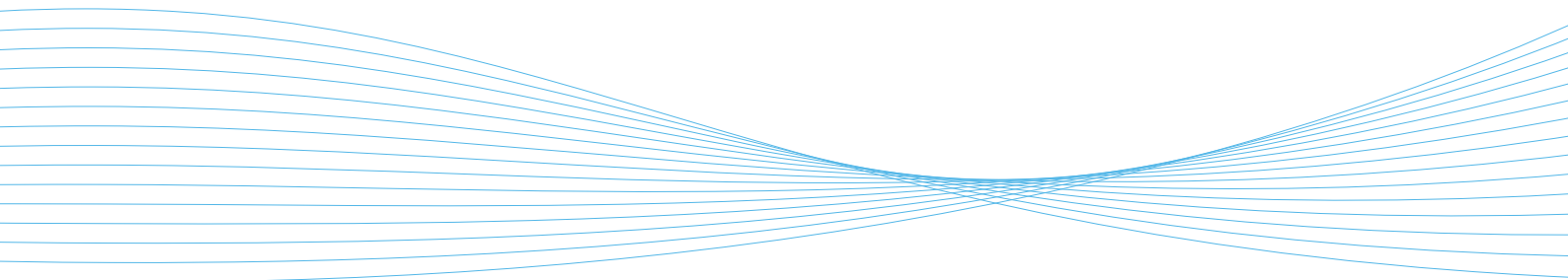




KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU

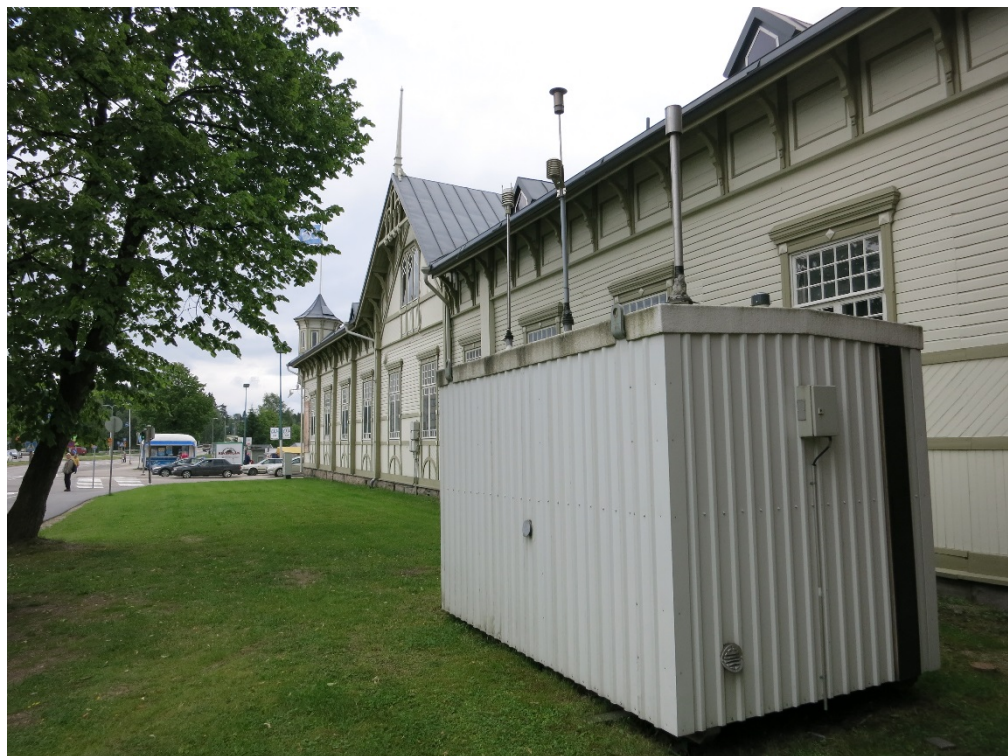
Mittaustulokset vuodelta 2016



KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU

MITTAUSTULOKSET VUODELTA 2016

**JAAKKO LAAKIA
HELENA SAARI**



**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
HELSINKI 30.3.2017**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	5
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	Mittausasema	12
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.....	19
4.4	Säätelijöiden 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	

1 JOHDANTO

Ilmatieteen laitos on mitannut vuosina 2008–2016 Kajaanin ilmanlaatua kaupungin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä. Mitattavat ilman epäpuhtaudet ovat typen oksidit (NO , NO_2 , NO_x) ja alle 10 mikrometrin kokoiset ns. hengitettävät hiukkaset (PM_{10}). 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 raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2016 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, Lemminkäinen Infra Oy (asfalttiasema), NCC Industry (asfalttiasema) sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanin vuoden 2016 ilmanlaadun tarkkailu toteutettiin ilmanlaatuasetuksen (Vna 79/2017) mukaisella laadunvarmistustasolla. Mittausten kenttätyöt ja kalibroinnit hoitivat tutkija Jaakko Laakia ja suunnittelija Kaj Lindgren. Tämän raportin ovat laatineet tutkijat Jaakko Laakia ja Helena Saari. Kajaanin kaupungin yhdyshenkilönä on mittausasioissa toiminut ympäristönsuojelutarkastaja Paula Malinen.

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:**Yksiköt:**

μm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
$^\circ$	aste (tuulen suunta)
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
$^\circ\text{C}$	Celsiusaste (lämpötila)
atm	atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 $^\circ\text{C}$
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm
ppb	parts per billion (miljardisosa) (pitoisuus)

Lyhenteet:

PM ₁₀	hengitettävät hiukkaset = alle 10 μm :n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	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 ₂	typpidioksidi
NO _x	typen oksidit = typpimonoksidin ja typpidioksidin yhteismäärä ilmoitettuna typpidioksidina
N	pohjoinen (tuulen suunta), kun tuulee pohjoisesta tuulen suunta on 0 $^\circ$ tai 360 $^\circ$
E	itä (tuulen suunta), kun tuulee idästä tuulen suunta on 90 $^\circ$
S	etelä (tuulen suunta), kun tuulee etelästä tuulen suunta on 180 $^\circ$
W	länsi (tuulen suunta), kun tuulee lännestä tuulen suunta on 270 $^\circ$

2 TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

2.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä tulee ihmistoiminnoista ilmaan hapettuneessa muodossa typen oksideina eli typpimonoksidina (NO), typpidioksidina (NO₂) ja typpioksiduulina (N₂O) sekä pelkistyneessä muodossa ammoniakkinä (NH₃). 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 (HNO₂) 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 kaasujenvaihtoaaluetta. 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 astmaatikoit, joiden hengitysoireita ohjearvotason ylittävät pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikoille, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmaatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta, yskää ja limannousua.

Typenoksidipitoisuuden (kokonais-NO_x) tuntikeskiarvojen maksimit kohoavat maamme suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyissä katukuiluissa ajoittain jopa yli 1000–1500 µg/m³: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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiuosuuksilla 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 kohoavat yli raja-arvotason (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa, mutta vuonna 2016 raja-arvotaso ei ylittynyt kertaakaan koko maassa (Ilmanlaatuportaali, 2017). Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi.

Ilmatieteen laitos on mitannut Suomen puhtaiden tausta-alueiden typpidioksidipitoisuuksia 1980-luvun loppuvuosista lähtien. Viiden viime vuoden aikana vuosikeskiarvot ovat olleet eteläisemmillä asemilla (Utö, Virolahti, Ähtäri) noin 2–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja pohjoisemmilla asemilla (Oulanka, Sammaltunturi) noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2 Hiukkaset

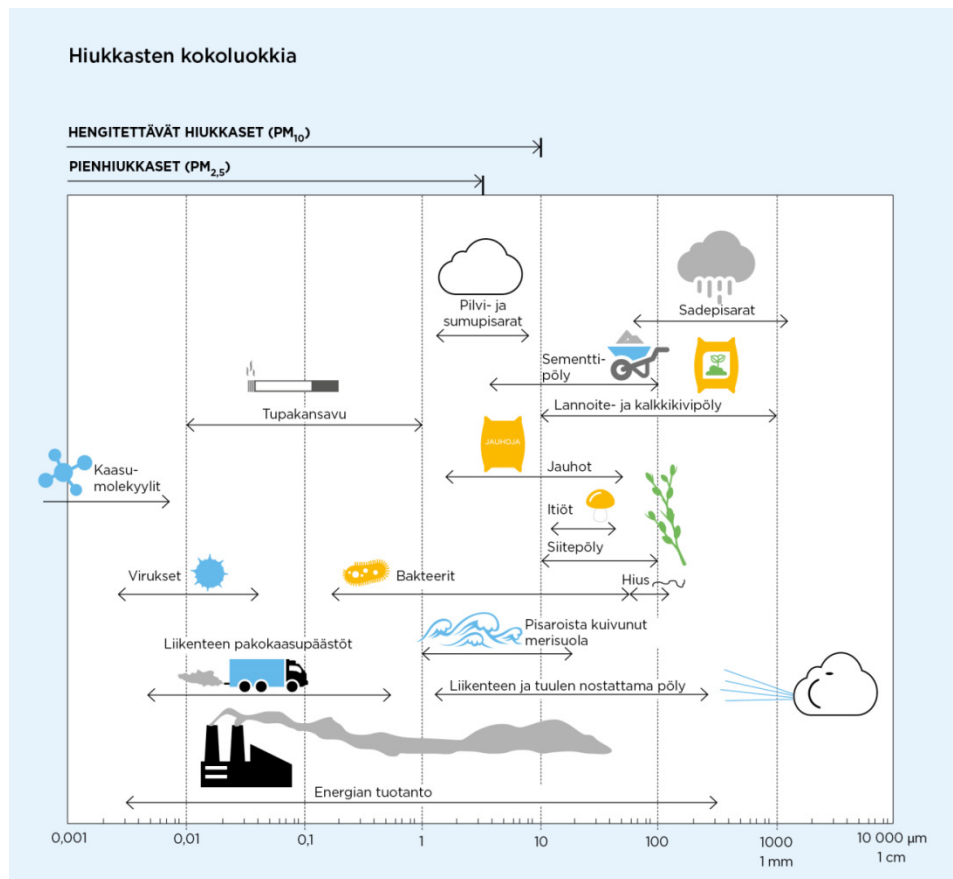
Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maassamme. Hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia 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 ylähengitysteihin 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 syvälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset aina keuhkorakkuloihin 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_{10} ja $PM_{2,5}$ (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 suoria 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 keuhkosyövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa 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. Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014).

Korkeimmat mitatut hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat olleet useiden maamme kaupunkien keskustojen liikenneympäristöissä yli $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja esikaupunkialueillakin yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettua raja-arvoa ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallittu 35 ylitystä/vuosi) ei kuitenkaan ole tähän mennessä mittaustulosten mukaan ylitetty Suomessa kuin Helsingin Runeberginkadulla vuonna 2003, Helsingin Mannerheimintien ja Hämeentien mittausasemilla ja Riihimäen keskustassa Hämeenkadulla vuonna 2005 sekä Helsingin Mannerheimintiellä ja Töölöntullissa vuonna 2006. 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. Suomen kuntien ilmanlaadun mittausverkkojen tulosten mukaan raja-arvotason ylityksiä esiintyi vuonna 2016 yhteensä yli 40 (Ilmanlaatuportaali, 2017).

Ilmatieteen laitos on seurannut hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia puhtailla tausta-alueilla Virolahdella, Raja-Joosepissa ja Pallaksen alueella. Viime vuosina vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Virolahdella noin $9\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Raja-Joosepissa noin $4\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pallaksella noin $3\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienhiukkasten pitoisuuksia on seurattu Virolahdella, Utössä ja Pallaksen alueella. Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Virolahdella noin $5\text{--}9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Utössä noin $3\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pallaksen alueella noin $2\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 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 ₂)	150	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Kokonaisleijuma (TSP)	120	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste
	50	Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 2. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman 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 (NO_2)	1 tunti	200	18
	kalenterivuosi	40	-
Hengitettävät hiukkaset (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 pölyhaittojen torjunnan suunnitteluun. Ilmanlaadun seurannalla saadaan tietoa myös liikenteen, rakentamisen ja maankäytön suunnitteluun. Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa.

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 mittaus tuloksista lasketut ilmanlaatuindeksin arvot ovat ajantasaisina ja historiatietoina julkisesti nähtävillä Kajaanin kaupungin nettisivuilla.

3.2 Mittausasema

Ilmanlaatua on mitattu vuoden 2008 maaliskuun lopusta alkaen Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä sijaitsevalla mittausasemalla Ilmatieteen laitoksen toimesta. Säätilaa seurataan samassa mittauspisteessä. Mittausaseman sijainti on esitetty kuvassa 2. Lönnrotinkatu on Kajaanin keskustan vilkkaimmin liikennöity katu. Lönnrotinkadun liikennemäärä on vuoden 2012 liikennelaskennan mukaan 18 440 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Mittausaseman typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten näytteenottopisteet sijaitsivat noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta. Samoin myös säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Mittauspaikan sijaintia ja ympäristöä on havainnollistettu kuvassa 3.

Lönnrotinkadun mittausasema esiintyy nimellä Kajaanin Keskusta 3 ilmanlaatumittausten kansallisessa tietojärjestelmässä ja ilmanlaatuportaaliissa. Aiempi kaupungintalon sisäpihalla sijainnut mittausasema esiintyy ilmanlaatumittausten kansallisessa tietojärjestelmässä nimellä Kajaanin Keskusta ja kaupungintalon seinustalla sijainnut hiukkasmittausasema nimellä Kajaanin keskusta 2.



Kuva 2. Keskustan Lönnrotinkadun (●) ilmanlaadun mittausaseman sijainti Kajaanissa.



Kuva 3. Kajaanin Keskustan (Lönnrotinkatu) ilmanlaadun mittausasema.

3.3 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Kajaanin keskustan mittausaseman jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla mitattiin typen oksidien (NO , NO_2 ja NO_x) ja halkaisijaltaan alle $10 \mu\text{m}$:n suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia. Näytteenotto tapahtui mittauskopin 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.

Taulukko 3. Kajaanin ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

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

Typen oksidien (NO_x) 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 (PM₁₀) mittaukset perustuvat CENin teknisen komitean CEN/TC 264 valmistelevaan tekniseen ohjeeseen FprCEN/TS 16450:2012 Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀/PM_{2.5}). PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5} gravimetrisiin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2010*.

Ilmanlaadun ja sääparametrien mittaustulokset kerättiin mittausasemalla minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti (3G) 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 tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot ja 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. Typen 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.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimena käytettiin kenttälaimenninta. Laimentimesta tuotettiin kalibroitipitoisuusarvot, jotka varmennettiin (kalibroitiin) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitua typen oksidien analysaattoria vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien typpimonoksidin (NO) pitoisuuksien jäljitettävyys siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Kalibroitien perusteella Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun typen oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Mittatekniikan keskuksen (FINAS) akkreditoima kalibroitilaboratorio K043.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin vuonna 2016 maaliskuussa, kesäkuussa ja lokakuussa sekä tammikuussa 2017. Typen oksidien näytteenottolinja tarkistettiin kalibroitien yhteydessä. Typen oksidien analysaattorin hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibroitien yhteydessä. Hiukkasmittalaitteen näytteenottosondi puhdistettiin mittausasemalla käynnin yhteydessä. Hiukkasmittalaite kalibroitiin valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Typen oksidien ja hiukkasten mittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatutavoitteet koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa laatutavoite on 90 %, mikä ei

kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

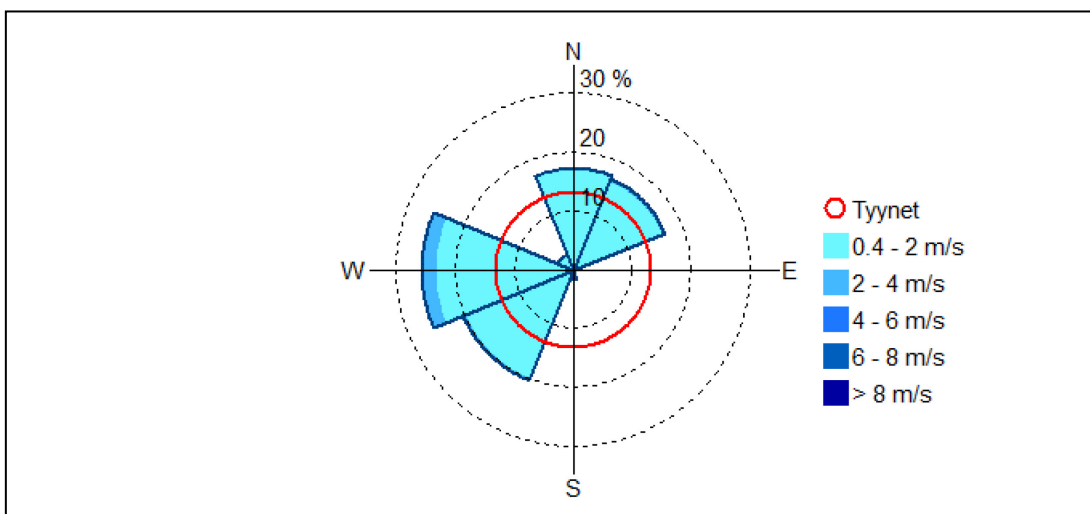
4 SÄÄTIEDOT

4.1 Tuulen suunta ja –nopeus

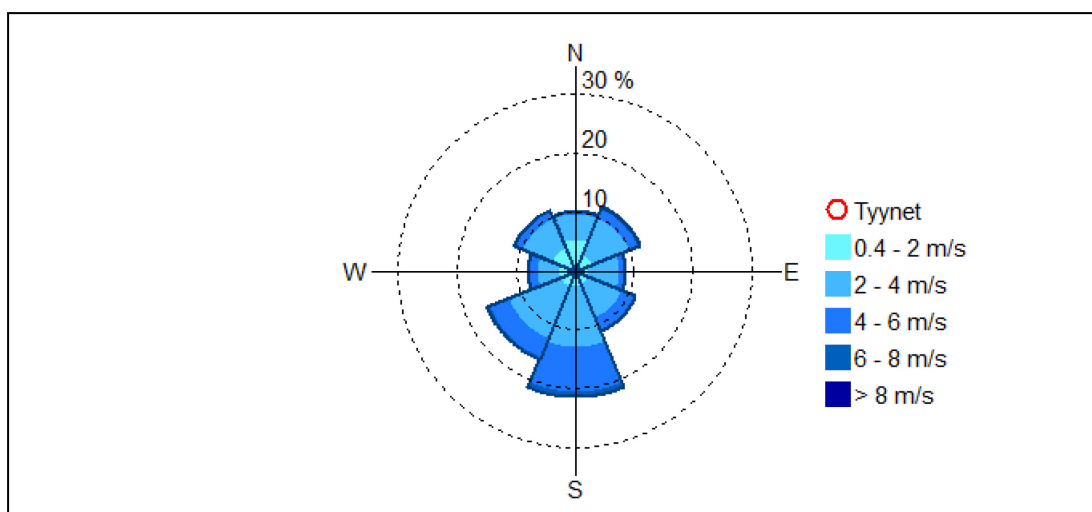
Kajaanin Keskustan tuulimittaus sijaitsee Lönnrotinkadun varressa samassa mittauspisteessä kuin ilmanlaadun mittauksetkin. Koska mittausasema sijaitsee varsin lähellä teatterin ja kaupungintalon seinustaa, on mittausasema itä-, kaakkois- ja etelätuulien osalta ko. rakennusten katveessa ja käytännössä näitä tuulia 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 2016 tuuliruusu (Lönnrotinkadun mittauskopilta). Kuvassa 5 on esitetty koko vuoden 2016 tuuliruusu Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Vieremän Kaarakkalasta. Vallitsevat tuulensuunnat olivat Kainuun alueella vuonna 2016 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 tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.



Kuva 4. Tuuliruusu Kajaanissa Lönnrotinkadulla havaituista tuulista vuonna 2016.



Kuva 5. Tuuliruusu Vieremän Kaarakkalassa havaituista tuulista vuonna 2016.

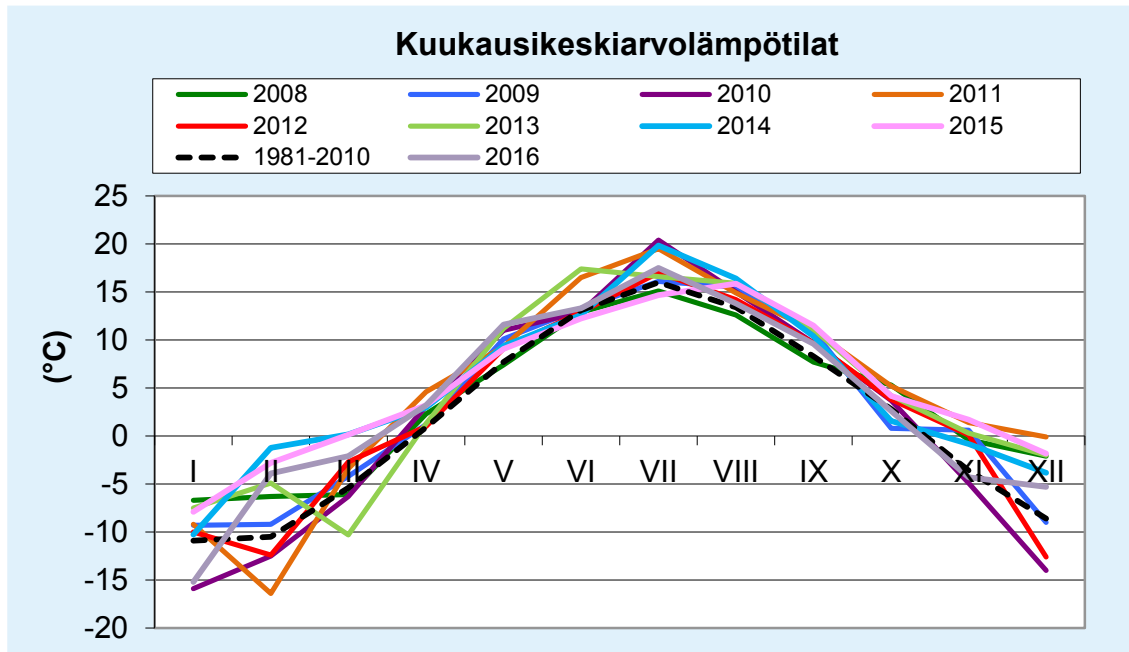
4.2 Lämpötila

Taulukossa 4 on verrattu Kajaanin keskustan lämpötilan kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen Kajaanin lentoaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2016 ja vertailuna pitkäaikaiskeskiarvoihin vuosilta 1981–2010. Kuvassa 6 on esitetty Kajaanin keskustassa mitatut lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2008–2016, josta käy ilmi vuosien välinen vaihtelu. Liitekuvin 1–4 on esitetty ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden sekä ilmanpaineen tuntikeskiarvot vuodelta 2016.

Taulukko 4. Kuukauden keskilämpötilat vuonna 2016 Kajaanin keskustassa ja Kajaanin lentoasemalla sekä vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2017a; Pirinen ym., 2012*).

Kuukausi	Keskilämpötila, °C		
	Kajaani keskusta 2016	Kajaani lentoasema 2016	Kajaani lentoasema 1981–2010
Tammikuu	-14,4	-15,2	-10,9
Helmikuu	-3,3	-3,9	-10,5
Maaliskuu	-1,4	-2,1	-5,4
Huhtikuu	3,8	3,2	0,9
Toukokuu	12,6	11,6	7,7
Kesäkuu	14,2	13,3	13,1
Heinäkuu	18,4	17,5	16,0
Elokuu	14,7	13,8	13,4
Syyskuu	10,4	9,6	8,3
Lokakuu	3,5	2,6	2,8
Marraskuu	-3,5	-4,3	-3,6
Joulukuu	-4,3	-5,3	-8,3
Koko vuosi	4,3	3,4	2,0

Suomen keskilämpötila vuonna 2016 oli noin 3,4 astetta, mikä on noin 1,1 astetta nykyisen vertailukauden 1981-2010 keskilämpötilaa korkeampi ja noin 1,8 astetta 1900-luvun keskiarvoa korkeampi. Kajaanin lentoasemalla lämpötilä oli 1,4 astetta korkeampi kuin vertailukaudella 1981-2010. Suhteessa lämpimintä oli helmittoukokuussa ja joulukuussa, jolloin keskilämpötila oli 2–6 astetta tavanomaista korkeampi.



Kuva 6. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016 sekä vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla.

4.3 Sademäärä

Taulukossa 5 on esitetty Kajaanin Paltaniemessä mitatut sademäärät vuonna 2016.

Taulukko 5. Kuukausisademäärät vuonna 2016 Kajaanin Paltaniemessä sekä vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaikeskiarvot Kajaanin lentoasemalla (Ilmatieteen laitos, 2017a; Pirinen ym., 2012).

Kuukausi	Kuukausisademäärä, mm	
	Kajaani Paltaniemi 2016	Kajaani lentoasema 1981–2010
Tammikuu	30	33
Helmikuu	43	26
Maaliskuu	17	28
Huhtikuu	29	24
Toukokuu	41	49
Kesäkuu	116	60
Heinäkuu	124	75
Elokuu	87	76
Syyskuu	41	57
Lokakuu	17	49
Marraskuu	54	42
Joulukuu	47	37
Koko vuosi	643	556

Vuotuinen sademäärä oli koko Suomessa keskimäärin noin 635 millimetriä, mikä on 26 mm vertailukautta 1981-2010 korkeampi. Kajaanin Paltaniemessä satoi 87 mm enemmän kuin vertailukautena 1981-2010, sateisinta oli kesä-heinäkuussa.

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 tyyntä. 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 2016 mitatut typen oksidien sekä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on esitetty taulukoissa 6–9 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina.

Liitekuvilla 5–12 on esitetty vuonna 2016 Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntiarvot ja vuorokausikeskiarvot yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (typen oksidit 20 °C, hengitettävät hiukkaset ulkoilman lämpötilassa).

Taulukko 6. Kajaanin keskustassa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2016.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	733	696	739	720	744	715	744	744	720	741	720	744
kattavuus (%)	98,5	100	99,3	100	100	99,3	100	100	100	99,6	100	100
keskiarvo	16,8	12,6	9,4	8,1	5,1	4,8	4,8	6,5	10,0	10,6	10,7	12,2
99. %-piste	101	46	41	39	21	19	19	25	67	80	64	85
korkein arvo	156	91	145	64	26	29	25	41	150	171	102	174
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	39,9	21,3	17,6	14,9	7,6	8,1	7,9	11,4	24,2	25,3	22,4	25,5
korkein arvo	62,6	32,0	18,4	16,0	8,6	8,4	8,8	12,2	30,7	42,3	29,2	49,6

Taulukko 7. Kajaanin keskustassa mitatut typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet vuonna 2016.

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	733	696	739	720	744	715	744	744	720	741	720	744
kattavuus (%)	98,5	100	99,3	100	100	99,3	100	100	100	99,6	100	100
keskiarvo	20,0	20,0	19,8	18,2	14,7	10,1	11,9	13,4	14,5	16,2	16,0	21,9
99. %-piste	56	56	74	55	40	28	33	41	42	55	54	66
korkein arvo	63	70	97	86	48	42	48	47	54	63	71	86
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	37,3	32,8	40,5	30,1	24,7	18,4	17,3	20,3	23,2	32,8	29,5	36,8
korkein arvo	39,3	41,9	45,2	30,4	25,7	18,8	23,4	22,6	24,1	38,2	33,6	44,9

Taulukko 8. Kajaanin keskustassa mitatut typpidioksidin (NO_x) pitoisuudet vuonna 2016.

NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	733	696	739	720	744	715	744	744	720	741	720	744
kattavuus (%)	98,5	100	99,3	100	100	99,3	100	100	100	99,6	100	100
keskiarvo	45,7	39,3	34,2	30,6	22,5	17,4	19,2	23,3	29,8	32,5	32,4	40,6
99. %-piste	208	125	123	112	68	57	56	78	141	164	143	193
korkein arvo	301	209	278	184	86	72	86	96	268	324	223	352
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	87,7	65,4	63,7	51,0	34,9	28,9	29,1	37,3	60,2	76,9	67,8	75,8
korkein arvo	135	91	68	55	36	30	37	41	71	97	71	121

Taulukko 9. Kajaanin keskustassa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet vuonna 2016.

PM ₁₀ (µg/m ³)	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	720	744	720	743	744	720	743	720	744
kattavuus (%)	100	100	99,9	100	100	100	99,9	100	100	99,9	100	100
keskiarvo	15,5	7,0	22,4	24,8	13,2	9,0	10,9	8,3	10,0	9,5	6,6	5,1
99. %-piste	76	21	157	139	35	32	34	26	52	35	27	20
korkein arvo	117	32	250	190	40	115	60	294	158	56	78	42
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	34,6	13,7	85,4	80,9	22,8	18,4	23,8	17,1	17,3	25,0	11,0	10,4
korkein arvo	42,1	15,9	96,7	84,1	23,2	21,6	27,4	22,1	46,8	25,6	24,2	16,1

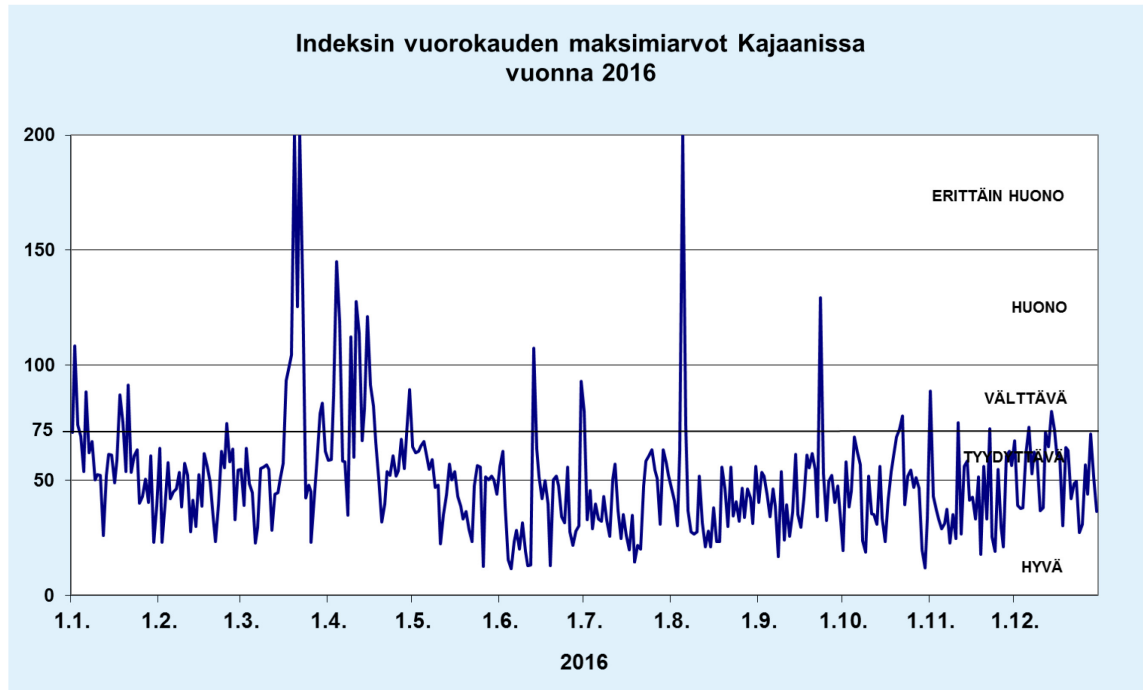
Vuosikeskiarvot olivat seuraavat: typpimonoksidi (NO) 9 µg/m³, typpidioksidi (NO₂) 16 µg/m³, typen oksidit (kokonais-NO_x typpidioksidina ilmaistuna) 30 µg/m³ ja hengitettävät hiukkaset 12 µg/m³.

5.2 Ilmanlaadun indeksi

Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta (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](http://www.sivuilla) reaaliaikaisesti ja historiatietoina.

Kuvassa 7 on esitetty yhteenveto vuoden 2016 vuorokauden maksimi-indeksiarvoista. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 53 %, tyydyttävää 38 % ja välttävää 5 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 12 päivänä (3 % päivistä) ja erittäin huonoa kolmena päivänä. Ilmanlaatu oli vuonna 2016 lievästi huonompi kuin vuonna 2015. Silti vuonna 2016 noin joka toisena päivänä ilmanlaatu oli Kajaanissa hyvä.

Ilmanlaatu oli huono kahtenatoista päivänä ja erittäin huono kolmena päivänä, syynä olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet. Näistä tilanteista pääosa eli 11 kpl ajoittuvat maaliskuulle johtuen kevätpölyämisestä, jolloin talven aikana hienoksi jauhautunut hiekoitushiekka lumien sullettua pölyä ilmaan liikenteen ja tuulen aiheuttamien ilmapirtausten vaikutuksesta. Kevätpölykauden ulkopuolella ilmanlaatu oli huono kohonneiden hiukkaspitoisuuksien vuoksi muutaman tunnin ajan 2.1., 13.6. ja 23.9. ja erittäin huono tunnin ajan 5.8. perjantain ja lauantain välisenä yönä. Yksittäiset lyhytaikaisesti kohonneet hiukkaspitoisuudet voivat johtua töistä (esim. lumenaurauksesta tai ruohonleikkuusta) mittauskopin lähellä tai viikonloppuiden ”korttelirallista”.

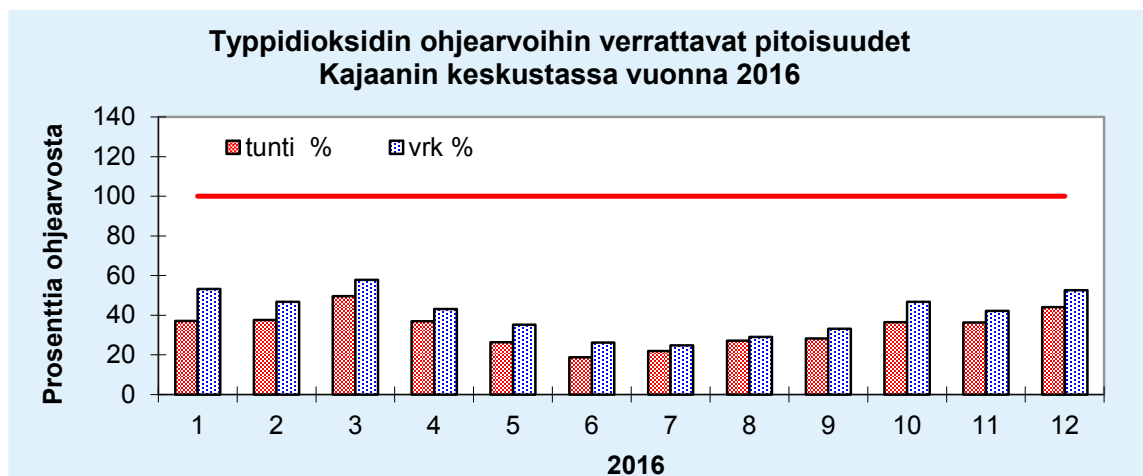


Kuva 7. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Kajaanin keskustassa vuonna 2016.

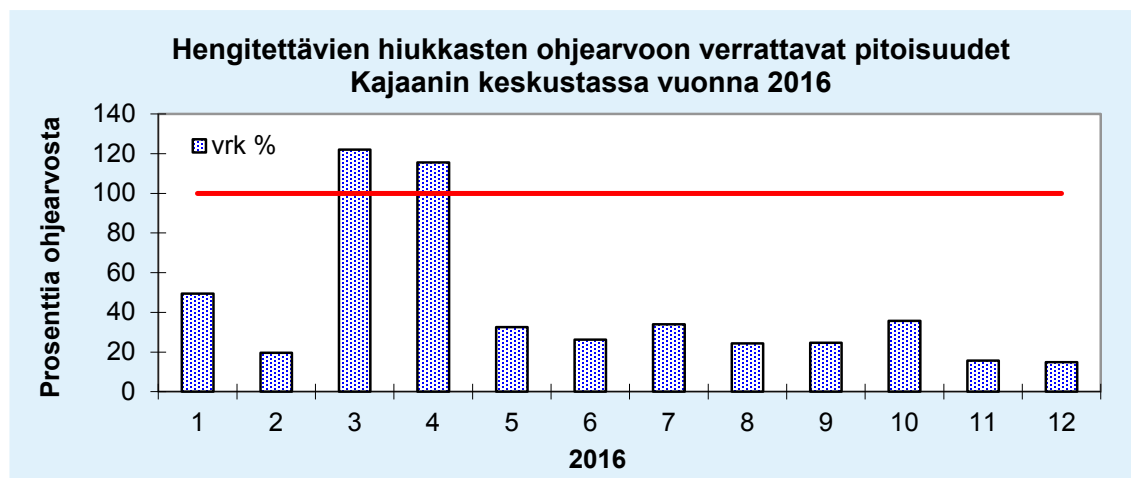
6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

6.1 Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin

Kuvissa 8–9 ja taulukossa 10 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä ko. pitoisuuksien suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2016.



Kuva 8. Typpidioksidin (NO_2) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2016. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nämä ovat kuvan ohjearvotasoja = 100 % ohjearvosta.



Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2016. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on 70 µg/m³ = kuvan ohjearvotaso = 100 % ohjearvosta. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.

Taulukko 10. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2016.

Kajaani 2016	NO ₂ tunti		NO ₂ vrk		PM ₁₀ vrk	
	99. %-piste (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk-arvo (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk-arvo (µg/m ³)	% ohje- arvosta
Tammikuu	56	37	37	53	35	49
Helmikuu	56	38	33	47	14	20
Maaliskuu	74	50	41	58	85	122
Huhtikuu	55	37	30	43	81	116
Toukokuu	40	26	25	35	23	33
Kesäkuu	28	19	18	26	18	26
Heinäkuu	33	22	17	25	24	34
Elokuu	41	27	20	29	17	24
Syyskuu	42	28	23	33	17	25
Lokakuu	55	37	33	47	25	36
Marraskuu	54	36	29	42	11	16
Joulukuu	66	44	37	53	10	15
Ohjearvo	150		70		70	

Typpidioksidin pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2016. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin tuntipitoisuudet vaihtelivat välillä 19–50 % ohjearvosta. Vuorokausipitoisuudet vaihtelivat välillä 25–58 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin maaliskuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat 15–122 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat

suurimmillaan kevätpölykaudella maalīs- ja huhtikuussa, ja ohjearvo ylittyi sekä maalīs- että huhtikuussa.

Kajaanissa vuonna 2016 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. Yhdeksänneksitoista suurin tuntiarvo oli $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 37 % raja-arvosta. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 41 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi vuonna 2016 kymmenen kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitykset tapahtuivat kevätpölyaikaan. 36. suurin vuorokausiarvo oli $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 40 % raja-arvosta. Vuosiraja-arvoon, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattava vuosikeskiarvo oli $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 30 % raja-arvosta.

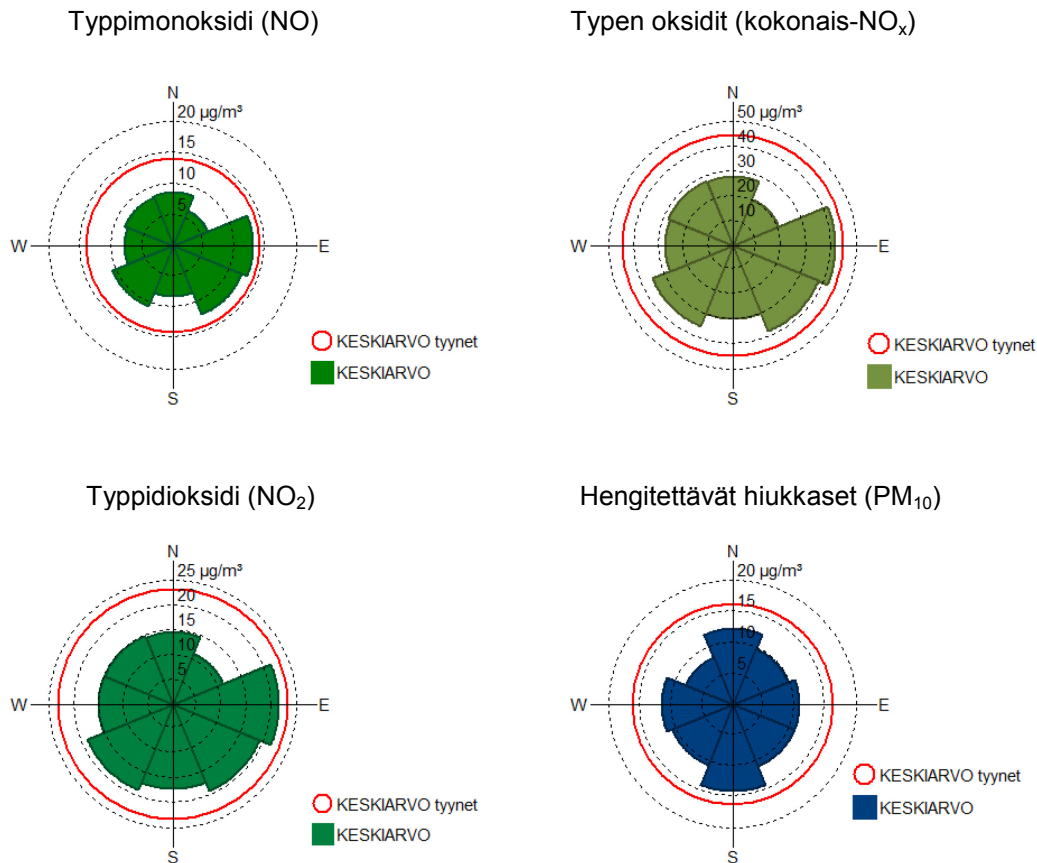
6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvassa 10 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 tapahtuvat 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 2016 suurimmillaan tyynellä säällä. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), joka hapettuu muun muassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi (NO₂). Typpimonoksidipitoisuudet kuvastavat siten paremmin mittauspisteen lähialueen liikenteestä aiheutuvaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös kauempana sijaitsevat lähteet. Johtuen Lönnrotinkadun mittauspisteen sijainnista kaupungintalon ja teatterin katveessa, jäi itä-, kaakkois- ja etelätuulien osuus hyvin pieneksi suhteessa muihin ilmansuuntiin, vain muutamaan kymmeneen havaintoon, joten pitoisuuskeskiarvoja ko. tuulensuunnissa ei voida pitää vertailukelpoisena muilla tuulensuunnilla esiintyneisiin pitoisuuskeskiarvoihin nähden (vrt. liitekuva 13).

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 2016 suurimmillaan tyynellä säällä (ks. kuva 10).



Kuva 10. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Kajaanin Lönnrotinkadulla vuonna 2016.

6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvassa 11 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).

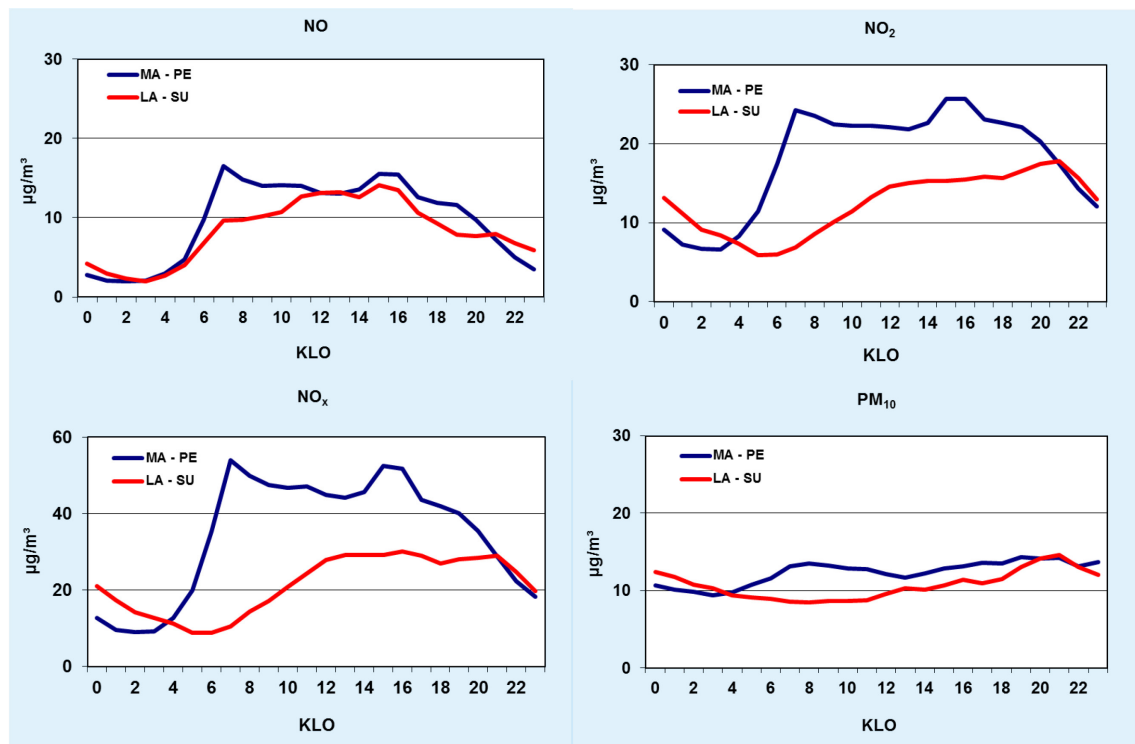
Typen oksidien tuntipitoisuuksien vuorokausivaihtelussa havaitaan selvästi liikenteen päästöjen vaikutus. Arkipäivisin pitoisuudet olivat pienimmillään aamuyön tunteina. Pitoisuudet kasvoivat nopeasti liikenteen aamuruuhkan aikaan ja pysyivät korkeammalla tasolla iltapäiväruuhkaan asti. Arkipäivien aamu- ja iltapäiväruuhkien aikaan typpidioksidipitoisuudet kohoavat keskimäärin tasolle 25 µg/m³. Viikonloppuisin typen oksidien pitoisuudet ovat myöhäisillan ja aamuyön tunteja

lukuun ottamatta arkipäivisin havaittuja matalampia ja aamun pitoisuushuippu puuttuu.

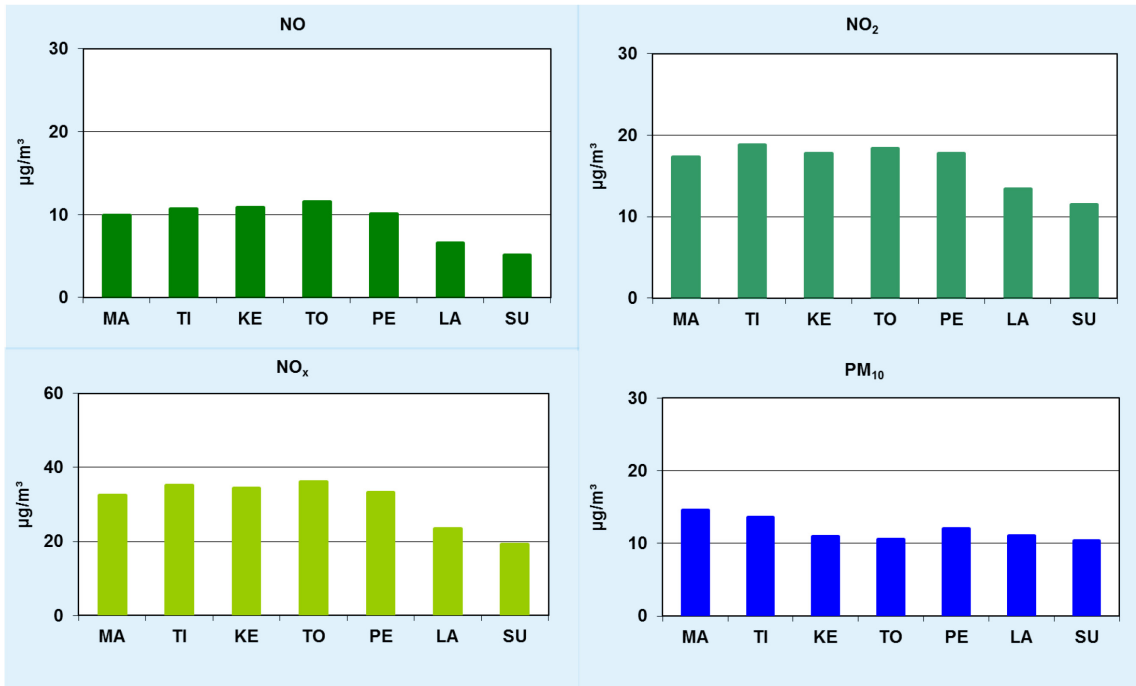
Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran typen oksidien pitoisuuksista poikkeavasti. Hiukkaspitoisuudet eivät noudata niin selvästi liikennemäärien vaihtelua kuin typen oksidien pitoisuudet. Hengitettävien hiukkasten vuorokauden sisäinen pitoisuusvaihtelu oli vähäistä, vain 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 typen 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 typen oksidien keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli niin, että lauantaisin ja sunnuntaisin typen oksidien pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin arkipäivisin ja pitoisuudet olivat sunnuntaisin matalimmillaan (ks. kuva 12). Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin pienimmät sunnuntaisin.



Kuva 11. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Kajaanin keskustassa vuonna 2016.



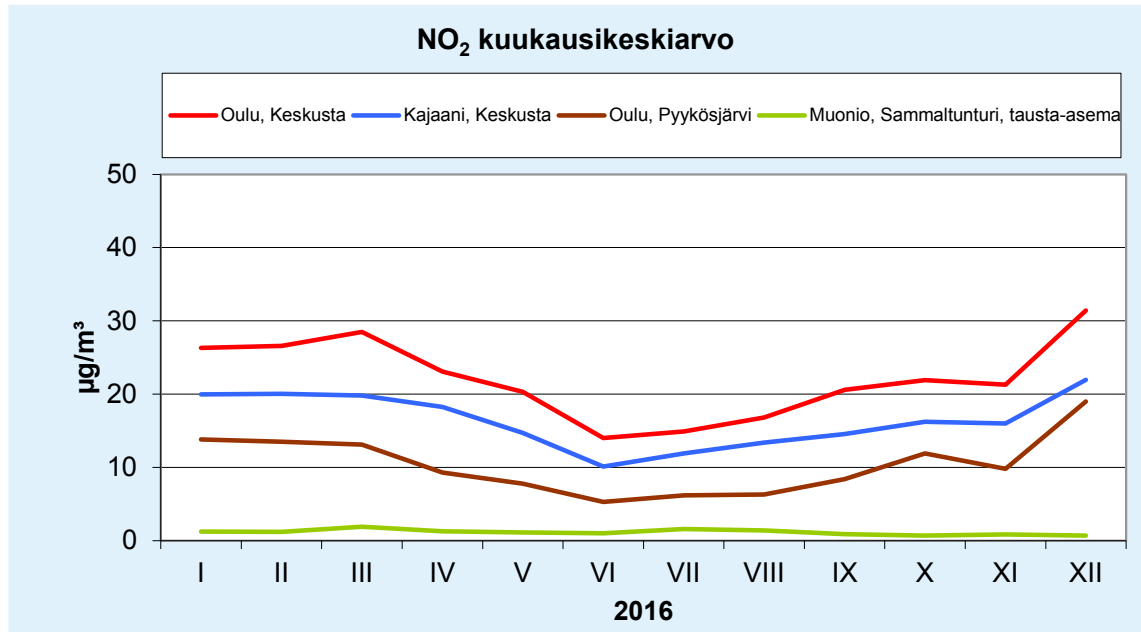
Kuva 12. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Kajaanissa vuonna 2016.

6.4 Pitoisuuksien vertailua

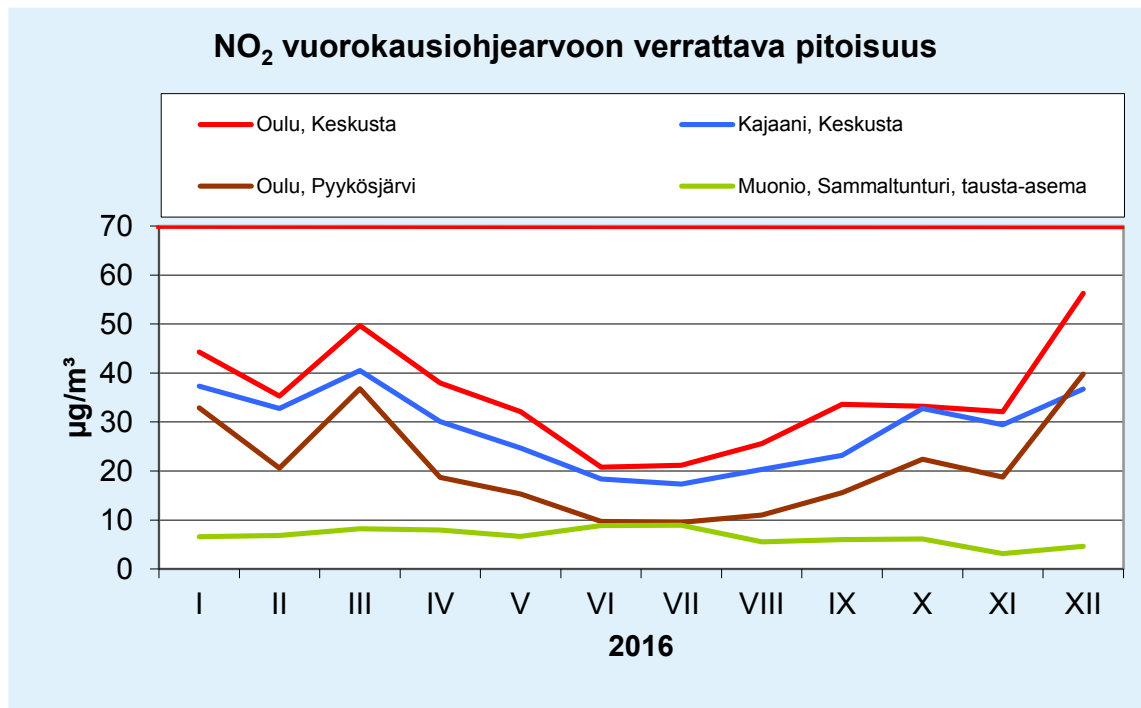
6.4.1 Typpidioksidi

Typpidioksidin pitoisuuksia mitataan Suomessa yli 60 mittausasemalla. Typpidioksidin mittausasemista noin puolet sijaitsee liikenneympäristöissä. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot ja vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-asemalla (*Ilmatieteen laitos, 2017b*). Asemista Kajaanin ja Oulun Keskustan mittausasemat ovat tyypiltään liikenneasemia. Oulun Pyykösjärven mittausasema edustaa ns. esikaupunkitaustaa ja Lapissa Pallaksen alueella sijaitseva Sammaltunturi puhdasta maaseututausta-alueelta. 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. Vuodensisäinen vaihtelu oli kaikilla kolmella asemalla hyvin samansuuntaista. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet olivat talvikuukausina. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo alittui vuonna 2016 Kajaanissa ja Oulussa.



Kuva 13. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2017*) ja Sammaltunturilla (*Ilmatieteen laitos, 2017b*).



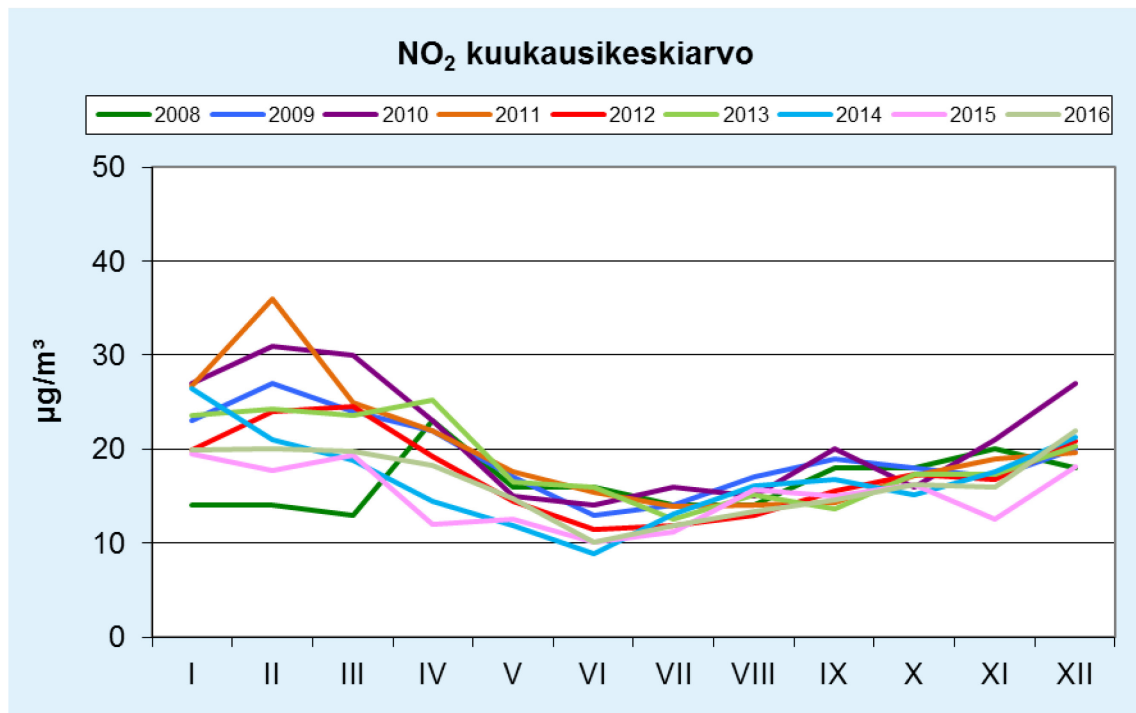
Kuva 14. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2017*) ja Sammaltunturilla (*Ilmatieteen laitos, 2017b*). Ohjearvotasoa, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Kuvissa 15–17 on esitetty typpidioksidipitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot sekä vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästöjen että meteorologisten tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Typpidioksidipitoisuuden

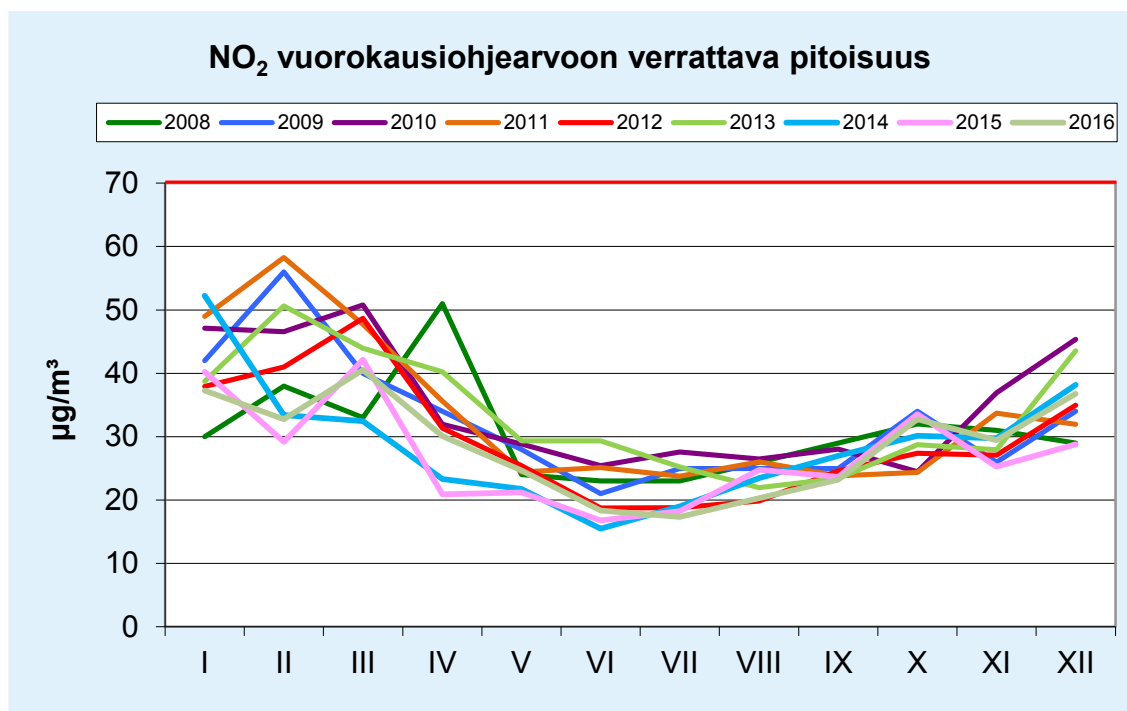
vuosikeskiarvo on vaihdellut vuosina 2008–2016 välillä 15,0–21,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuonna 2015 mitattiin em. ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus. Eri vuosina mitatut kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ovat alkuvuotta lukuun ottamatta suunnilleen samantasoisia keskenään. Alkuvuoden pitoisuusvaihteluihin vaikuttavat talvisten sääolosuhteiden vaihtelu eri vuosina (mm. ilman lämpötila ja stabiilisuus). Vuoden 2016 keväällä typpidioksidipitoisuudet olivat edellisiin kahteen vuoteen verrattuna jonkin verran korkeampia. Vuonna 2008 mittausasema sijaitti huhtikuun alkuun saakka suojaisemmassa paikassa kaupungintalon sisäpihalla.



Kuva 15. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016). Raja-arvotaso, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 16. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016.

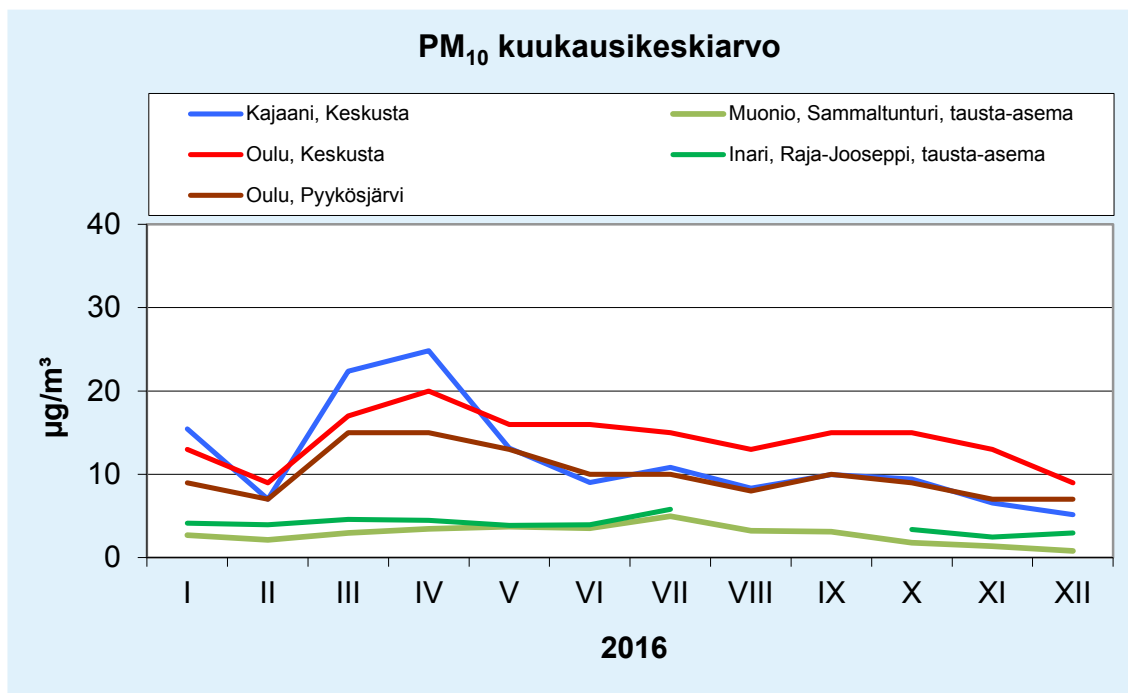


Kuva 17. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016. Ohjearvotaso, 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

6.4.2 Hengitettävät hiukkaset

Kuvissa 18 ja 19 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä sekä Ilmatieteen laitoksen Muonion Sammaltunturin ja Inarin Raja-Joosepin tausta-aseilla.

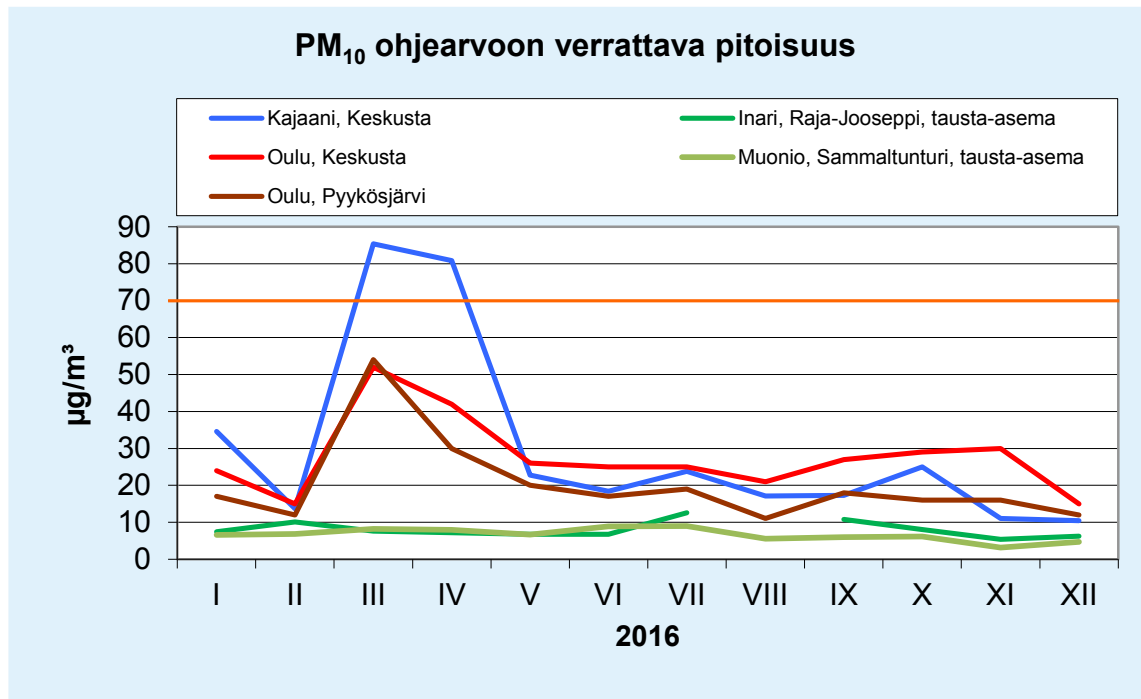
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyi Kajaanissa maalissa ja huhtikuussa vuonna 2016. Kajaanin keskustan hiukkaspitoisuudet olivat sekä ohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina että kuukausikeskiarvoina maalishuhtikuussa Oulun mittausasemilla mitattuja suurempia.



Kuva 18. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-aseilla (*Ilmatieteen laitos, 2017b*).

Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan kevätkuukausina. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvon ylitykset ovat olleet melko yleisiä maamme taajamissa, mutta viime vuosina ohjearvon ylitykset ovat vähentyneet. 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 ilmapirtausten vaikutuksesta. Vuonna 2016 katupölykausi alkoi Kajaanissa varhain. Lumet alkoivat sulaa ja katupölykausi käynnistyi maaliskuun alkupuolella. Korkeimmillaan hiukkaspitoisuudet olivat maaliskuun 18.–23. päivä, jolloin myös raja-arvon numeroarvo ylittyi yhtäjaksoisesti kuutena päivänä. Maaliskuun loppupuolella satoi lunta, jolloin pitoisuudet pysyivät matalina. Katupölyn määrä lisääntyi jälleen huhtikuun alussa, ja raja-arvon numeroarvo ylittyi 4. ja 5.4. ja 11. ja 12.4. Vuosi 2016 oli haastava pölynpoiston kannalta. Talven kelit olivat vaihtelevia, ja hiekoitussepeliä jouduttiin käyttämään liukkaudentorjuntaan tavanomaista enemmän. Lisäksi maaliskuussa oli kovia yöpakkasia, jotka estivät

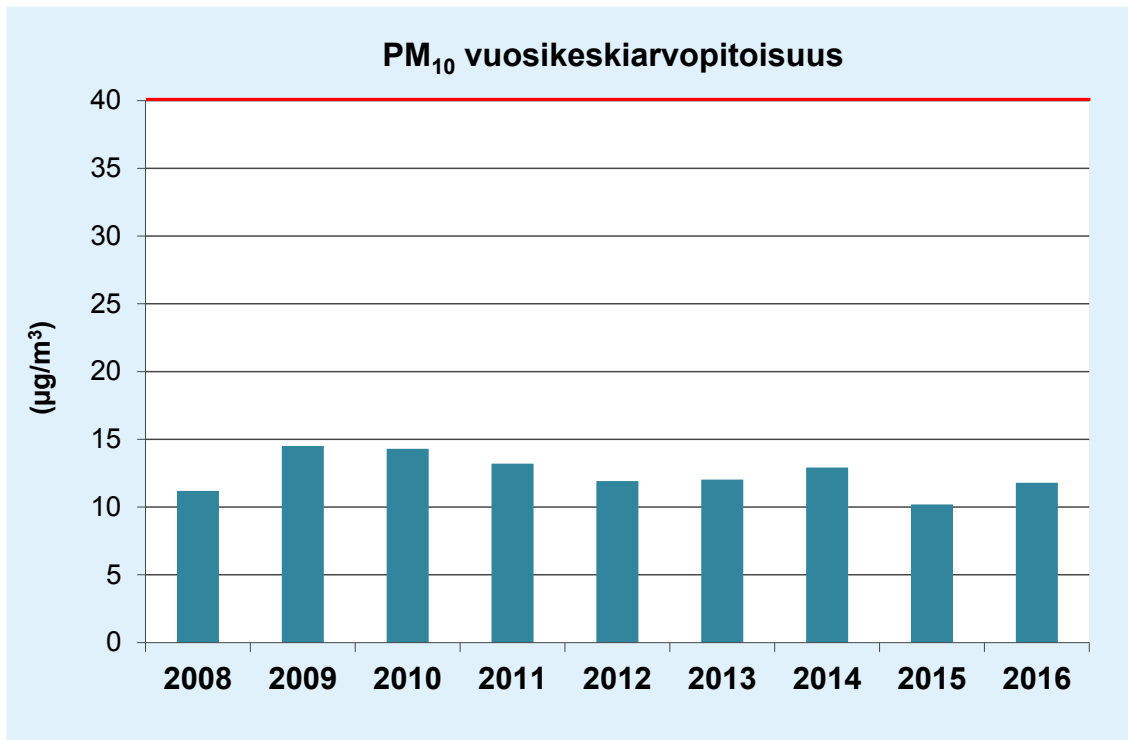
suolaliuoksen käytön. Pölyntorjunta-aineiden käyttö ja hiekoitussepin poisto päästiin alkamaan vasta huhtikuun alkupuolella.



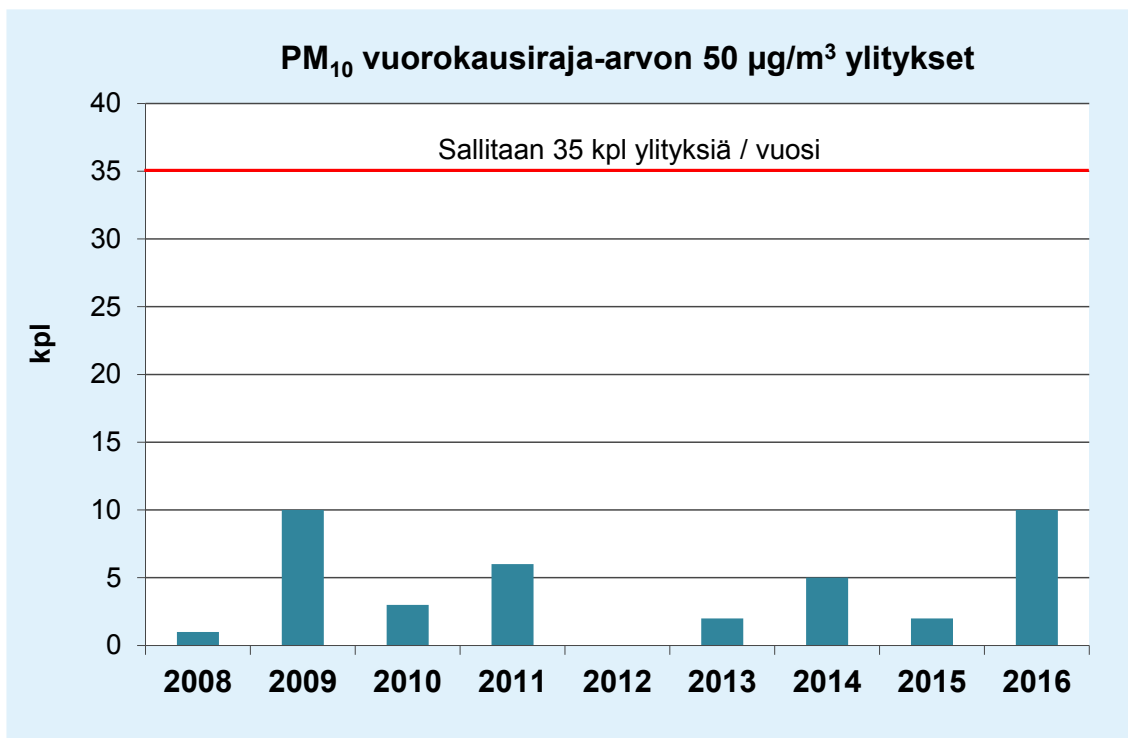
Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2016 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-asemailla (*Ilmatieteen laitos, 2017b*). Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Kuvissa 20–21 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot, vuorokausiraja-arvon ylitysten lukumäärät sekä ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästövaihteluista että meteorologisten tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo on vuosina 2008–2016 vaihdellut välillä 10,2–14,5 µg/m³. Vuonna 2015 mitattiin em. ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus.

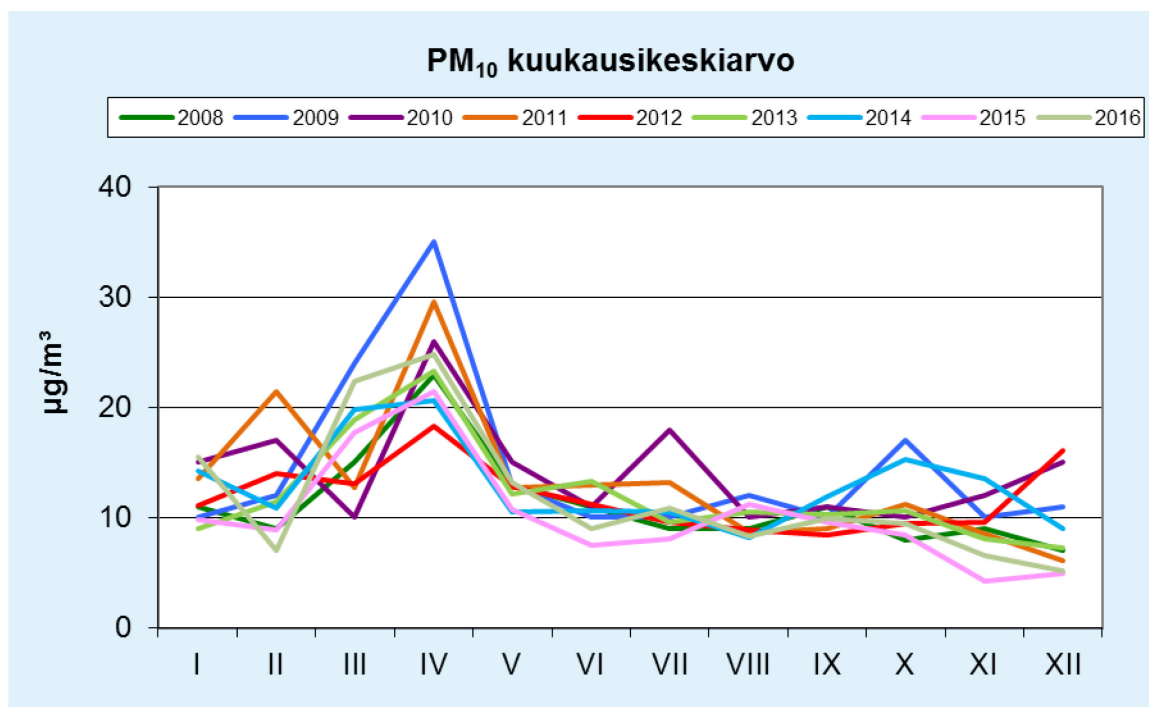
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on vuosien 2008–2016 välillä ylittynyt aiemmin ainoastaan vuonna 2009, jolloin hiukkaspitoisuudet olivat sekä kevään että syksyn katupölykaudella selvästi koholla. Vuonna 2016 hiukkaspitoisuudet eivät kevätpölykautta lukuunottamatta poikenneet aiempien vuosien tasosta ja kuten eivät myöskään kuukausikeskiarvoina tarkasteltuna (kuva 22). Kevään 2008 alhaisiin pitoisuuksiin on vaikuttanut hiukkasmittauksen sijainti suojaisemmassa paikassa kaupungintalon seinän lähellä tammi-maaliskuussa.



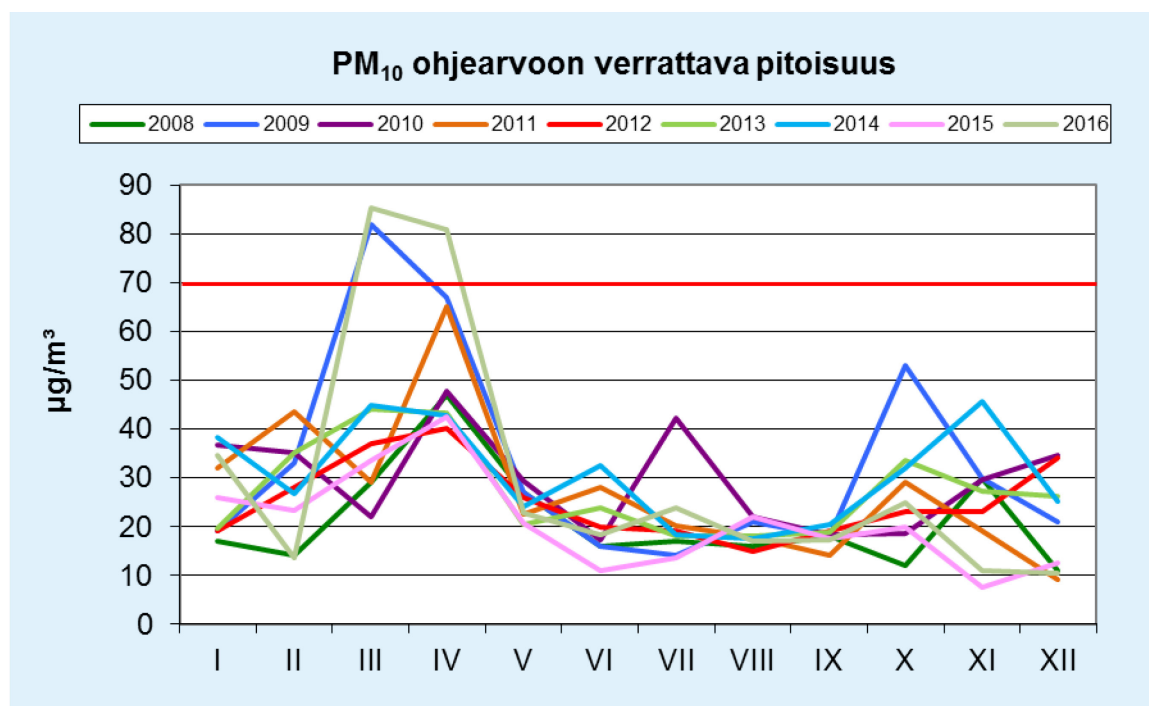
Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016. Raja-arvotaso, 40 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotason ylitykset Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016.



Kuva 23. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2016. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

7 YHTEENVETO

Vuonna 2016 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailusta vastasi Ilmatieteen laitos. Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla sijaitsevalla mittausasemalla mitattiin ulkoilmasta typen oksidien ja alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia sekä ko. 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 raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2016 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, Lemminkäinen Infra Oy (asfalttiasema), NCC Industry (asfalttiasema) sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanissa vuonna 2016 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 41 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi vuonna 2016 kymmenen kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitykset tapahtuivat kevätpölyaikaan maaliskuuhun. Vuosiraja-arvoon, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattava vuosikeskiarvo oli $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 30 % raja-arvosta.

Typpidioksidin pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2016. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidipitoisuudet vaihtelivat välillä 19–58 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin maaliskuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat 15–122 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat suurimmillaan kevätpölykaudella maaliskuun ja huhtikuun, ja ohjearvo ylittyi sekä maaliskuun että huhtikuun.

Kajaanissa mitatuista typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista lasketaan ns. ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaatuilannetta. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 53 %, tyydyttävää 38 % ja välttävää 5 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 12 päivänä (3 % päivistä) ja erittäin huonoa kolmena päivänä. Ilmanlaatu oli vuonna 2016 lievästi huonompi kuin vuonna 2015. Silti vuonna 2016 noin joka toisena päivänä ilmanlaatu oli Kajaanissa hyvä.

Huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet yhtenätoista päivänä kevätpölykaudella maaliskuun ja huhtikuun ja neljänä päivänä kevätpölykauden ulkopuolella.

Kajaanin keskustassa mitattuja typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia verrattiin vuoden 2016 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 esikaupunkiasemalla. Hiukkaspitoisuudet olivat Kajaanissa samantasoisia kuin Oulun ilmanlaadun mittausasemilla maalis-huhtikuuta lukuunottamatta, jolloin siis hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyi Kajaanissa.

Korkeiden hiukkaspitoisuuksien ja kevätpölyhaittojen ehkäiseminen on edelleen suuri ilmansuojeluhaaste monissa maamme kunnissa. Myös Kajaanissa tulee jatkossakin kiinnittää huomiota katujen ja teiden puhtaanapitoon, talvikunnossapitoon ja pölynsidontaan, jotta varsinkin kaupungin keskustassa välttyttäisiin pölyhaitoilta. Kajaanissa hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuden raja-arvotaso ylittyi kymmenen kertaa vuonna 2016, aiemmin yhtä huono tilanne on ollut ainoastaan vuonna 2009. Vuosi 2016 oli haastava pölynpoiston kannalta. Talven kelit olivat vaihtelevia, ja hiekoitussepeleitä jouduttiin käyttämään liukkaudentorjuntaan tavanomaista enemmän. Lisäksi maaliskuussa oli kovia yöpakkasia, jotka estivät suolaliuoksen käytön. Pölyntorjunta-aineiden käyttö ja hiekoitussepeleiden poisto päästiin alkamaan viiveellä.

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

VIITELUETTELO

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

Ilmanlaatuportaali, 2017. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-asemilta: www.ilmanlaatu.fi

Ilmatieteen laitos, 2017a. Ilmastokatsaus, Säävuosi 2016. <http://www.ilmastokatsaus.fi/2017/01/19/cialis-online-html/>

Ilmatieteen laitos, 2017b. Tiedot Sammaltunturin tausta-asemalla vuonna 2016 mitatuista typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista ja Raja-Joosepin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista.

Oulun kaupunki, 2017. Tiedot vuoden 2016 ilmanlaadusta Oulun Keskustan ja Pyykösjärven mittausasemilta. Heikki Orava, Oulun seudun ympäristötoimi. Sähköposti 3.3.2017.

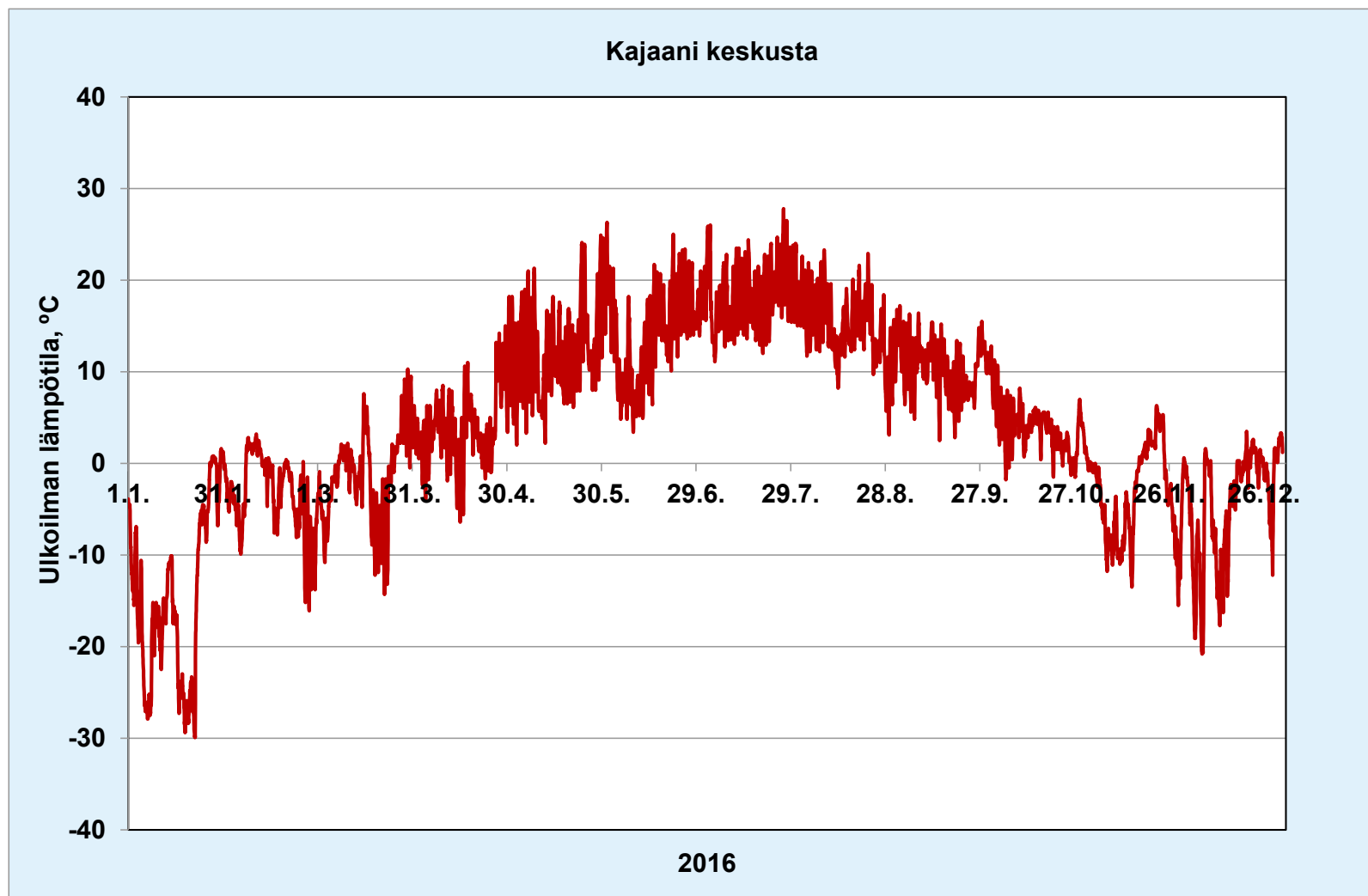
Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P. ja Ruuhela, R., 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2012:1.

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

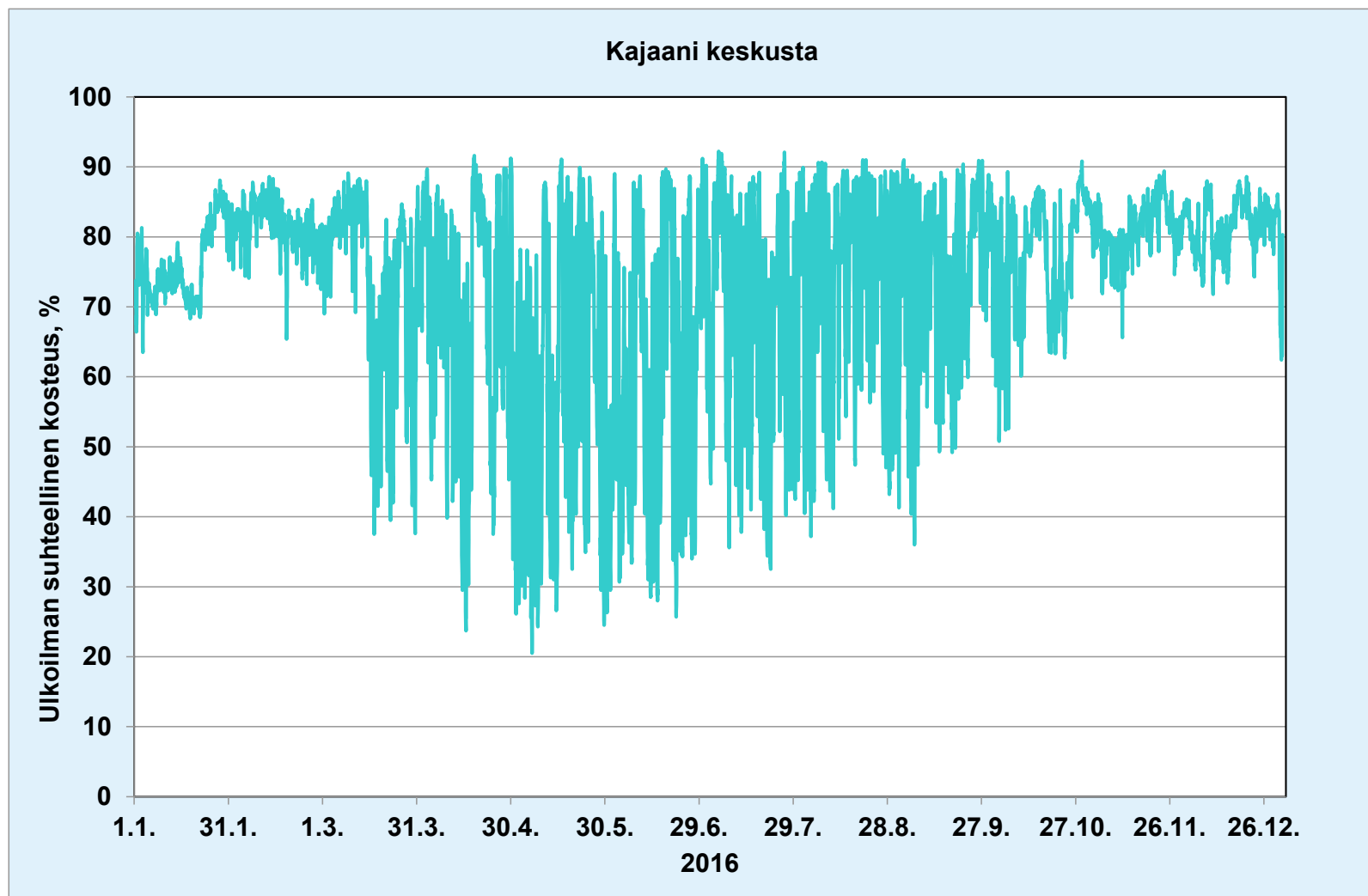
Vnp 480/96. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

Waldén, J., Hillamo, R., Aurela, M., Mäkelä, T. ja Laurila, S., 2010. Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Helsinki 2007-2008. Finnish Meteorological Institute, Studies 2010:3

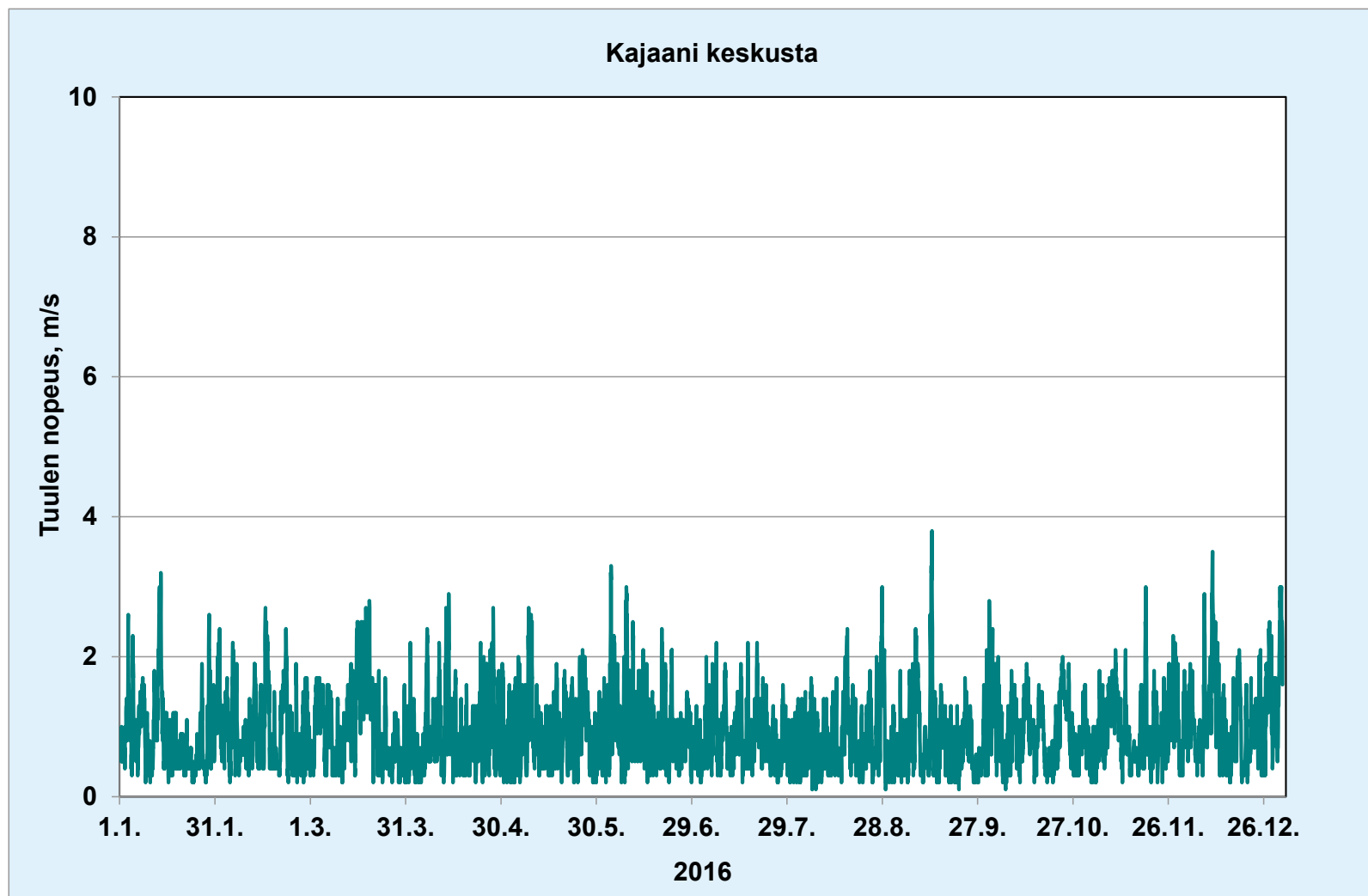
LIITEKUVAT



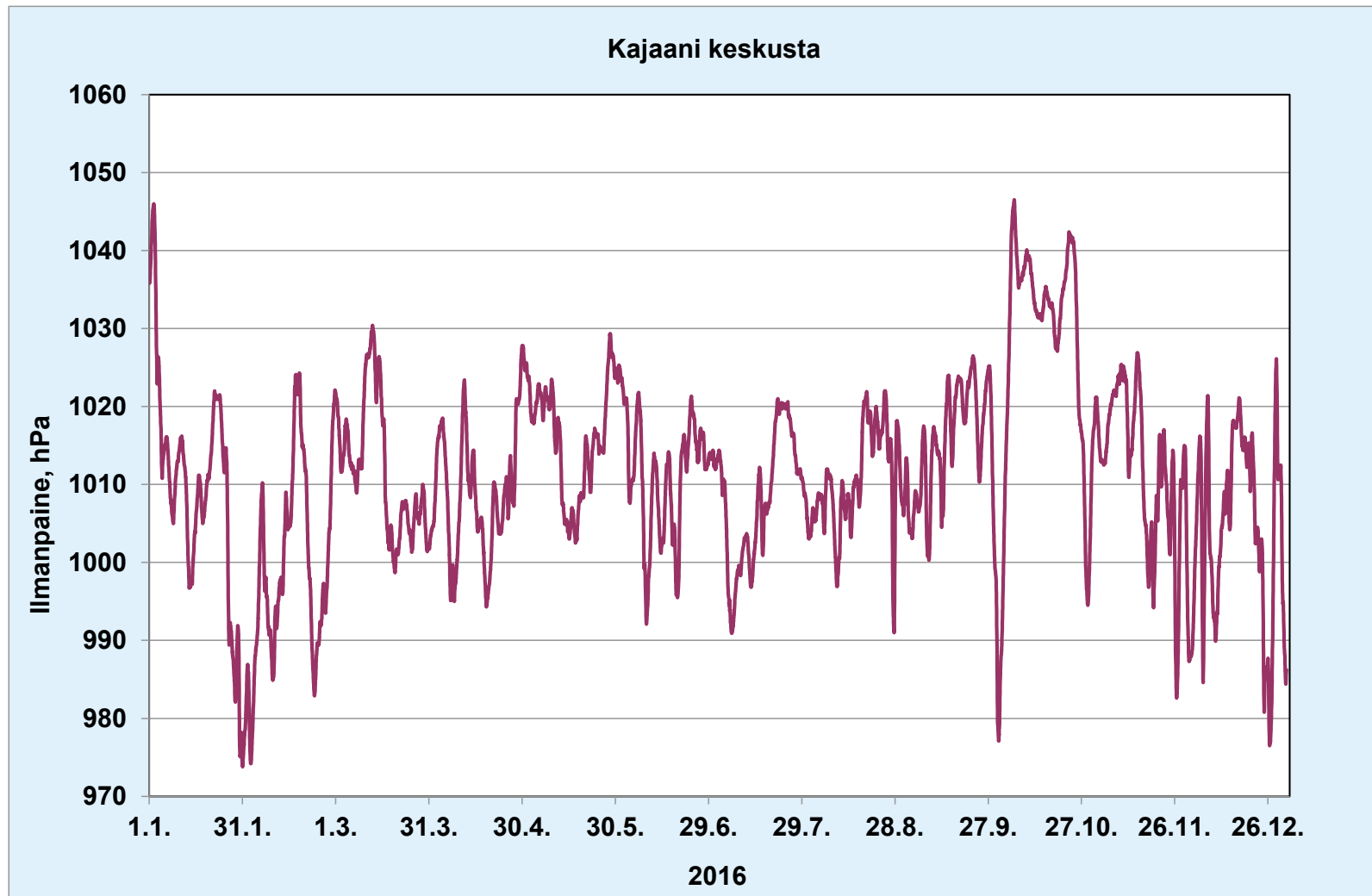
Liitekuva 1. Ulkoilman lämpötila tuntiavoina (°C) Kajaanin keskustassa 2016.



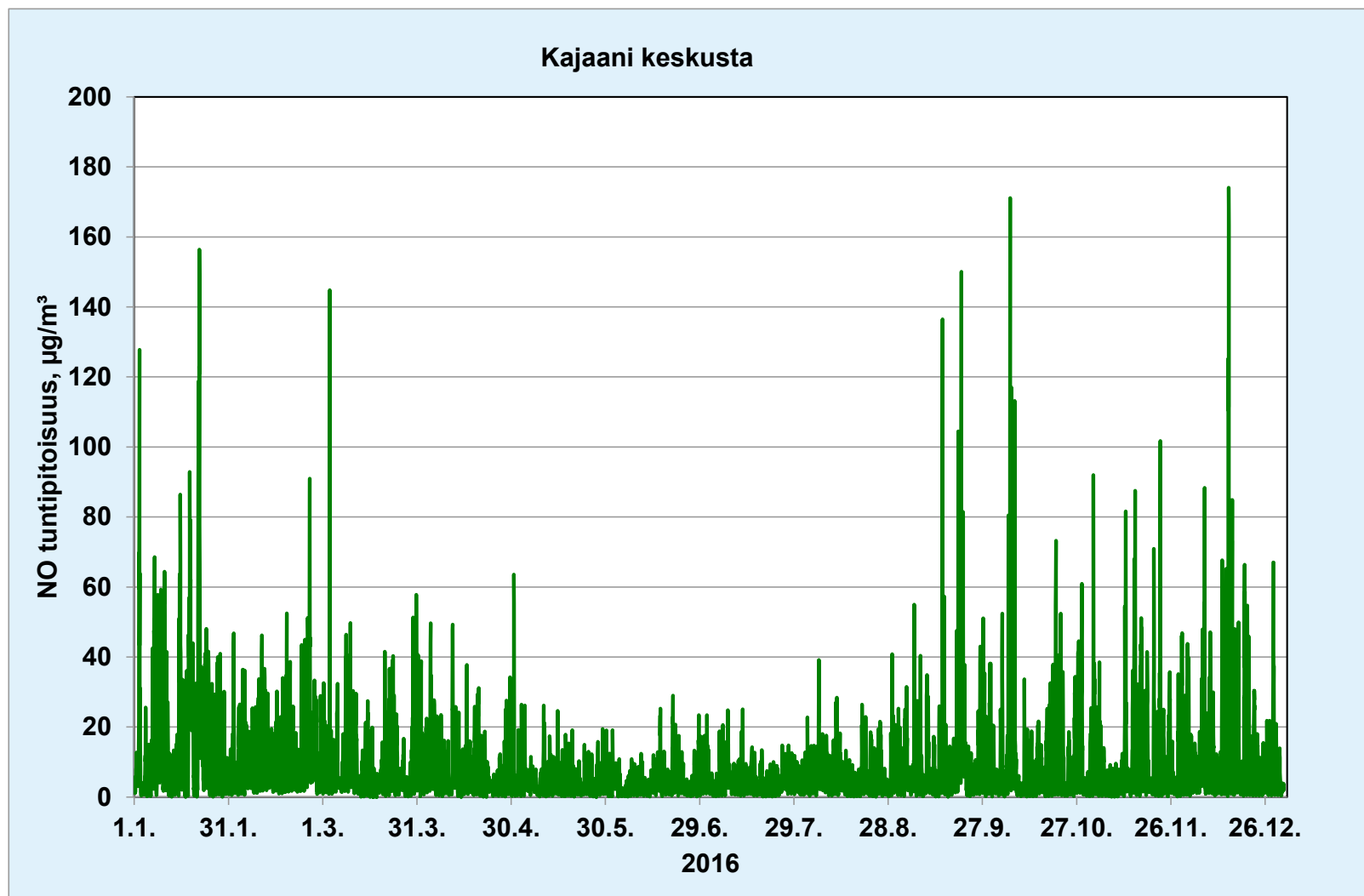
Liitekuva 2. Ulkoilman suhteellinen kosteus tunti-arvoina (%) Kajaanin keskustassa 2016.



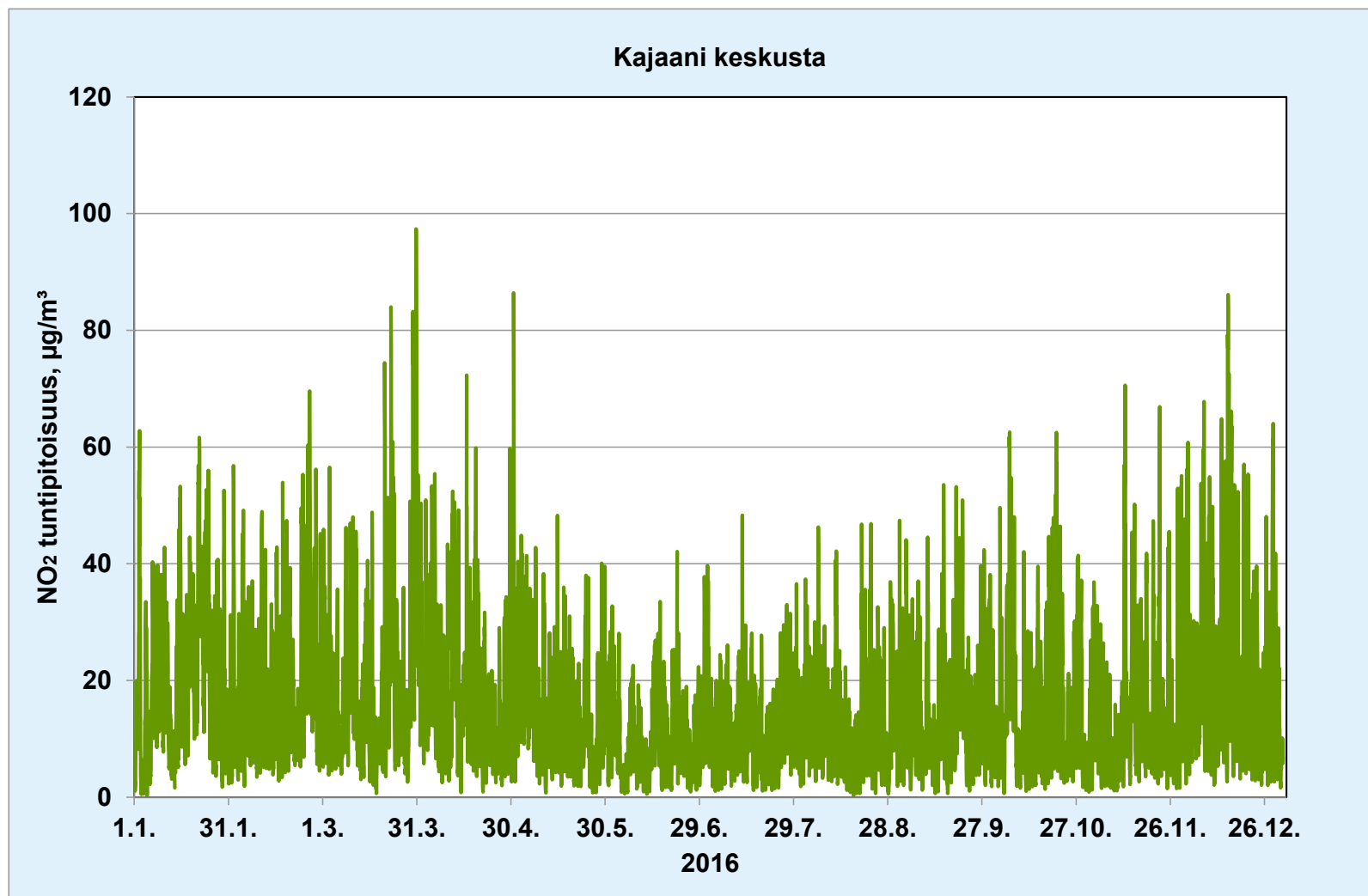
Liitekuva 3. Tuulen nopeus tunti-arvoina (m/s) Kajaanin keskustassa 2016.



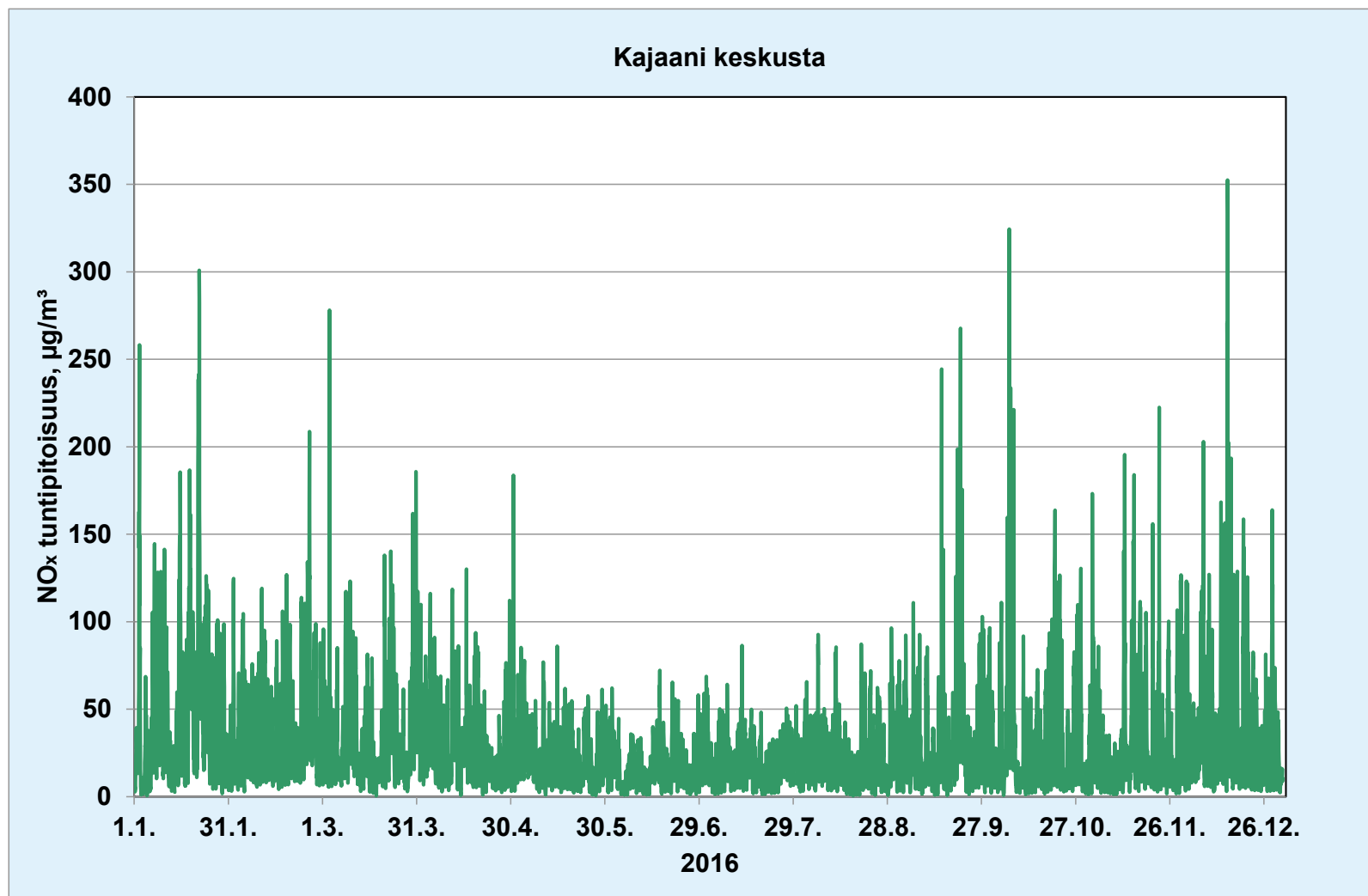
Liitekuva 4. Ilmanpaine tunti-arvoina (hPa) Kajaanin keskustassa 2016.



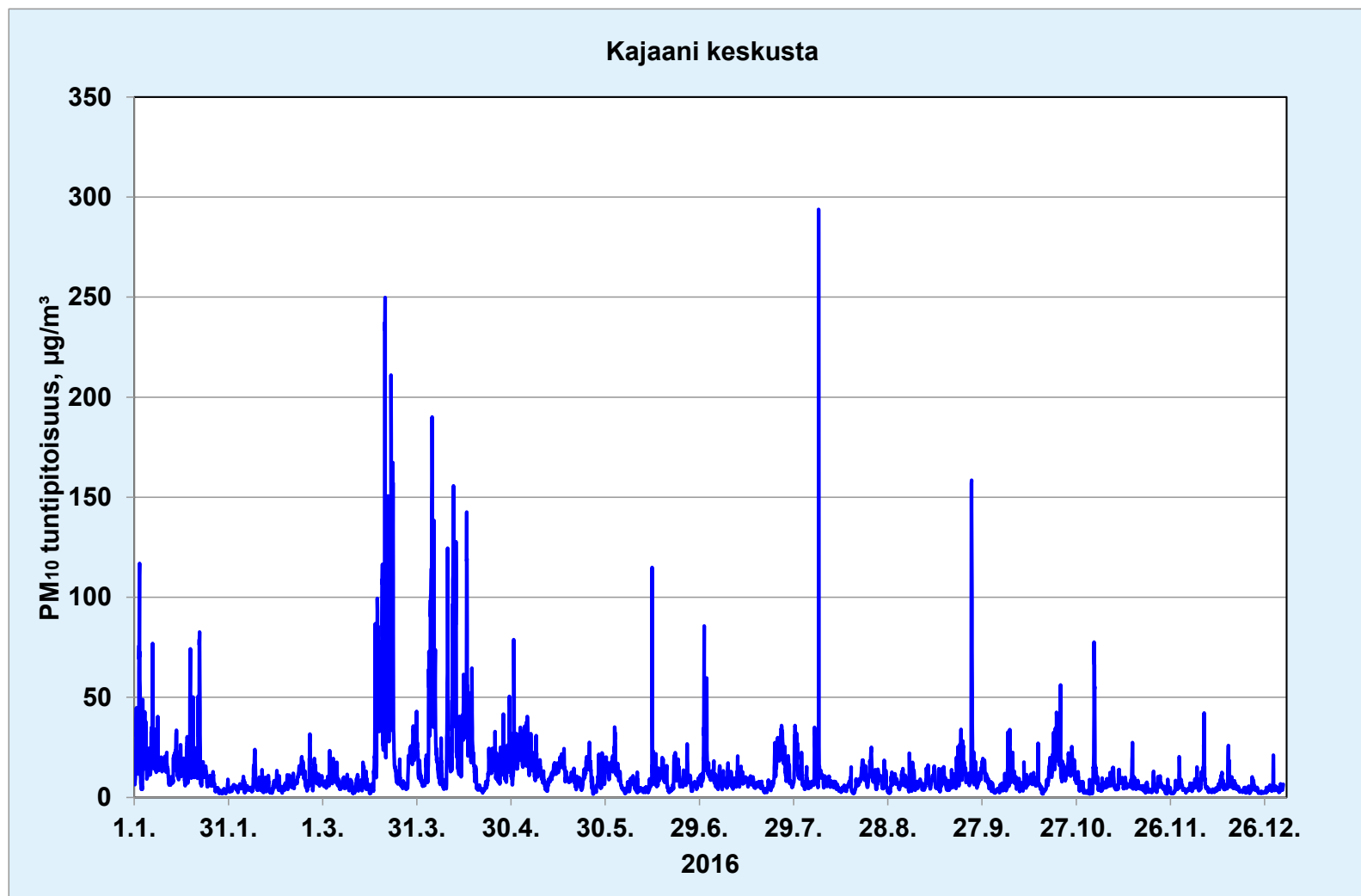
Liitekuva 5. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



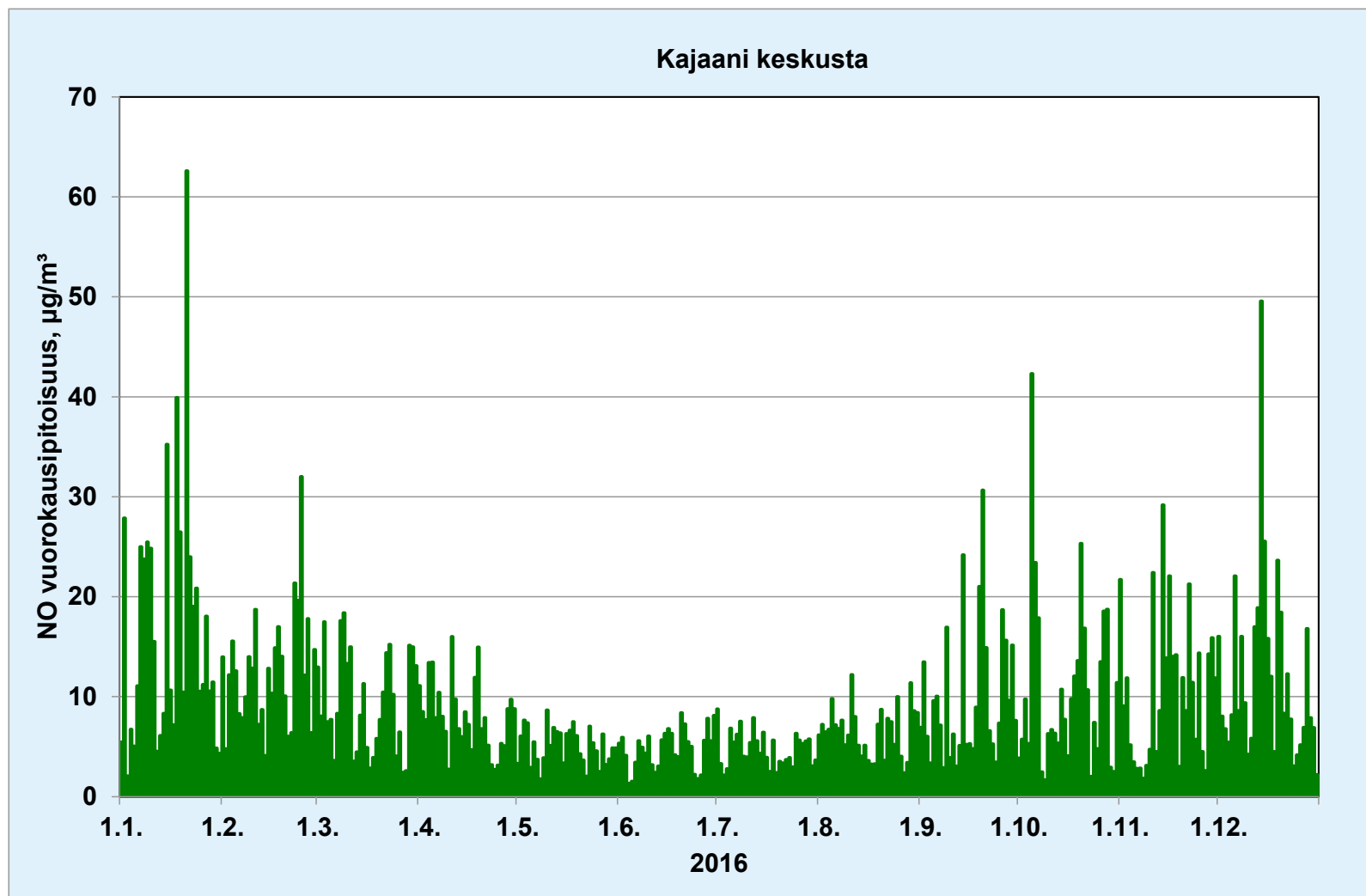
Liitekuva 6. Typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



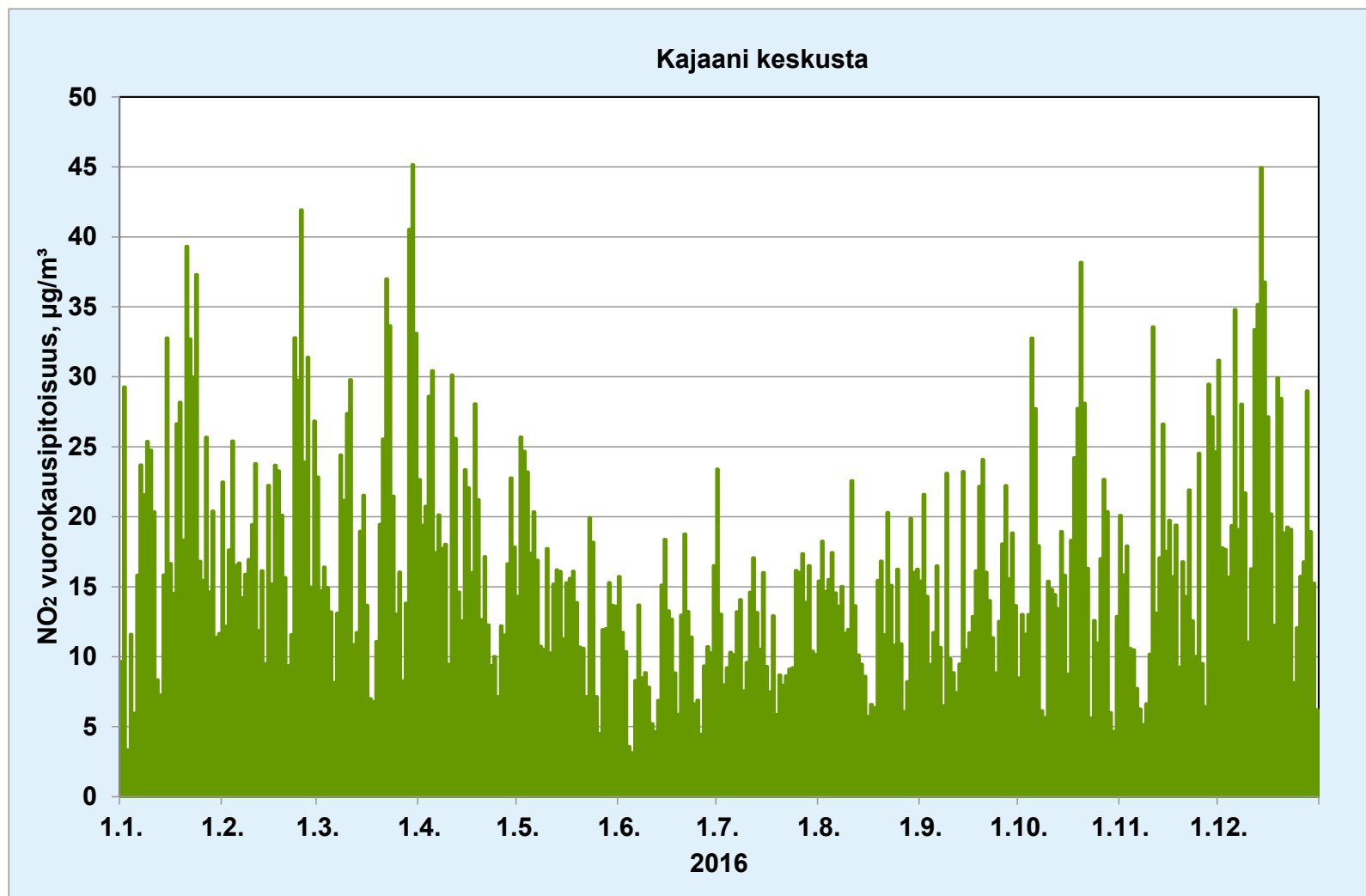
Liitekuva 7. Typen oksidien (NO_x) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



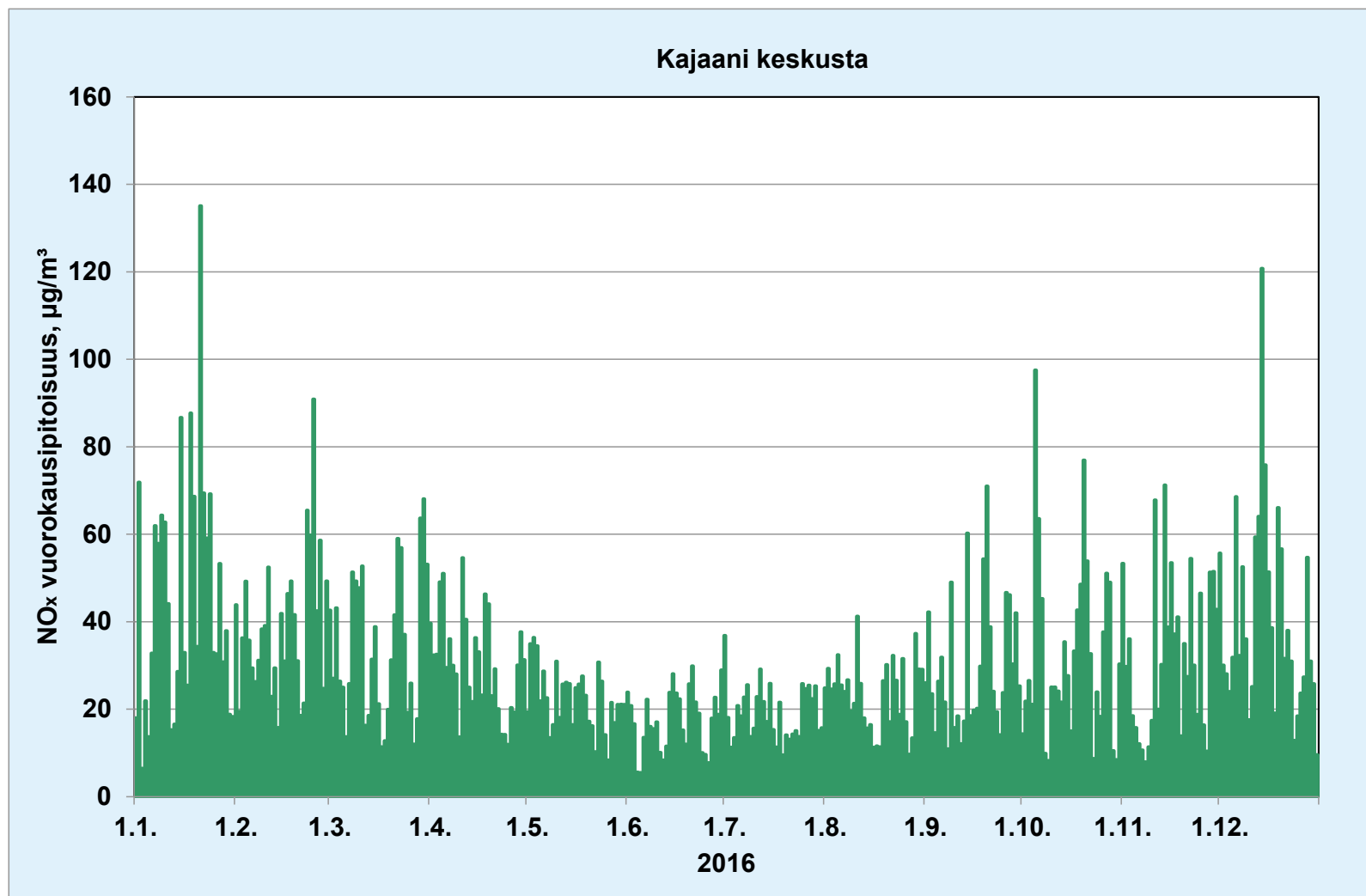
Liitekuva 8. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



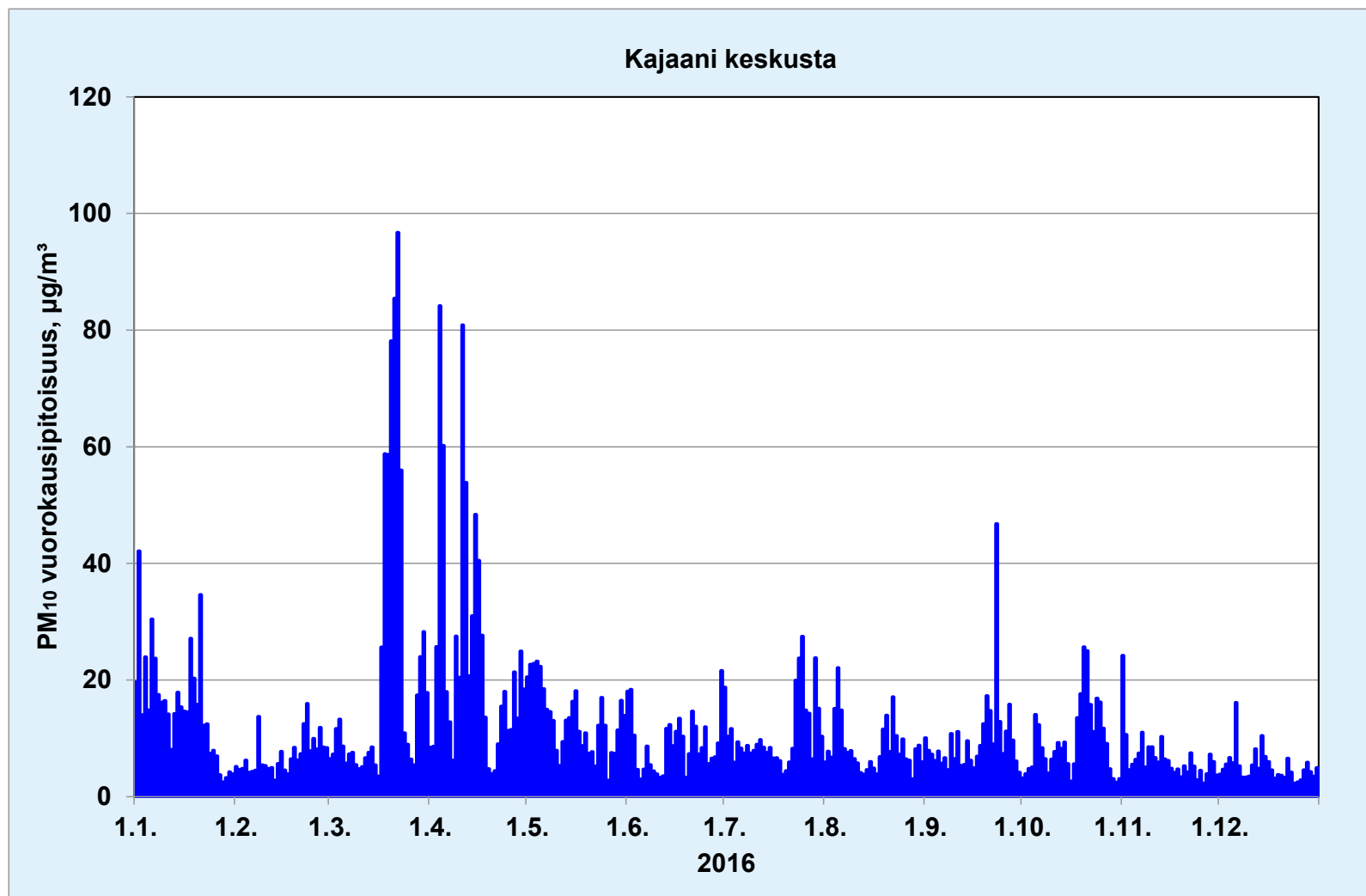
Liitekuva 9. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



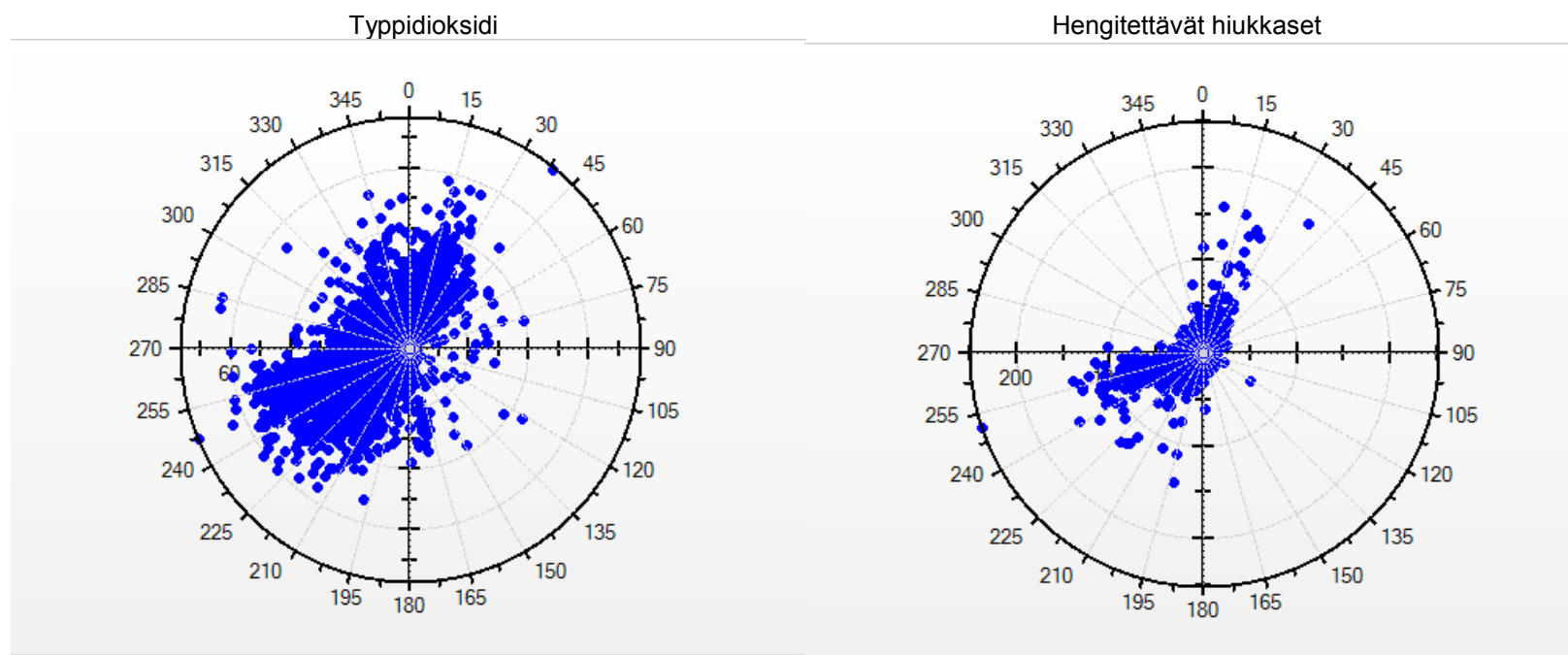
Liitekuva 10. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



Liitekuva 11. Typen oksidien (NOx) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



Liitekuva 12. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2016.



Liitekuva 13. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien jakautuminen tuulen suunnan mukaan Kajaanin keskustassa vuonna 2016.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

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

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

