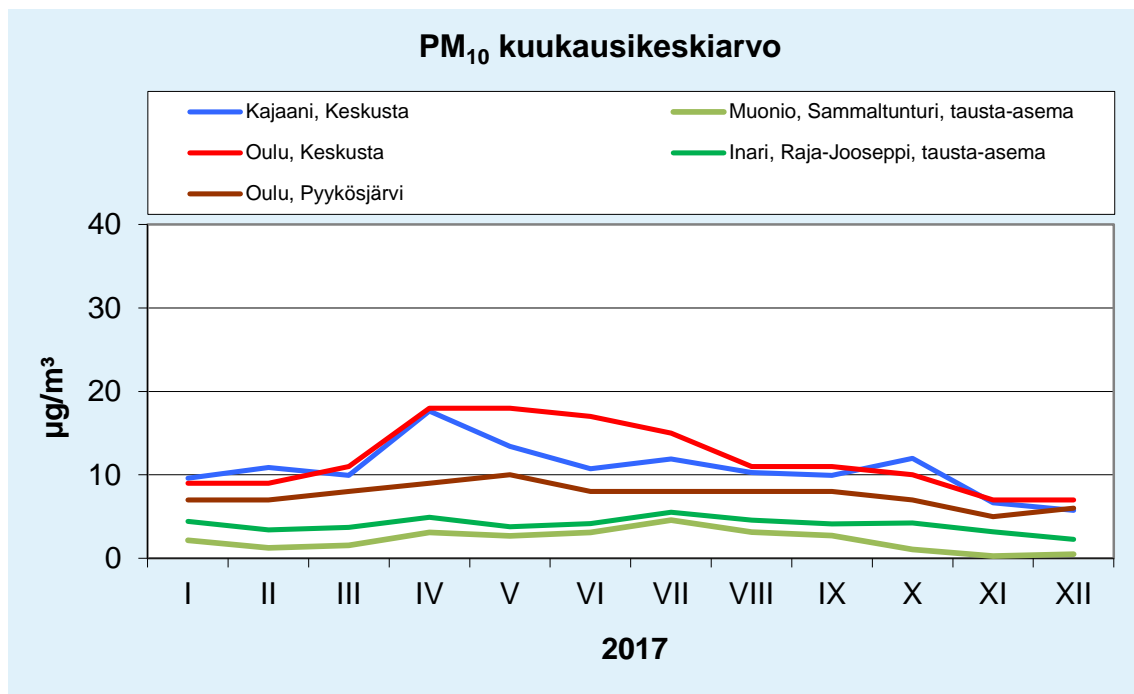


Kuva 18. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017. Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

### 6.4.2 Hengitettävät hiukkaset

Kuvissa 19 ja 20 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä sekä Ilmatieteen laitoksen Muonion Sammaltunturin ja Inarin Raja-Joosepin tausta-aseilla.

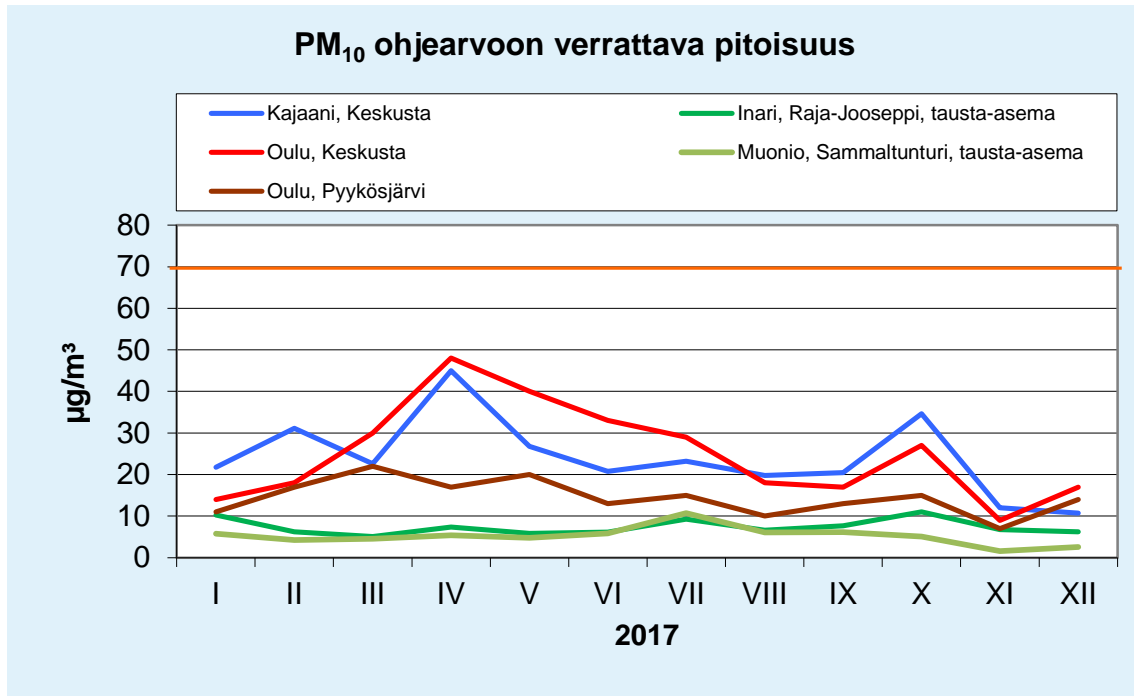
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjarvo ei ylittynyt vuonna 2017 Kajaanissa eikä myöskään Oulun mittauspisteissä. Kajaanin keskustan hiukkaspitoisuudet olivat sekä ohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina että kuukausikeskiarvoina suunnilleen samalla tasolla kuin Oulun keskustassa mitatut pitoisuudet. Lokakuussa Kajaanissa oli mittauskopin läheisyydessä kaukolämpöyömaa, mistä aiheutui pölyämistä.



Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärven esikaupunkialueella (*Oulun kaupunki, 2018*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-aseilla (*Ilmatieteen laitos, 2018b*).

Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan kevätkuukausina. Teille ja kaduille kerääntynyt hiekoitushiekka jauhautuu talven aikana hienoksi pölyksi ja toisaalta nastarenkaat kuluttavat katujen ja teiden pintoja. Keväällä, kun lumi sulaa ja tiet kuivuvat, pöly nousee ilmaan lähinnä liikenteen ja tuulen aiheuttamien ilmavirtausten vaikutuksesta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjarvon ylitykset ovat aiemmin olleet melko yleisiä maamme taajamissa, mutta viime vuosina ohjarvon ylitykset ovat vähentyneet pääosin katujen talvikunnossapidon sekä oikea-aikaisen katujen siivouksen ja pölynsidonnan tehostettujen menetelmien ansiosta. Vuonna 2017 katupölykausi Kajaanissa ajoittui keväällä maaliskuun lopusta huhtikuun puoliväliin ja hiukkaspitoisuudet pysyivät tällöinkin maltillisella tasolla. Ohjarvon ylityksiä ei esiintynyt ja vuorokausiraja-arvon numeroarvon ylittäviä pitoisuuksiakin esiintyi keväällä vain yksi ( $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 18.4.2017). Syksyllä liukkaudentorjunta jouduttiin

aloittamaan jo lokakuun lopulla, mikä myös osaltaan nosti lokakuussa mitattuja hiukkaspitoisuuksia ja vuoden toiseksi korkein vuorokausipitoisuus  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mitattiinkin 27.10.2017.

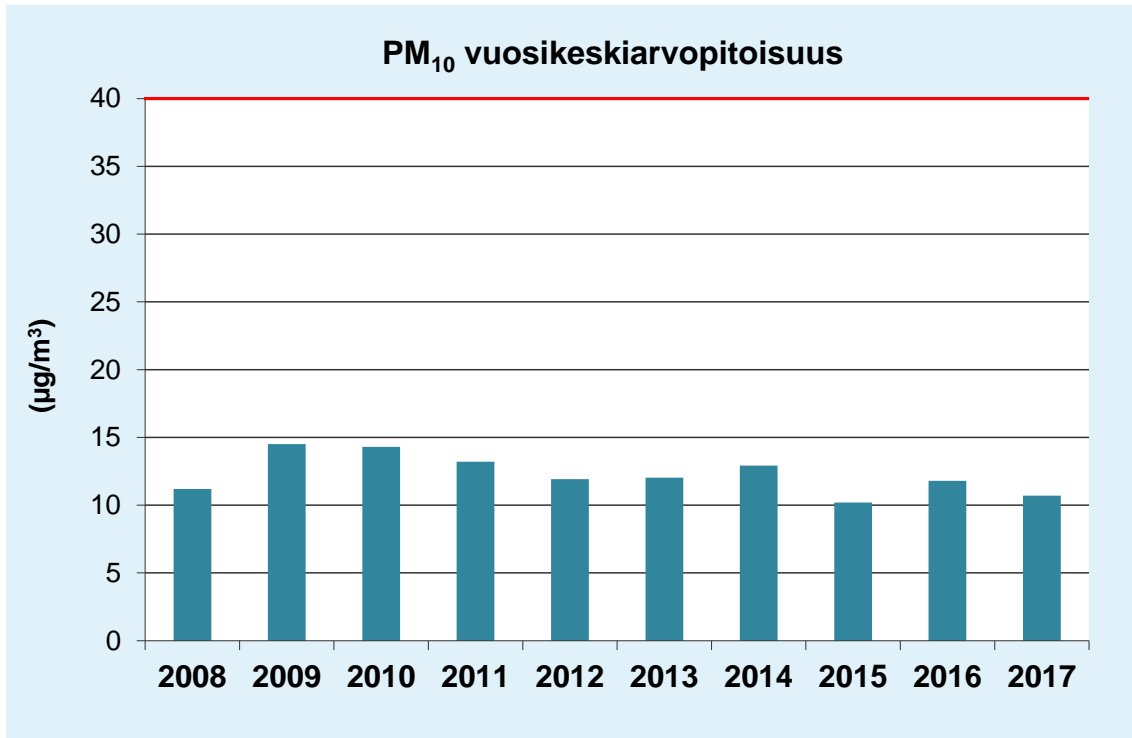


Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2017 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärven esikaupunkialueella (*Oulun kaupunki, 2018*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-asemilla (*Ilmatieteen laitos, 2018b*). Ohjearvotasoa,  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

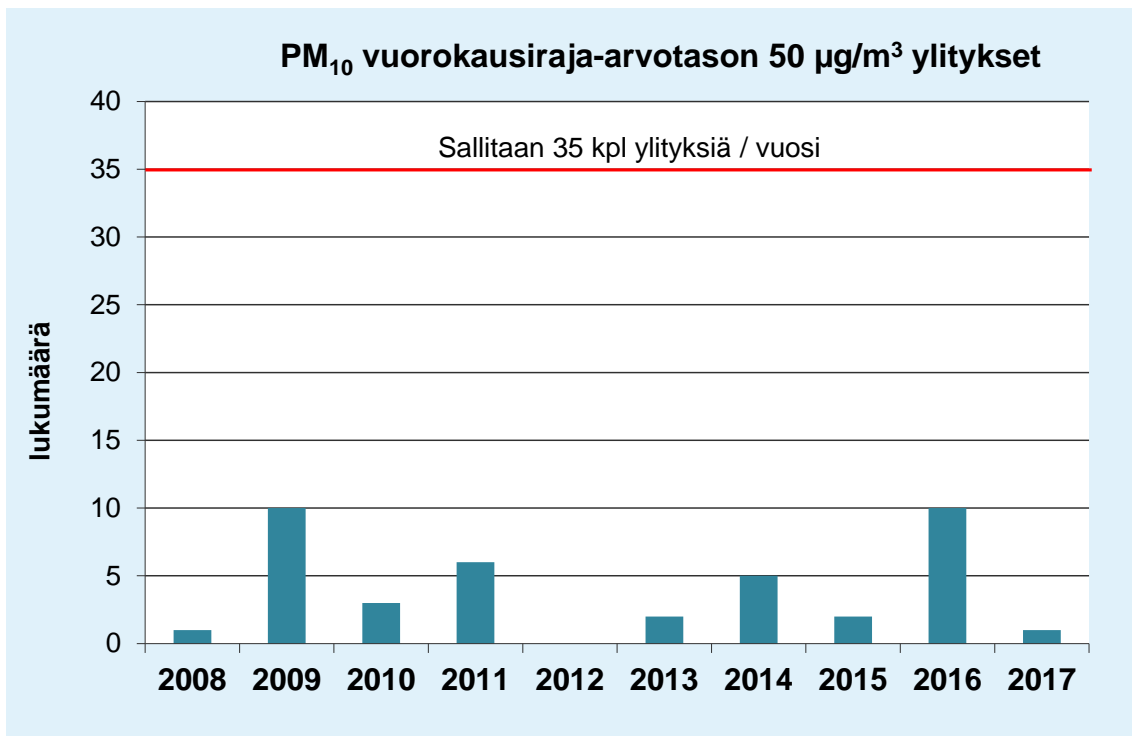
Kuvissa 21–24 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot, vuorokausiraja-arvotason ylitysten lukumäärät sekä ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästövaihteluista ja hiukkasten kaukokulkemasta että meteorologisten tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo on vuosina 2008–2017 vaihdellut välillä  $10,2\text{--}14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vuonna 2015 mitattiin ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on vuosien 2008–2017 välillä ylittynyt ainoastaan vuosina 2009 ja 2016, molempina vuosina katupölyn takia. Vuonna 2010 heinäkuun hiukkaspitoisuuksia kohottivat sekä erittäin helteinen ja kuiva sääjakso että Venäjältä heinä-elokuun vaihteessa kantautuneet metsä- ja maastopalojen savut. (kuvat 23 ja 24). Kevään 2008 alhaisiin pitoisuuksiin on vaikuttanut hiukkasmittauksen sijainti suojaisemmassa paikassa kaupungintalon seinän lähellä tammi–maaliskuussa.

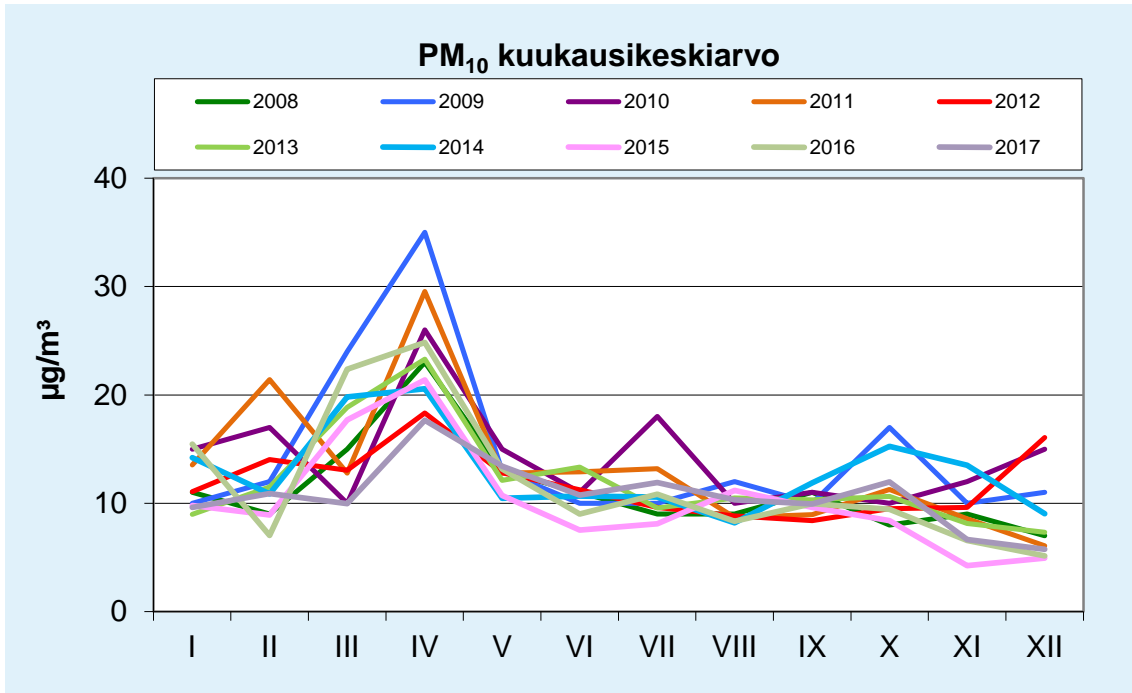




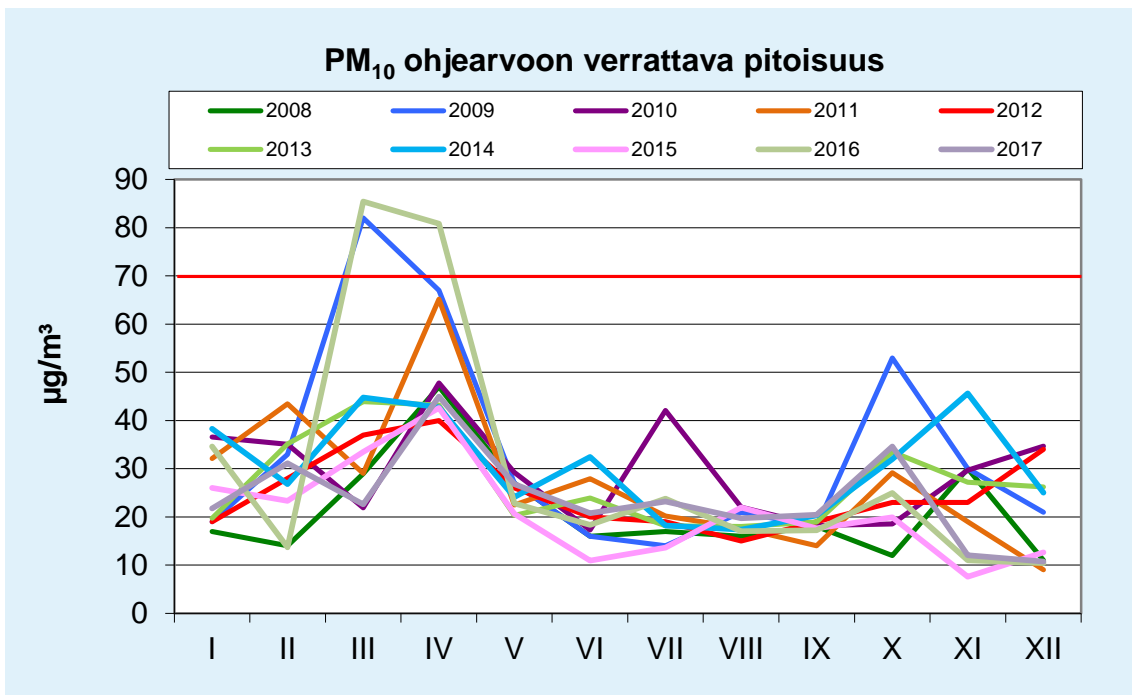
Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017. Raja-arvotaso, 40 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotason ylitykset Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017.



Kuva 23. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017.



Kuva 24. Hengitettävien hiukkasten vuorokausi-ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2017. Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

## 7 YHTEENVETO

Vuonna 2017 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailusta vastasi Ilmatieteen laitos. Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla sijaitsevalla mittausasemalla mitattiin ulkoilmasta typen oksidien ja alle 10 mikrometrin kokoisten hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia sekä pitoisuustulosten tulkintaa varten säätietoja (tuulen suunta ja nopeus, ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine). Mittaustulokset esitetään reaaliaikaisesti Internet-sivuilla (<http://ilmanlaatu.fmi.fi/kajaani/>). Sivulla esitetään tunneittain päivittyvästi typenoksidi- ja hiukkaspitoisuudet, säätiedot sekä ilmanlaatua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille vuosittain raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Lönnrotinkadun mittausasema on ainoa hengitettävien hiukkasten raja-arvon ylityksiä valvova mittausasema Kainuun ELY-keskuksen ilmanlaadun seuranta-alueella. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2017 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, YIT Infra Oy, NCC Industry sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanissa vuonna 2017 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 40 % raja-arvosta  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ylittyi vuonna 2017 kerran, kun sallittujen ylitysten lukumäärä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitys tapahtui katupölykaudella huhtikuussa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 28 % raja-arvosta  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Typpidioksidin pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2017. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin vuorokausipitoisuudet vaihtelivat välillä 22–70 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin helmikuussa. Myös hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2017 pitoisuuksien ollessa 15–64 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat suurimmillaan kevätpölykaudella huhtikuussa.

Kajaanissa mitatuista typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 50 %, tyydyttävää 39 % ja välttävää 10 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa neljänä päivänä ja erittäin huonoa yhtenä päivänä. Huono ja erittäin huono ilmanlaadun aiheuttajana olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet hiekoituskaudella.

Kajaanin keskustassa mitattuja typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia verrattiin vuoden 2017 ajalta Oulun keskustassa ja Pyykösjärvellä mitattuihin vastaaviin pitoisuuksiin. Kajaanin keskustan typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina ja ohjearvoihin verrannollisina pitoisuuksina

matalampia kuin Oulun keskustassa ja korkeampia kuin Oulun Pyykösjärven esikaupunkialueella. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Kajaanissa suunnilleen samantasoisia kuin Oulun keskustan mittausasemalla havaitut pitoisuudet.

Kajaanin keskusta-alueella mitattuihin typen oksidien ja hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttivat voimakkaimmin katupöly ja autoliikenteen päästöt, yksittäisten pistelähteiden päästöjen osuutta pitoisuuksien muodostumisessa ei voitu erottaa.

Korkeiden hiukkaspitoisuuksien ja kevätpölyhaittojen ehkäiseminen on edelleen haaste monissa maamme kunnissa. Myös Kajaanissa tulee jatkossakin kiinnittää huomiota katujen ja teiden talvikunnossapitoon sekä oikea-aikaiseen puhtaanapitoon ja pölynsidontaan, jotta varsinkin kaupungin keskustassa välttyttäisiin pölyhaitoilta. Vuonna 2017 sääolot olivat puhtaanapidon ja pölynsidontan kannalta suosiolliset ja raja-arvotason ylittäviä pölypitoisuuksia mitattiin vain yhtenä päivänä, kun edellisvuonna raja-arvotaso ylittyi kymmenen kertaa. Ilmanlaatumittausten tuloksia on mahdollista käyttää katujen siivouksen ja pölynsidontan toimien oikeaan ajoittamiseen.

## VIITELUETTELO

Komppula, B., Anttila, P., Vestenius, M., Salmi, T. ja Lovén, K., 2014. Ilmanlaadun seurantaraportin arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmanlaadun mittausohje. Raportteja 2017:6. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228440>

Ilmanlaatuportaali, 2018. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-asemilta: <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>

Ilmatieteen laitos, 2018a. Ilmatieteen laitoksen havaintojen latauspalvelu: <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2018b. Tiedot Saimaanlahden tausta-asemalla vuonna 2017 mitatuista typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista ja Rajajoen tausta-asemalla vuonna 2017 hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista.

Oulun kaupunki, 2018. Tiedot vuoden 2017 ilmanlaadusta Oulun Keskustan ja Pyykösjärven mittausasemilta. Heikki Orava, Oulun seudun ympäristötoimi. Sähköposti 28.2.2018.

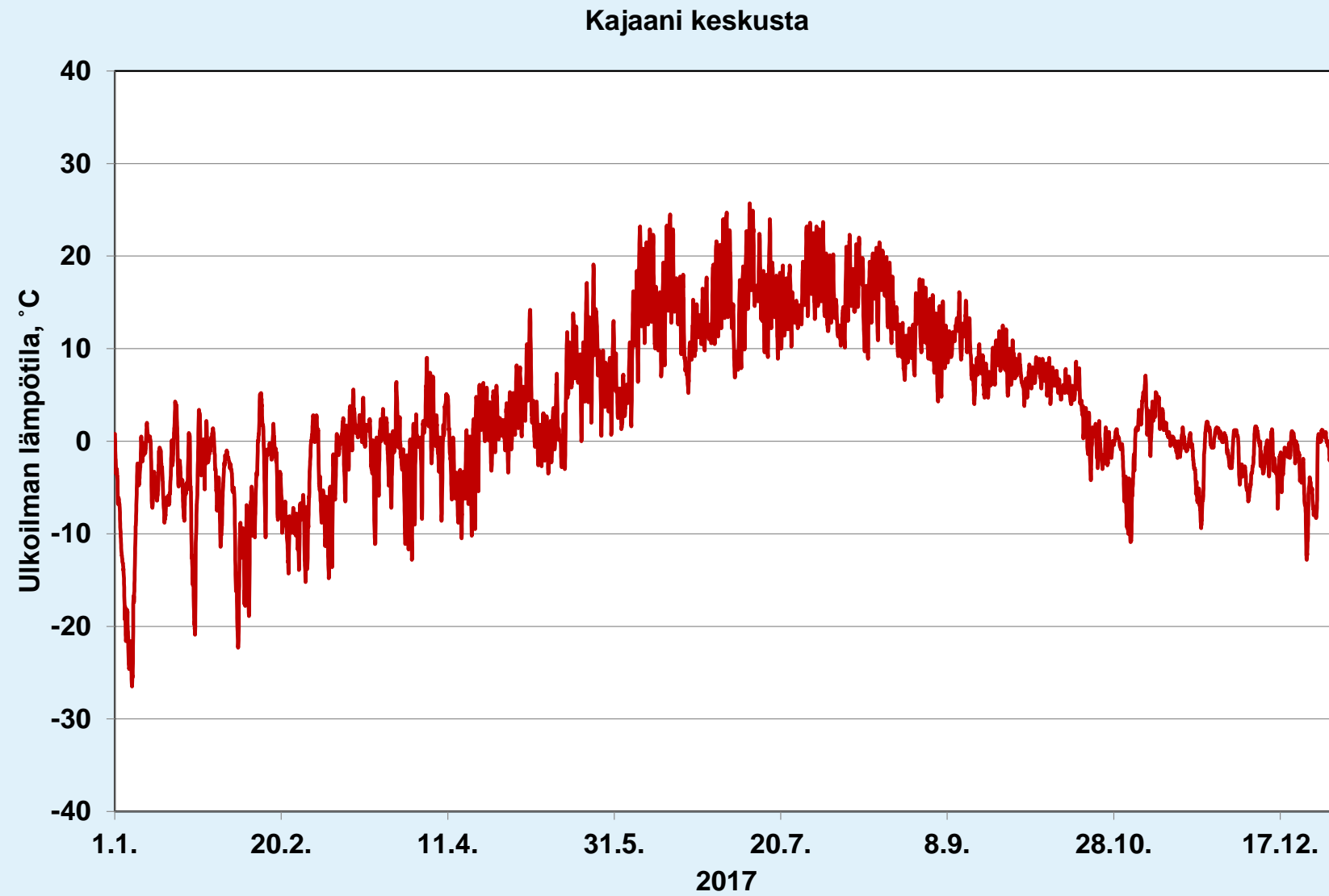
Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P. ja Ruuhela, R., 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2012:1.

Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 26.1.2017.

Vnp 480/96. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjeista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

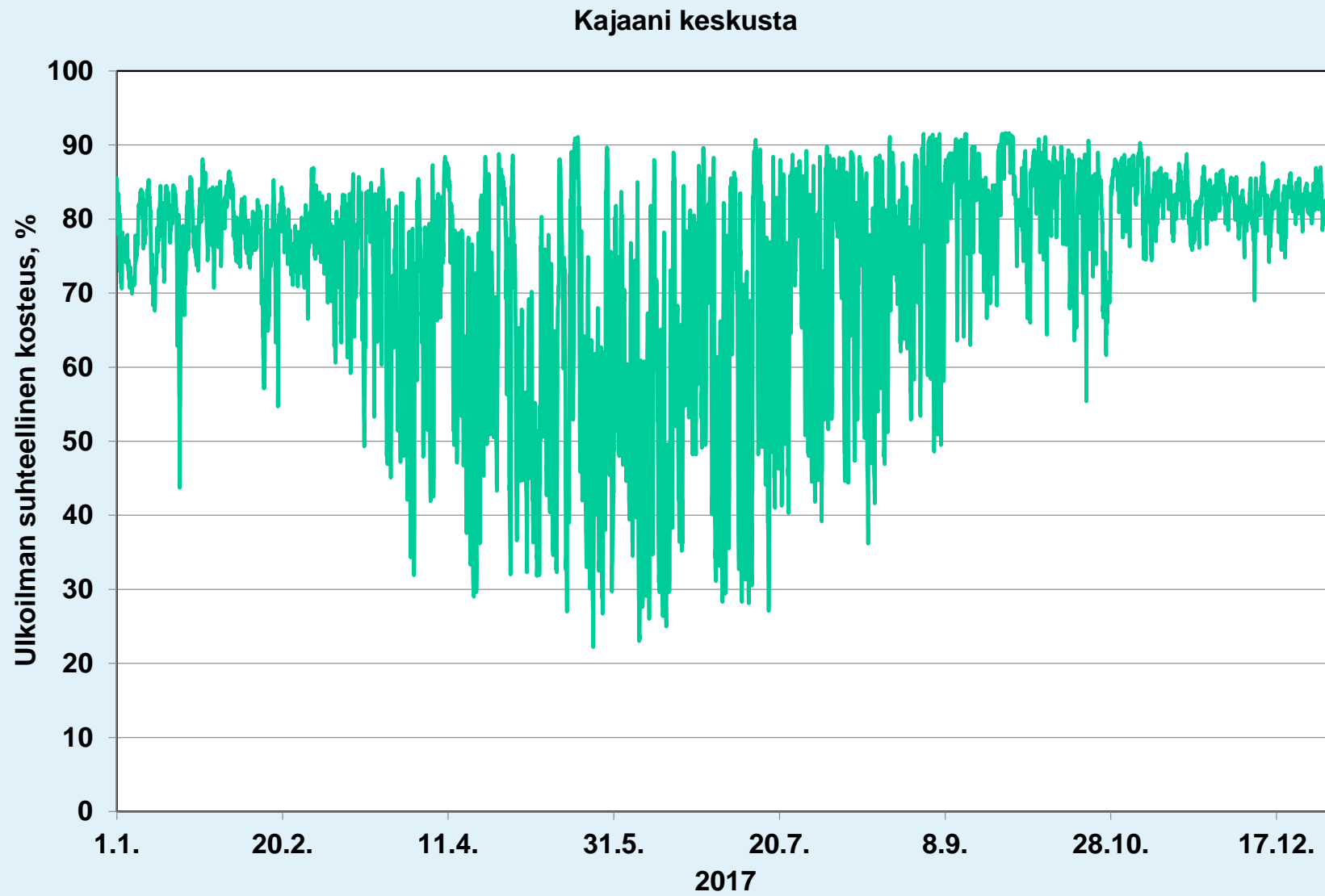
Waldén, J., Waldén, T., Laurila, S., Hakola, H., 2017. Demonstration of the equivalence of PM2.5 and PM10 measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p.

**LIITEKUVAT**

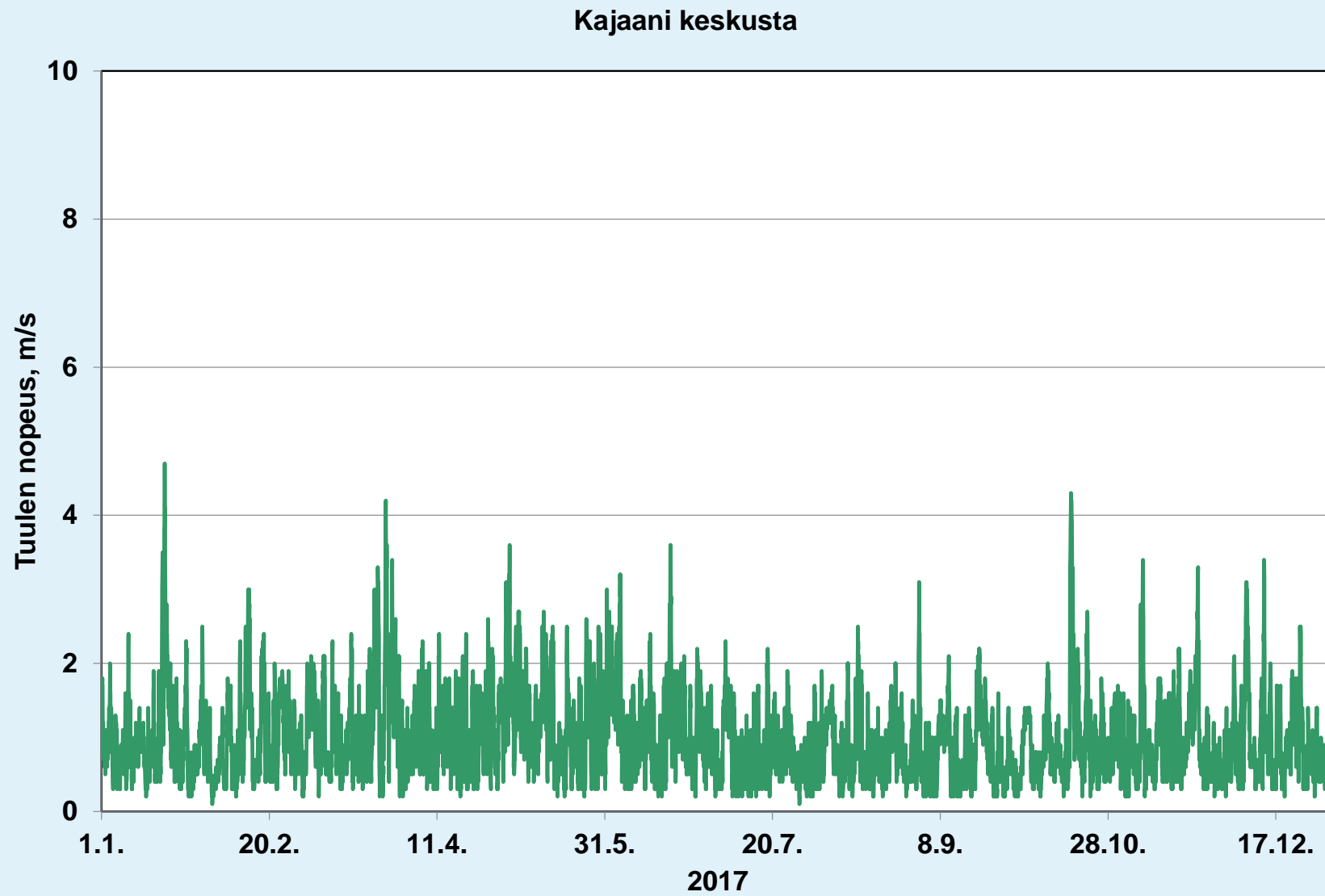


Liitekuva 1. Ulkoilman lämpötilä tuntiarvoina (°C) Kajaanin keskustassa 2017.



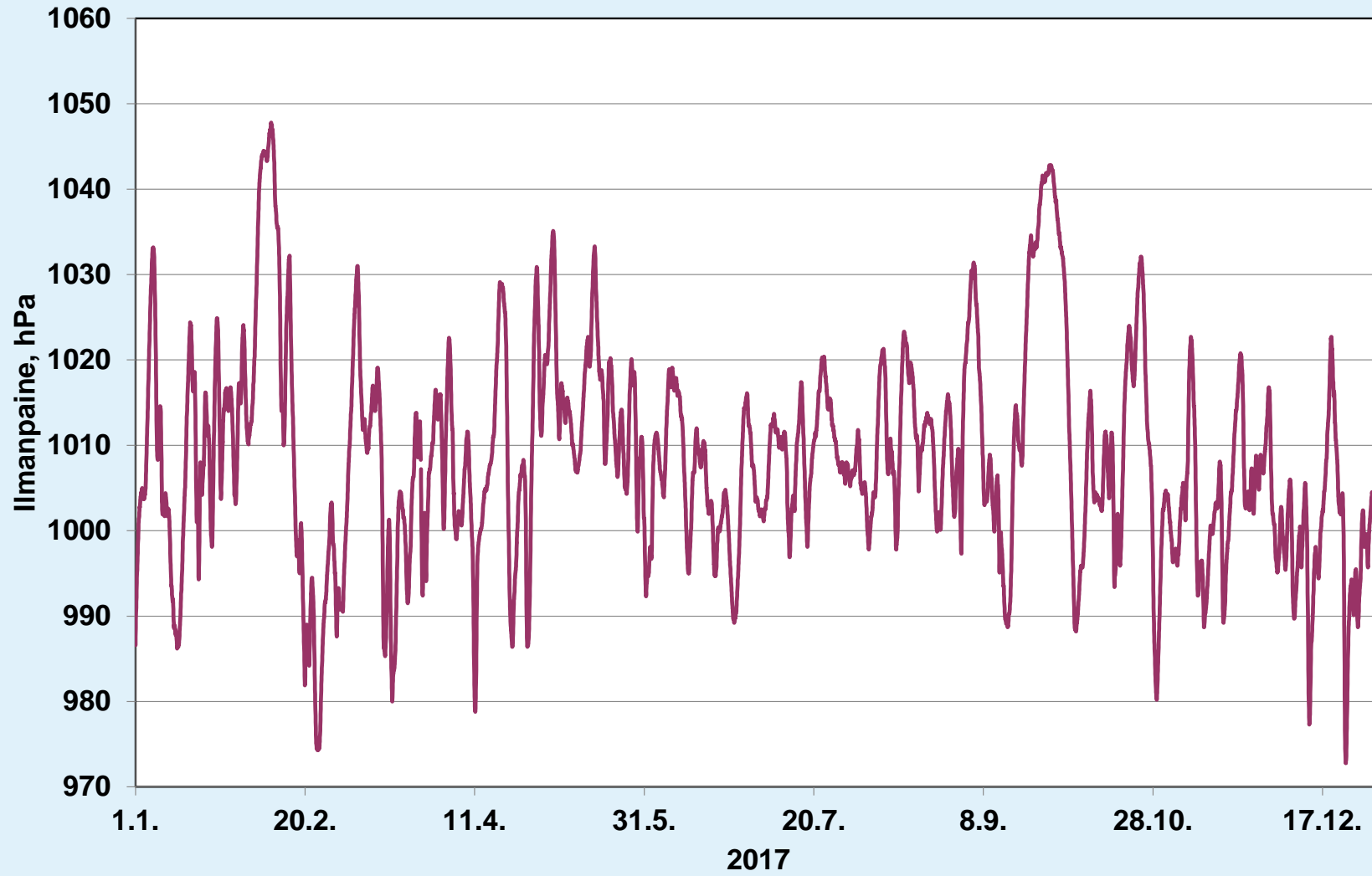


Liitekuva 2. Ulkoilman suhteellinen kosteus tunti-arvoina (%) Kajaanin keskustassa 2017.



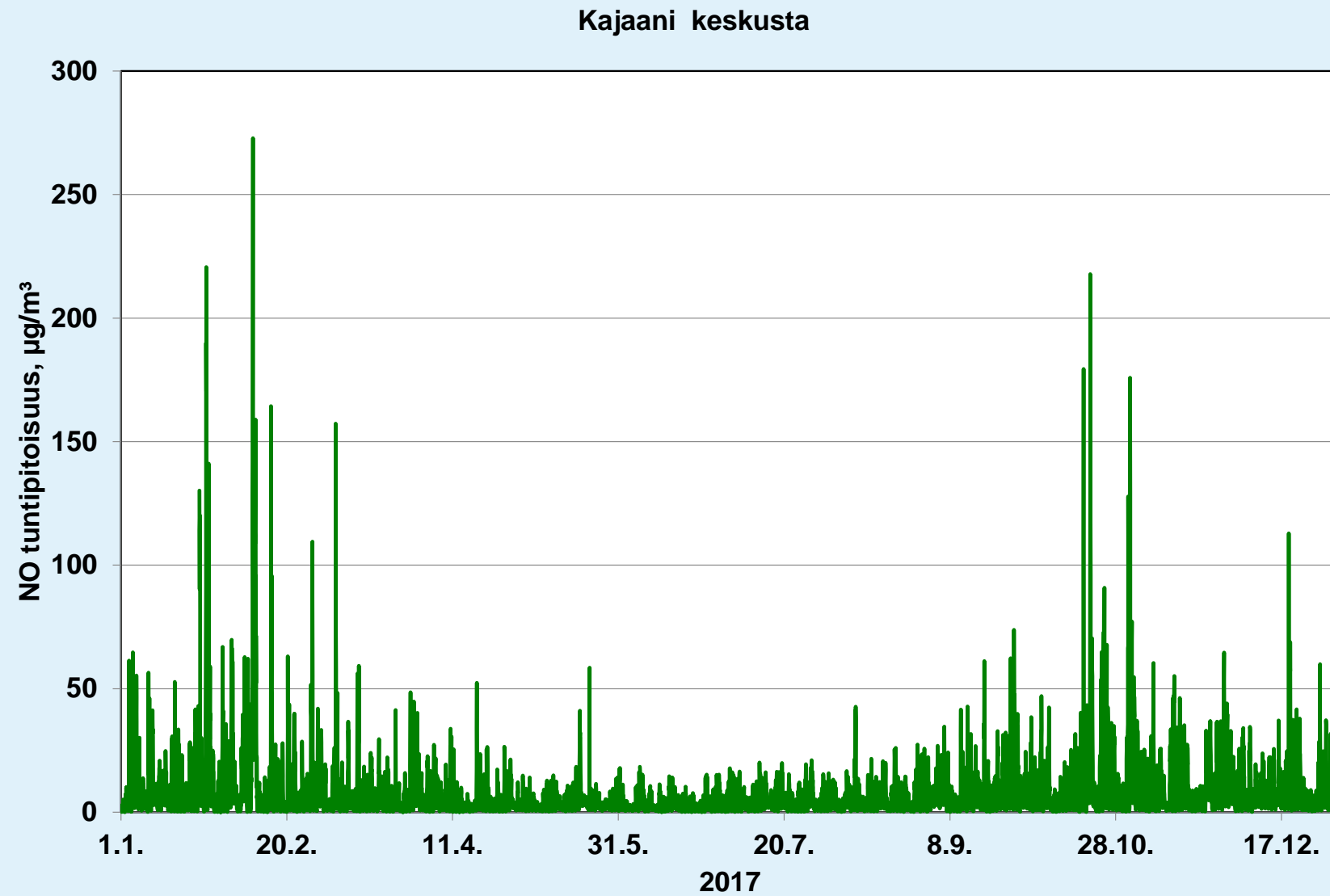
Liitekuva 3. Tuulen nopeus tuntiarvoina (m/s) Kajaanin keskustassa 2017.

### Kajaani keskusta



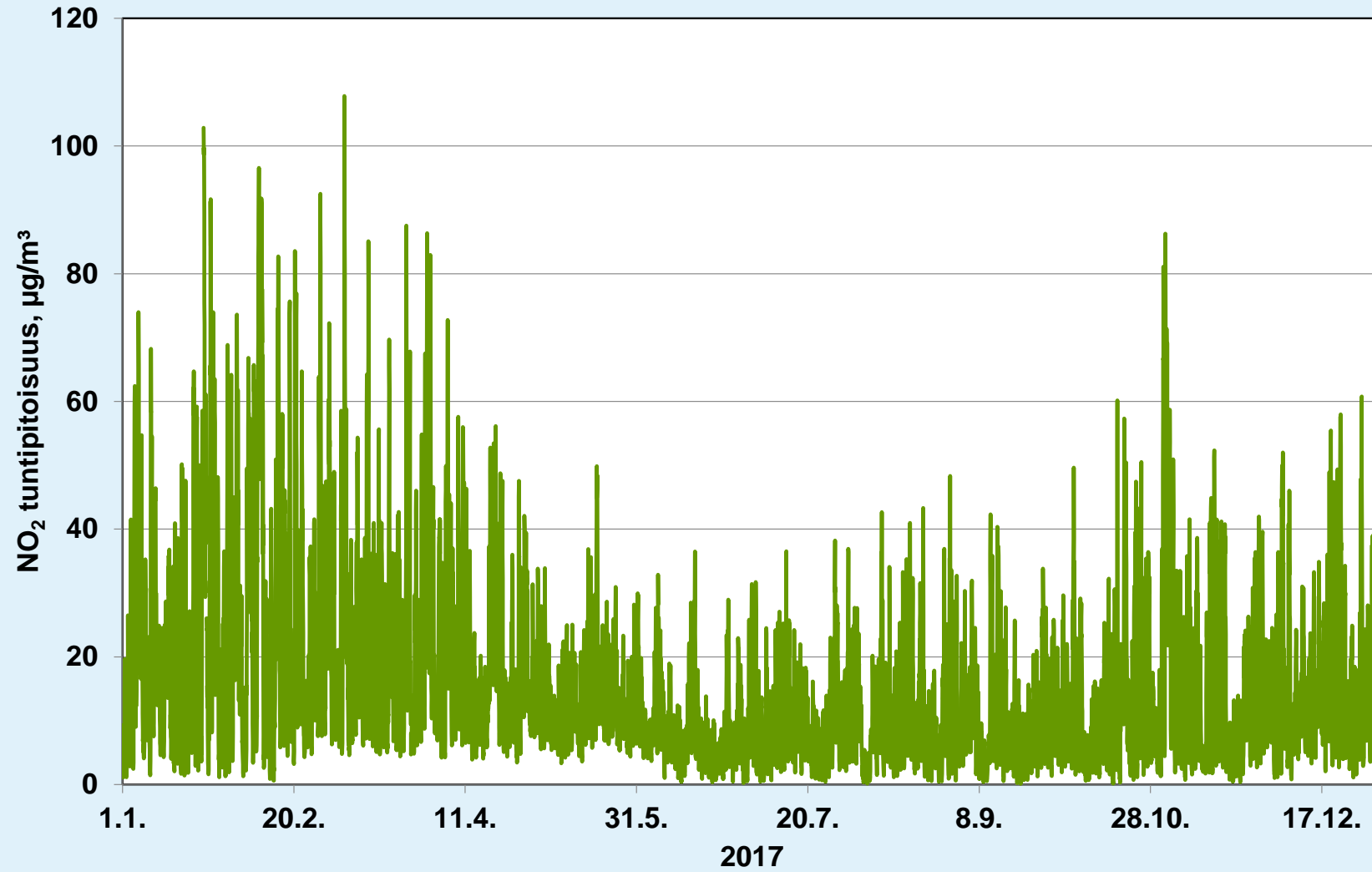
Liitekuva 4. Ilmanpaine tuntiarvoina (hPa) Kajaanin keskustassa 2017.



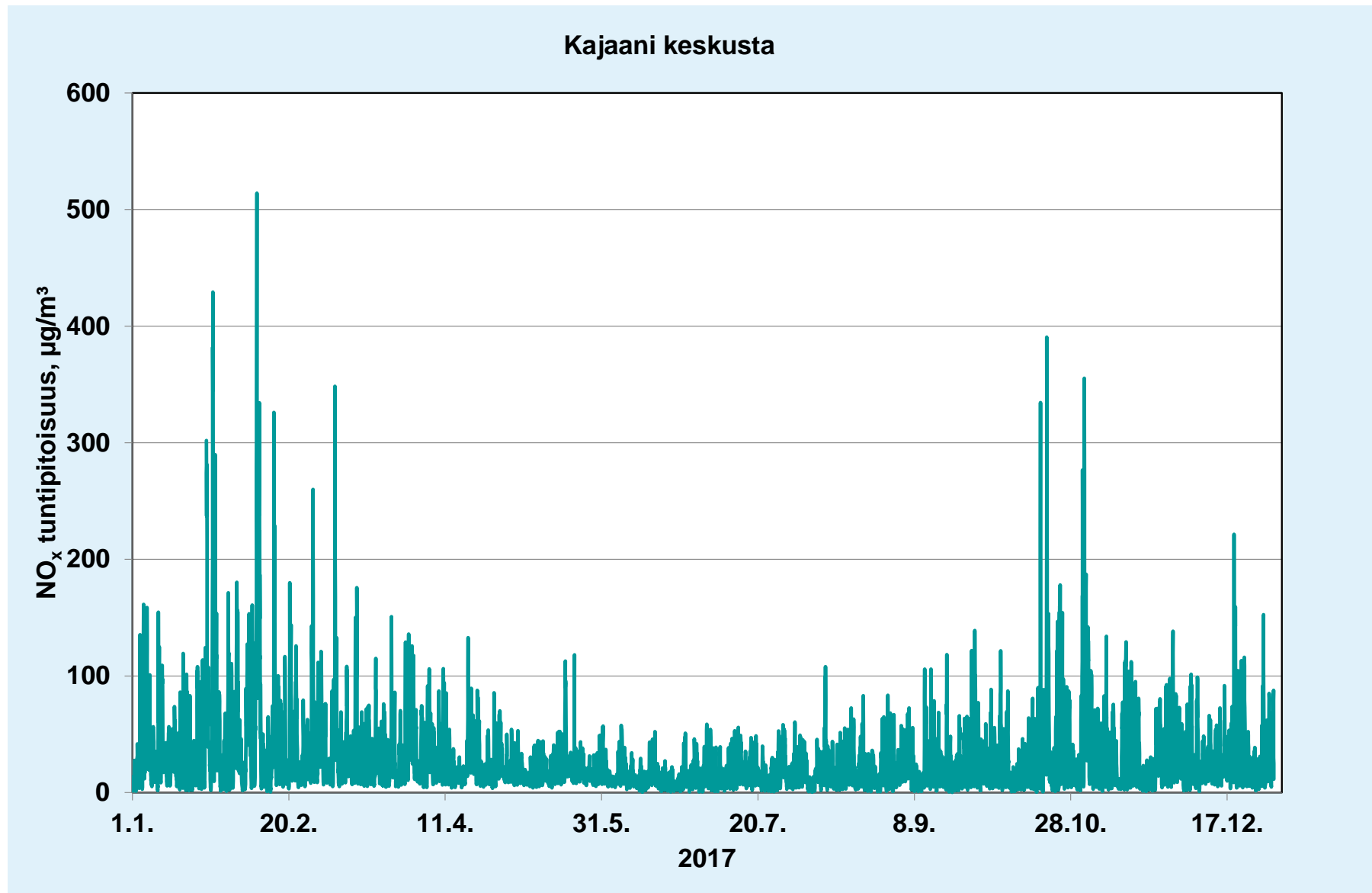


Liitekuva 6. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

### Kajaani keskusta

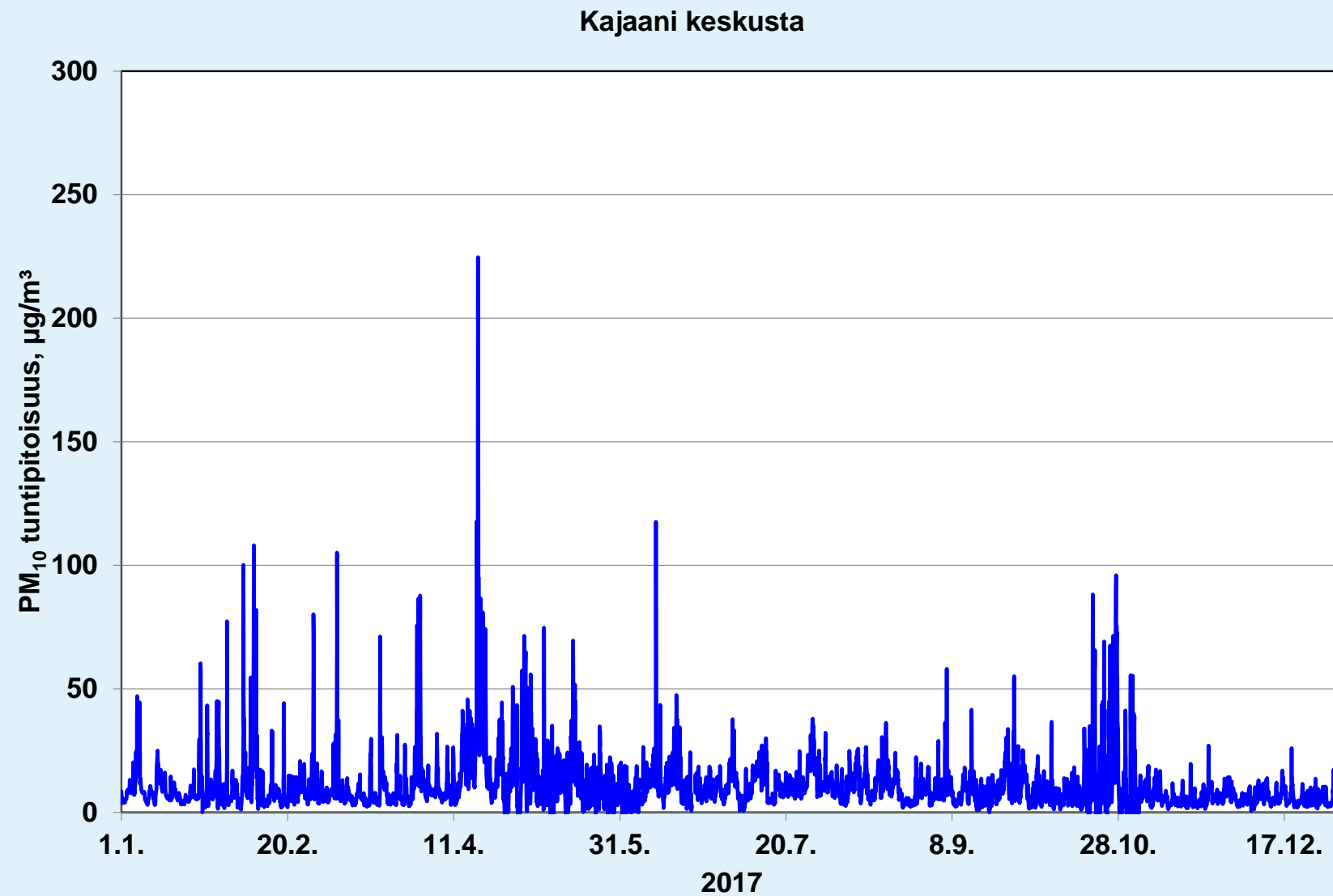


Liitekuva 7. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

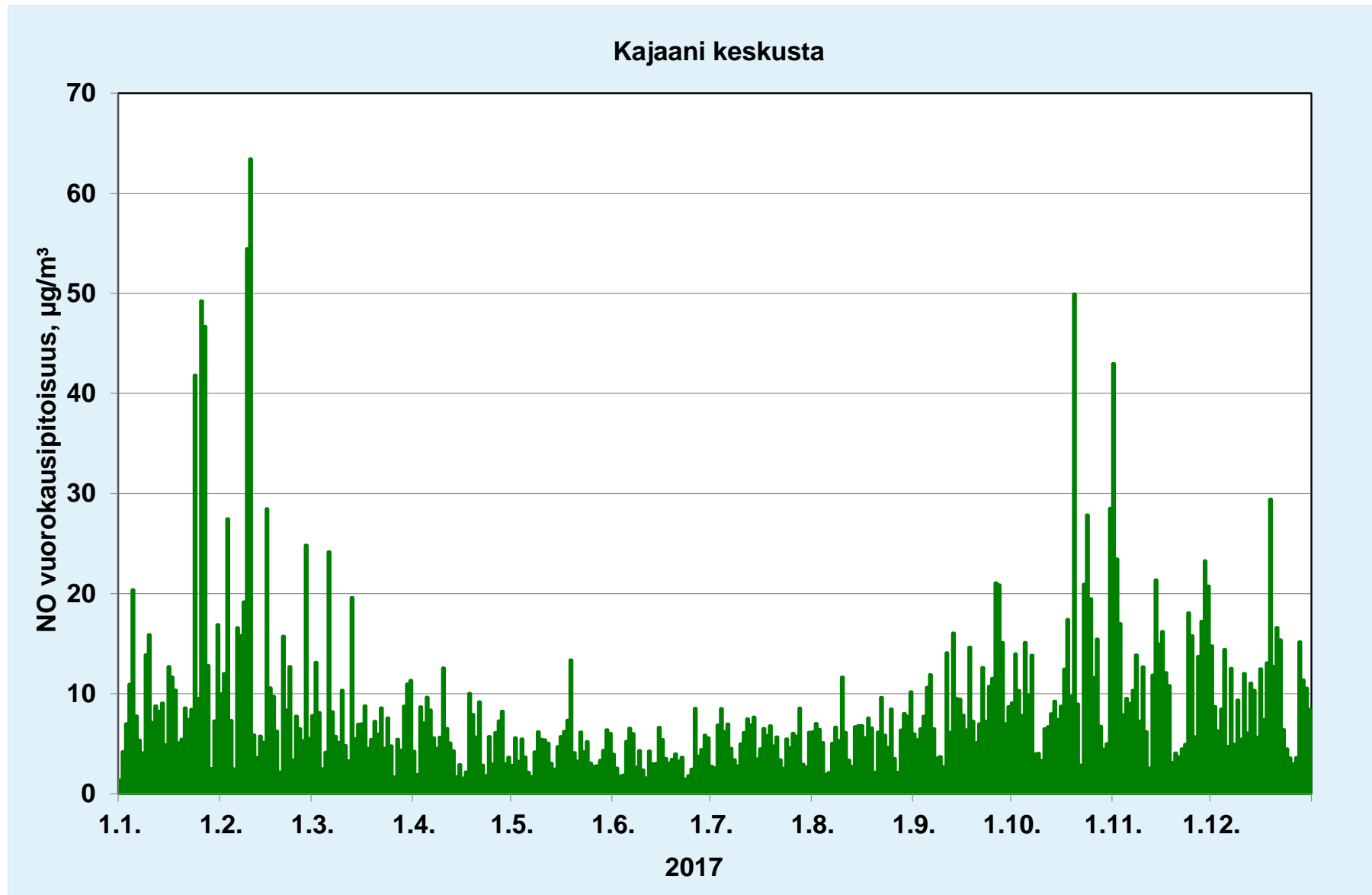


Liitekuva 8. Typen oksidien (NO<sub>x</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

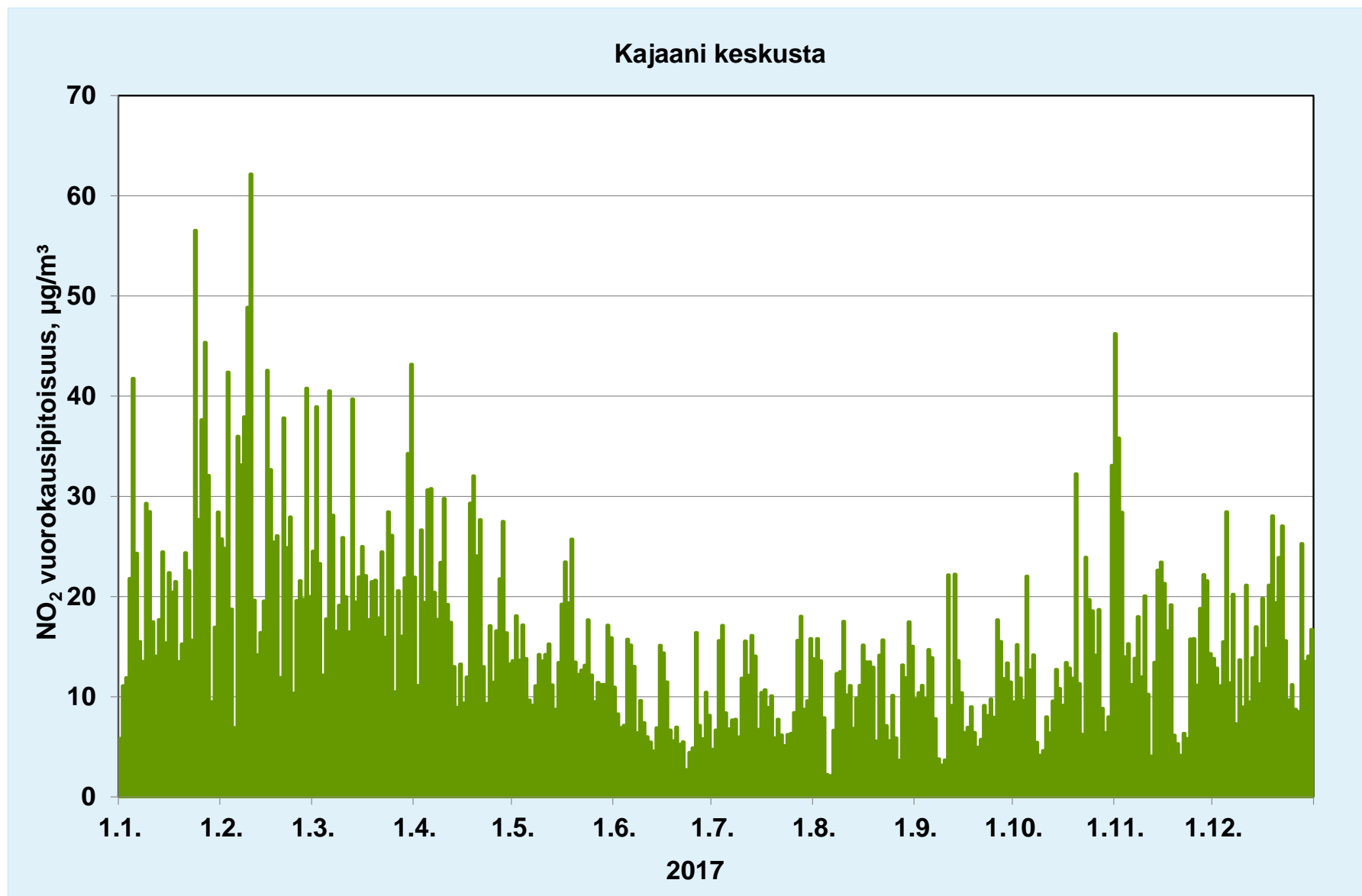




Liitekuva 9. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

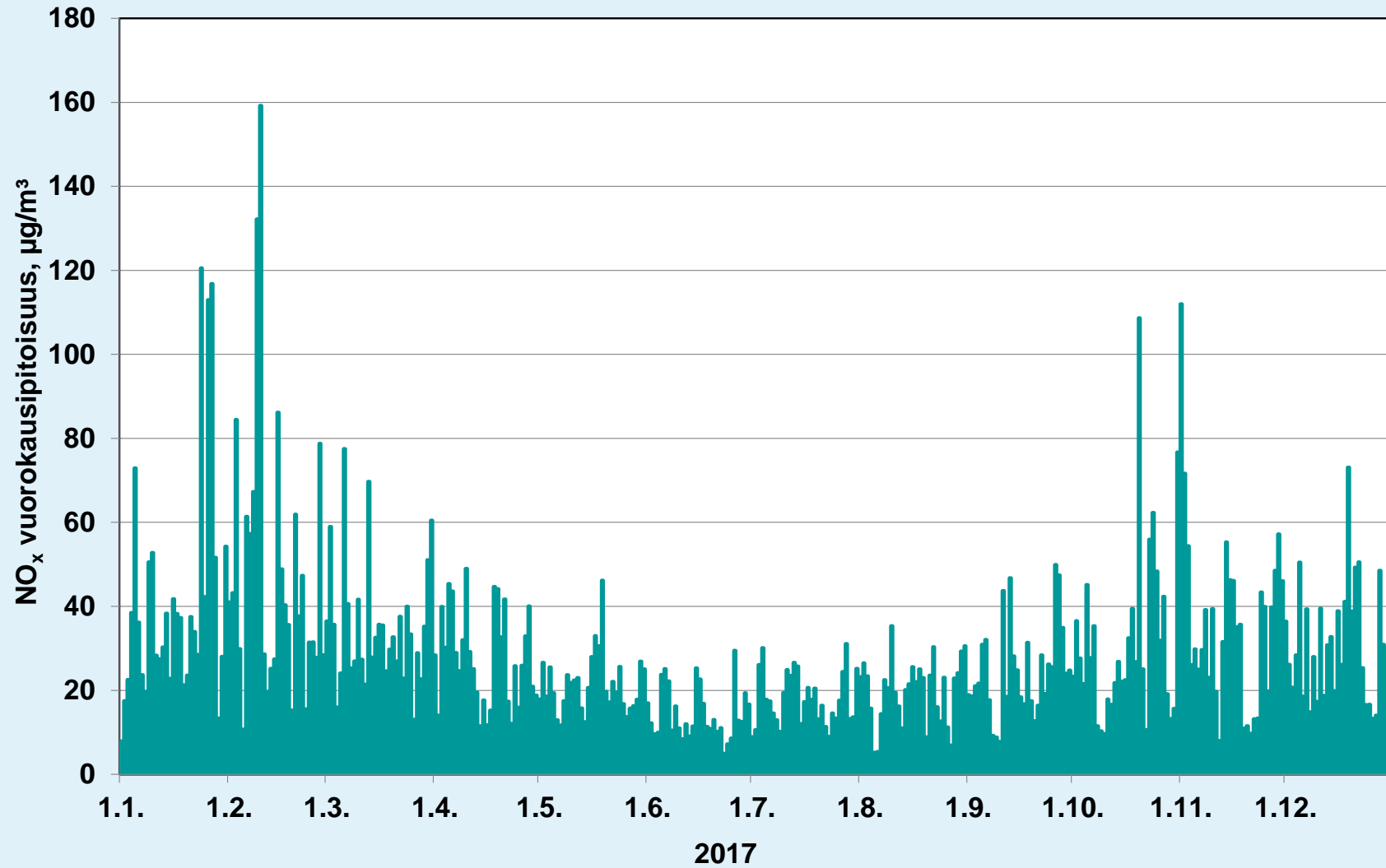


Liitekuva 10. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

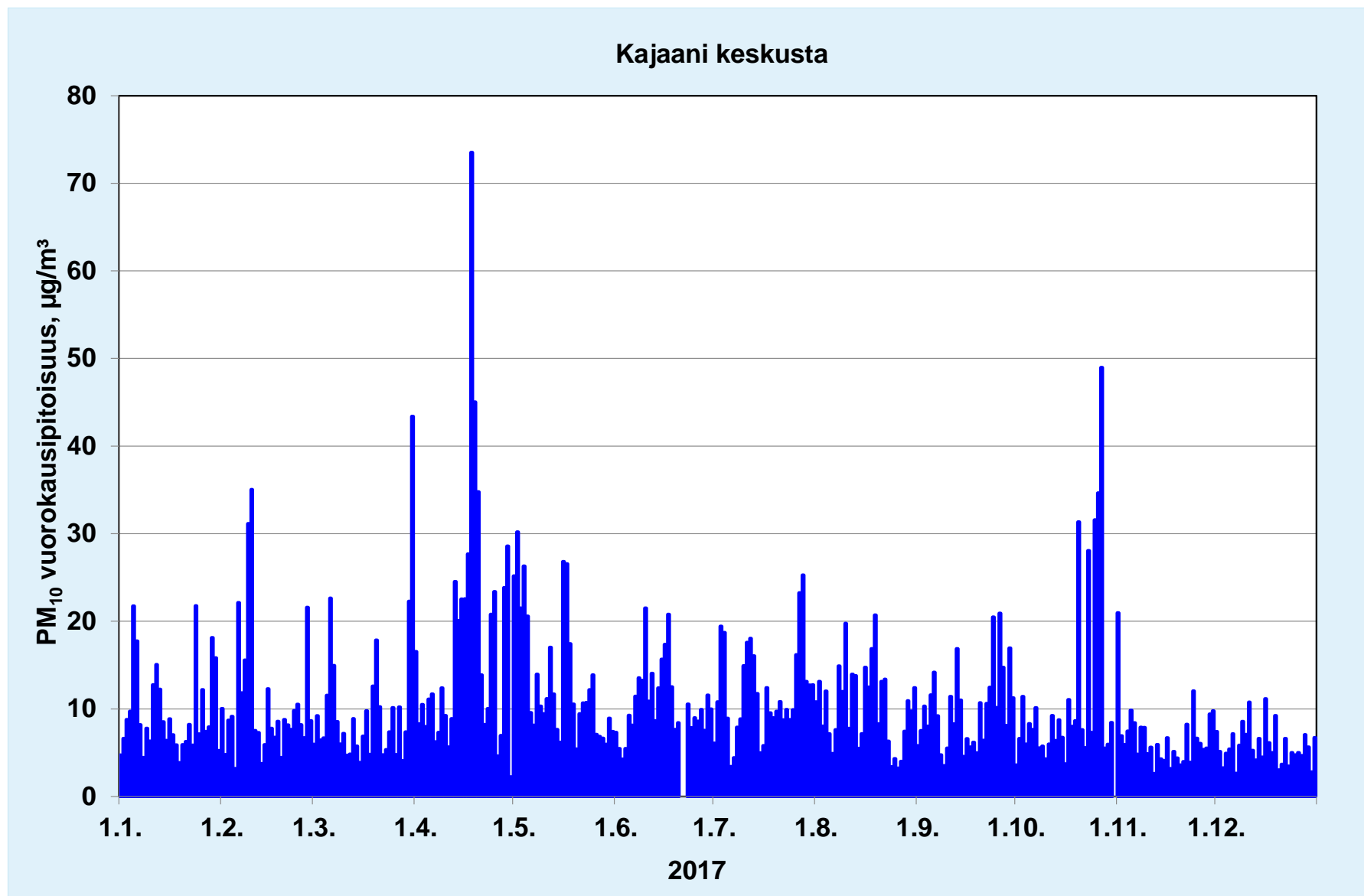


Liitekuva 11. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

### Kajaani keskusta

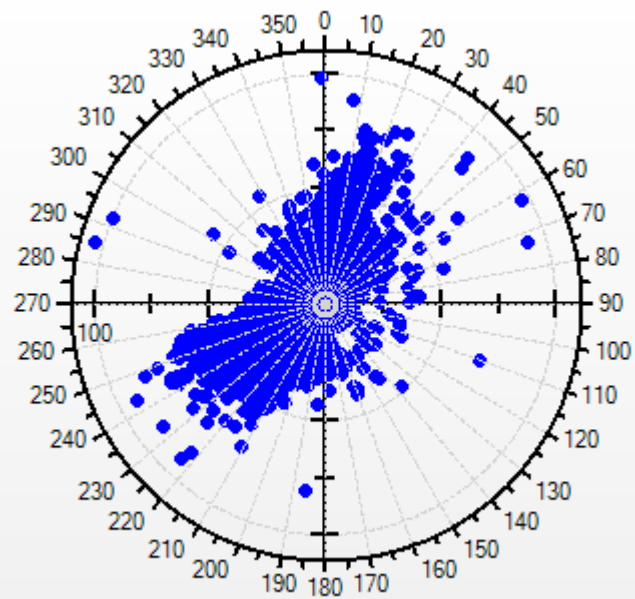


Liitekuva 12. Typen oksidien (NOx) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

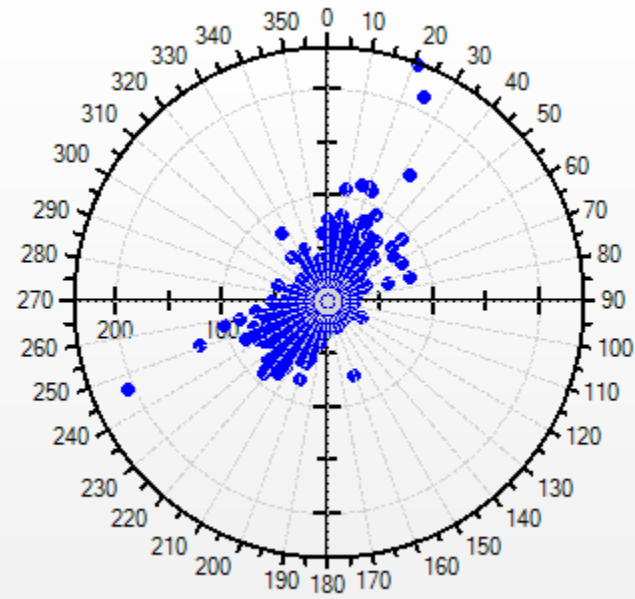


Liitekuva 13. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2017.

Typpidioksidi



Hengitettävät hiukkaset



Liitekuva 14. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien jakautuminen tuulen suunnan mukaan Kajaanin keskustassa vuonna 2017.



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS  
Erik Palménin aukio 1  
00560 Helsinki  
puh. 029 539 1000

[WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI](http://WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI)

