



VALTATIE 12 TAMPEREEN TUNNELIN ILMANLAADUN SEURANTA

Mittaustulokset vuodelta 2016



**VALTATIE 12
TAMPEREEN TUNNELIN ILMANLAADUN SEURANTA**

Mittaustulokset vuodelta 2016

**Jatta Salmi
Helena Saari**



Kuva: Emmi Laukkanen, Ilmatieteen laitos

**ILMATIETEEN LAITOS
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia**

Helsinki 5.4.2017

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	5
2.1	Typen oksidit.....	5
2.2	Hiukkaset	6
3	ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS	9
3.1	Valtatie 12 Tampereen tunneli -hankkeen ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet.....	9
3.2	Mittausasemat	9
3.3	Tunnelihankkeen eteneminen vuonna 2016	13
3.4	Mitatut suureet ja mittausmenetelmät.....	14
3.5	Kalibrintimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot.....	15
4	SÄÄTIEDOT	16
4.1	Tuulitiedot vuodelta 2015	16
4.2	Keskilämpötilat ja sademäärät Tampereella vuonna 2016	17
4.3	Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen	19
5	ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	20
5.1	Mitatut pitoisuudet.....	20
5.2	Ilmanlaatuindeksi	26
6	ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU	29
6.1	Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin	29
6.2	Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	34
6.3	Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu.....	38
6.4	Pitoisuuksien vertailua aiempiin mittauksiin ja muualla Tampereella mitattuihin pitoisuuksiin	43
	<i>Typidioksidi</i>	43
	<i>Hengitettävät hiukkaset</i>	47
	<i>Pienhiukkaset</i>	51
	<i>Pitoisuudet kellonajan mukaan</i>	55
	<i>Ilmanlaatuindeksi</i>	57
6.5	Pitoisuudet tunnelin auettua liikenteelle	58
7	YHTEENVETO	62
8	VIITELUETTELO	64

LIITEKUVAT

1 JOHDANTO

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaatumittaukset Tampereella Valtatien 12 tunnelihankkeen suunnitteluvaiheessa 20.12.2012. Mittaukset aloitettiin vuosi ennen tunnelin varsinaisen rakennushankkeen alkamista ja niitä on jatkettu yhtäjaksoisesti koko hankkeen toteutusvaiheen ajan. Tunnelin suunnitteluvaiheen ilmanlaatumittausten tavoite oli hankkia tietoa ilmanlaadusta tulevan tunnelin suuaukkojen läheisyydestä ennen tunnelin rakentamista. Vuoden 2013 lopulla hankkeessa siirryttiin toteutusvaiheeseen ja tunnelilouhinta saatiin valmiiksi kesällä 2015. Tunneli otettiin käyttöön autoliikenteelle 15.11.2016. Tunnelin avaamisen jälkeen rakennetaan vielä Naistenlahden eritasoliittymän pohjoisosan rampit ja katuyhteydet sekä tehdään viimeistelytöitä alueella. Mittaukset jatkuvat myös vuonna 2017 tunnelin käyttöönoton jälkeen. Tässä raportissa on tarkasteltu tunnelin suualueiden ilmanlaatua vuoden 2016 aikana.

Ilmatieteen laitos on mitannut jatkuvatoimisesti typen oksidien (NO_x), pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) ja hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia Tampereella kahdessa tunnelin suuakkojen läheisyydessä olevassa mittauspisteessä: Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tässä raportissa esitetään vuoden 2016 aikana suoritettujen ilmanlaatumittausten tulokset, jotka tehtiin pääosin tunnelin toteutusvaiheen aikana. Vuoden 2016 mittaustuloksia on verrattu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin, Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittaustuloksiin sekä tausta-alueella mitattuihin vastaavan jakson hiukas- ja typenoksidipitoisuuksiin. Lisäksi vertailtiin vuosina 2013–2016 tunnelin suuaukoilla mitattuja pitoisuuksia.

Tilaaajan yhdyshenkilönä tutkimuksessa toimi alkuvuonna Merja Tynnismäe A-Insinöörit Suunnittelu Oy:stä ja loppuvuonna Jari Humalajoki Lemminkäinen Oy:stä. Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet tutkijat Jatta Salmi ja Helena Saari (tulosten käsittely ja raportointi) sekä suunnittelija Kaj Lindgren ja tutkija Jaakko Laakia (mittaustekniikka, kenttätyöt ja laadunvarmistus).

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

Yksiköt:

μm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) 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. Typpidioksidin pitoisuus kaupunki-ilmassa on yleensä paljon pienempi kuin typpimonoksidin pitoisuus. 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, kesämökkit 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 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. inver-siotilanteita, joiden aikana on lähes tyyntä ja sekoittumiskerros on hyvin matala. Täl-löin päästöjen sekoittuminen ja laimeneminen on heikkoa ja muun muassa autoliik-enteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet kohoavat epätavallisen korkeiksi.

Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat suurissa kaupungeissa keskimäärin 20–30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Viikkaimmilla teillä ja katukuiluosuoksilla pitoisuudet voivat olla lähellä vuosiraja-arvoa 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskiuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 10–20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula, ym., 2014). Typpidioksi-din tuntipitoisuudet kohoavat yli raja-arvotason (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa (Ilmanlaatuport-taali, 2017). Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi.

Ilmatieteen laitos on mitannut Suomen puhtaiden tausta-alueiden typpidioksidipitoi-suuksia 1980-luvun loppuvuosista lähtien. Viiden viime vuoden aikana vuosikeskiar-vot ovat olleet eteläisemmällä asemilla (Utö, Virolahti, Ähtäri) noin 2–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja poh-joisemmilla asemilla (Oulanka, Sammaltunturi) noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tampereen lähellä Juupajoella sijaitsevalla Helsingin yliopiston Hyytiälän SMEAR-tutkimusasemalla typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus on ollut noin 1–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2 Hiukkaset

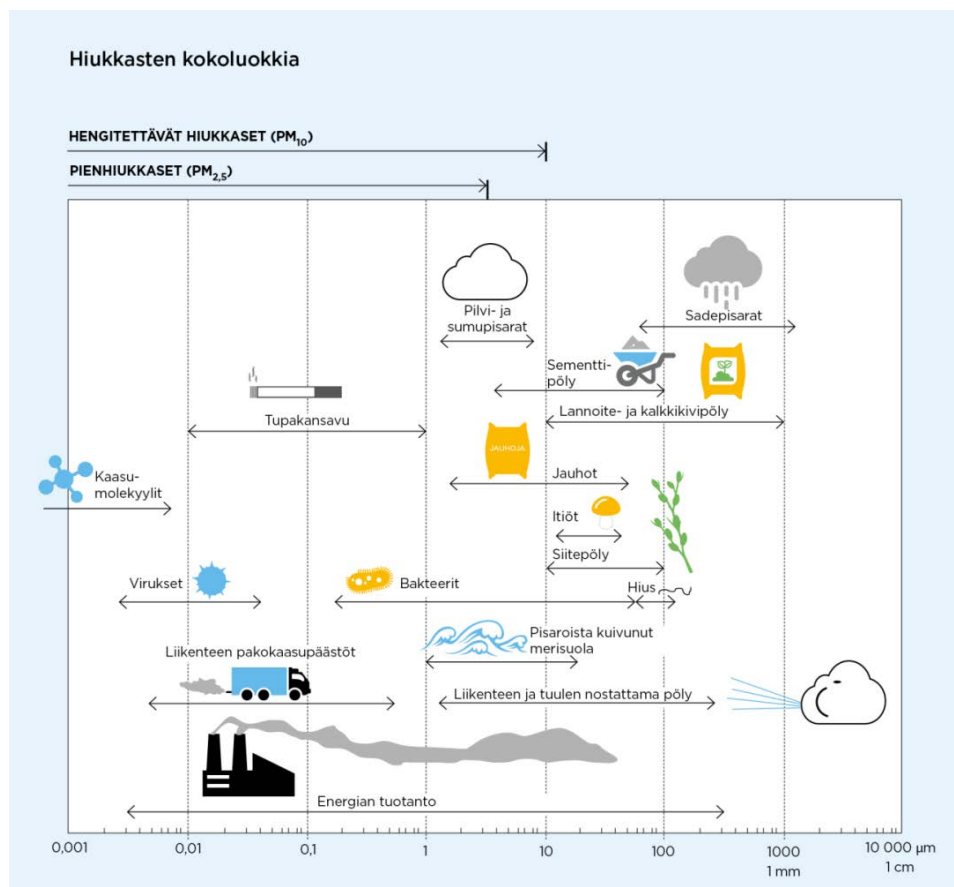
Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rik-kiyhdisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maamme taajamissa. Hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös suorat päästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, kiinteistökohtaisesta lämmityksestä sekä autojen pakokaasuista. Suorat hiukkas-päästöt ovat pääasiassa pienhiukkasia, 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 hiukkas-ten haitallisuutta kuvaa se, että niiden on arvioitu sekä ulko- että kotimaisissa terve-ysvaikutustutkimuksissa lisäävän syöpäriskiä ihmisissä.

Ulkoilman hiukkasten koko on eri tavoin yhteydessä niiden terveysvaikutuksiin. Ko-konaisleijumalla tarkoitetaan pölyä, johon saattaa sisältyä kooltaan varsin suuriakin, halkaisijaltaan jopa kymmenien mikrometrien hiukkasia. Tällaisten hiukkasten korke-at 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 ylä-hengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Koko-naisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Suspended Par-ticles.

Terveysvaikutuksiltaan em. haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pien-hiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin: hengitettä-vät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pien-hiukkaset keuhkorakkuloihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaami-

nen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot. Halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin kokoisten pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle on annettu raja-arvo (Vna 79/2017). Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM_{10} ja $PM_{2,5}$ (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin mittauspaikan 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 maaineksesta, meriaerosoleista ja orgaanisesta materiaalista, kuten kasvien osista ja siitepölyistä sekä niiden pinnalle kiinnittyneistä hiukkasista. 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 astma-kohtauksia 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 syysmarraskuussa talvirengaskauden alussa. 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 n. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaupunkien keskustojen ulkopuolella pitoisuudet ovat olleet yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuosikeskiarvoina (*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 Mannerheimintien 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. Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemilla raja-arvotason ylityksiä oli 5–9 kappaletta per asema vuonna 2016. Sallittujen ylitysten määrä on 35 kappaletta kalenterivuoden aikana (*Ilmanlaatuportaalii, 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 vuosikeskiarvopitoisuu-

det 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 $2\text{--}4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tampereen lähellä Juupajoella sijaitsevalla Helsingin yliopiston Hyytiälän SMEAR-tutkimusasemalla hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on noin $6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on noin $5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS

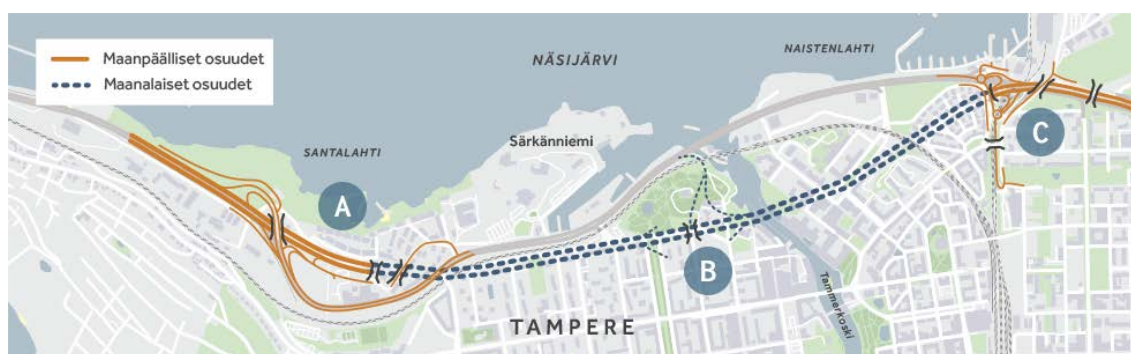
3.1 Valtatie 12 Tampereen tunneli -hankkeen ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaatumittaukset Tampereella tunnelihankkeen suunnitelluvaiheessa 20.12.2012 ja mittaukset ovat jatkuneet keskeytyksettä tunnelihankkeen toteutusvaiheen ajan. Mittaukset jatkuvat vielä ainakin vuoden ajan tunnelin käyttöönoton jälkeen. Tunneli avattiin autoliikenteelle 15.11.2016.

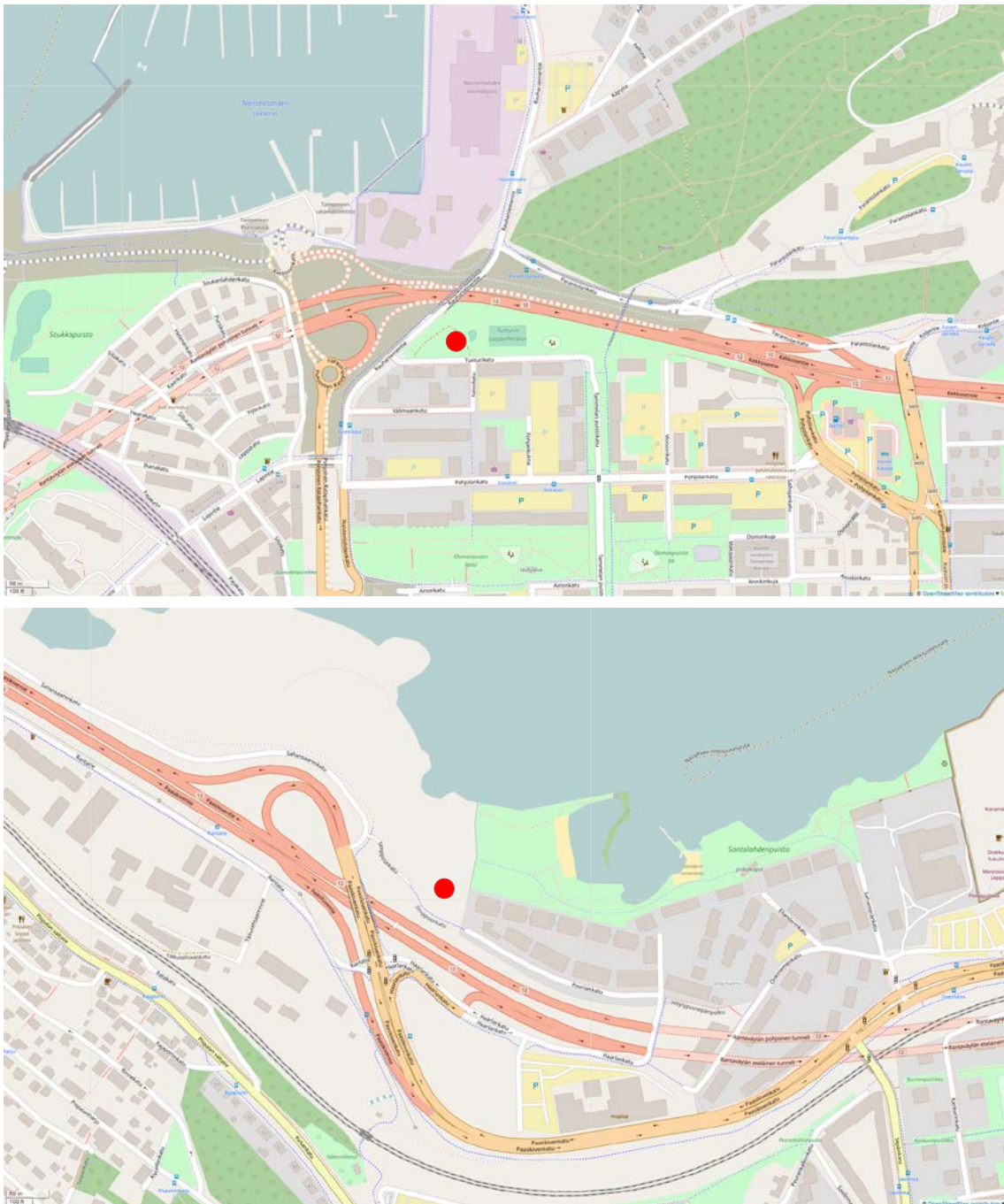
Ilmanlaadun tarkkailumittausten tavoite on hankkia riittävän edustavat ilmanlaatatiedot tunnelin molempien päiden ympäristöstä ennen rakentamista, tunnelin rakentamisvaiheessa ja käyttöönoton jälkeen. Ilman epäpuhtauspitoisuuksia tarkkaillaan tunnelin molemmissa päissä, koska lähialueen liikenneverkot, päästöympäristöt ja asutuksen sijoittuminen suhteessa tunnelin suuaukkoihin ja mittausasemiin poikkeavat toisistaan selvästi tunnelin eri päiden ympäristöissä.

3.2 Mittausasemat

Tampereen tunnelin linjaus ja tunnelin rakennustyömaiden sijainnit on esitetty kuvassa 2. Ilmanlaadua seurataan mittauksin Rantatunnelin suuaukkojen läheisyydessä Naistenlahdessa ja Santalahdessa, yhdellä mittausasemalla kumpaakin suuaukkoa kohden (kuvan 2 kohdat A ja C). Mittausasemat sijaitsevat noin 2,5 kilometrin etäisyydellä toisistaan. Ilmanlaadun mittausasemien tarkemmat sijainnit on esitetty kuvassa 3.



Kuva 2. Rantatunnelin linjaus ja työmaiden sijainti. Kuvassa on merkitty kirjaimella A Santalahden työmaata, kirjaimella B Näsinkallion työmaata ja kirjaimella C Naistenlahden työmaata. Kuva: Rantatunnelin allianssi.



Kuva 3. Ilmanlaadun mittausasemien sijainti punaisilla ympyröillä merkittynä Naistenlahdessa (yläkuva) ja Santalahdessa (alakuva). Kartta-aineisto: © OpenStreetMap contributors.

Naistenlahden mittausasema sijaitsee tunnelin itäpäässä, valtatie 12 eteläpuolella noin 40 metrin etäisyydellä väylästä. Mittauspaikan ympäristöä on havainnollistettu kuvissa 4 ja 5. Mittausasema sijaitsee puistomaisessa, melko suojaisassa ympäristössä ja lähin katu on noin 20 metrin etäisyydellä sijaitseva Tunturikatu, jossa on vain hyvin vähän asukasliikennettä. Tunnelin suuaukko sijaitsee noin 200 metrin etäisyydellä mittausaseman länsipuolella.



Kuva 4. Naistenlahden ilmanlaadun mittausasema Tunturipuistossa, lokakuussa 2016. Ulkoilma imetään mittauslaitteisiin mittausaseman katolla sijaitsevien näytteenot-tosondien kautta. Kuva: Jatta Salmi, Ilmatieteen laitos.



Kuva 5. Naistenlahden ilmanlaadun mittausasema Tunturipuistossa, meluidan ja puus-ton suojassa (kuvan oikeassa laidassa puiden takana) lokakuussa 2016. Kuva: Jatta Salmi, Ilmatieteen laitos.

Santalahden mittausasema sijaitsee tunnelin länsipäässä, Onkiniemen asuinalueella lähellä Näsijärven rantaa (kartta kuvassa 3). Mittauspaikan ympäristöä on havainnollistettu kuvissa 6 ja 7. Mittausasema sijaitsee valtatie 12 pohjoispuolella. Mittausten alkuvaiheessa liikenneväylä kulki lähimmillään noin 100 m etäisyydellä mittausasemasta, mutta kesästä 2015 alkaen tien uudelleenlinjauksen myötä valtatie 12 on kulkenut noin 40 metrin etäisyydellä mittausasemasta. Mittausaseman ja valtatie välillä kulkee lisäksi Onkiniemen asuntoalueelle johtava Simppoonkatu. Tunnelin suuaukko sijaitsee noin 300 metrin etäisyydellä Santalahden mittausaseman kaakkoispuolella. Tunnelin rakentamisvaiheessa mittausaseman ympäristö oli ajoittain osa työmaa-aluetta.



Kuva 6. Santalahden ilmanlaadun mittausasema kuvan keskellä olevan rakennusrivistön päässä, huhtikuussa 2016. Kuva: Kaj Lindgren, Ilmatieteen laitos.



Kuva 7. Santalahden ilmanlaadun mittausasema (kuvan vasemmassa laidassa) syyskuussa 2016, jolloin meluaita on jo valmistunut. Tunnelin suuaukot sijaitsevat puna-keltaisen ilmanvaihtopiipun vieressä, sen kummallakin puolella. Kuva: Emmi Laukkanen, Ilmatieteen laitos.

Mittausasemien typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten näytteenotto-sondit sijaitsivat noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta mittausasemien katoilla. Samoin myös säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta.

3.3 Tunnelihankkeen eteneminen vuonna 2016

Rantatunnelin louhinta päättyi jo kesäkuussa 2015. Tunnelin suuaukoilla tehtiin vuonna 2016 etupäässä asfaltointiin ja viherrakentamiseen liittyviä töitä. Naistenlahden päässä työt keskittyivät vuonna 2016 Ratapihankadulle, erityisesti Erkkilänsillan kupeessa sijaitsevan PMK:n talon ympäristöön, jossa tehtiin keväällä avolouhintaa. PMK:n talo sijaitsee mittausasemalta noin 300 metriä etelä-lounaaseen. Tunturipuistossa sijaitsevan ilmanlaadun mittausaseman ympäristössä rakennettiin keväällä meluesteitä. Esteet ympäröivät nyt Tunturipuistoa pohjoisen ja luoteen suunnasta, eli Rauhaniementien sillan ja vt 12:n suunnasta (ks. kuvat 3 ja 5). Valtatie 12 kulkee Tunturipuiston kohdalla useita metrejä puiston maanpinnan tasoa matalammalla.

Santalalahden päässä jatkettiin vuonna 2016 samaa maaperän seulontaa kuin aikaisempinakin vuosina. Mittausaseman ympäristön asfaltoimaton työmaa-alue Näsijärven rannassa oli alttiina tuulten vaikutuksille ja pölyämiselle. Asfaltoimatonta aluetta on erityisesti luoteen suuntaan mittausasemalta.

Tunnelin teknisten järjestelmien testaus alkoi keväällä 2016 ja tunneli avattiin kokonaan autoliikenteelle 15.11.2016. Tunnelin avaamisen jälkeen rakennetaan vielä

Naistenlahden eritasoliittymän pohjoisosan rampit ja katuyhteydet sekä tehdään vi-herrakennustöitä ja muita viimeistelyitä alueella. Kokonaisuudessaan liikennejär-jestelyt ovat valmiita ja käytössä 30.11.2017.

3.4 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Molemmilla mittausasemilla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO, NO₂ ja NO_x) ja halkaisijaltaan alle 10 µm:n suuruisten hengitet-tävien hiukkasten (PM₁₀) sekä halkaisijaltaan alle 2,5 µm:n suuruisten pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksia. Näytteenotto tapahtui mittausasemien katolla olevista son-deista noin 4 metrin korkeudelta. Typen oksidien pitoisuusmäärityksissä käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määritysmenetelmää. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuutta mitattiin beetasäteilyn absorptioon ja valon sirontaan pe-rustuvalla menetelmällä. Lisäksi molemmilla mittausasemilla havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta, painetta ja sade-määrää (taulukko 1).

Ilmanlaadun ja sääparametrien mittaustulokset kerättiin mittausasemalla minuuttiar-voina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti (3-G) modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raa-kadatatietokantaan ja siitä edelleen muihin tietokantoihin. Raakadatatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myö-hemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuo-rokausikeskiarvot ja muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin ka-librointitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

Taulukko 1. Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i Horiba APNA 360 (Santalahti 1.1–12.9.2016)
Hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, suhteellinen koste- us, ilmanpaine ja sademäärä		Vaisala WXT

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) ja pienhiukkasten (PM_{2.5}) mittaukset perustuvat CENin teknisen komitean CEN/TC 264 valmistelemaan 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 gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkanalysointilaitteiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5} gravimetrisiin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2010*.

3.5 Kalibroitimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typen oksidien mittalaitteiden kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla. Kalibrointipisteet kattoivat pitoisuusalueen 0–1 000 ppb. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottoinjojen puhdistukset.

Typen oksidien mittalaitteet kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimena käytettiin kenttälaimenninta. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka varmennettiin (kalibroitiin) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibrointia typen oksidien analysointia vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien typpimonoksidin (NO) pitoisuuksien jäljitettävyyden siirtyä laboratorioon oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Kalibrointien perusteella Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun seurannan typen oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Mit-tatekniikan keskuksen (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043.

Typen oksidien mittalaitteet kalibroitiin molemmilla mittausasemilla vuonna 2016 huhtikuussa, heinäkuussa, syyskuussa ja joulukuussa. Typen oksidien näytteenotto-linjat tarkistettiin kalibrointien yhteydessä. Typen oksidien analysointilaitteiden hiukkas-suodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä. Hiukkasmittalaitteiden näytteenot-tosondit puhdistettiin mittausasemalla käynnin yhteydessä. Hiukkasmittalaitteet kalib-roitiin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Hiukkasmittaustulokset korjattiin vertailumit-tausten (*Walden ym., 2010*) mukaisilla ekvivalenttisuuskertoimilla.

Naistenlahden mittausasemalla menetettiin kaikkien komponenttien mittaustulokset kahdelta päivältä kesäkuun alussa mittaustuloksia keräävän tietokoneen hajottua. Naistenlahden mittausaseman typenoksidien analysointilaitteet jouduttiin vaihtamaan toiseen samanlaiseen laitteeseen marraskuussa laitteen rikkouduttua. Tällöin mene-tettiin typenoksidien mittaustulokset 3 päivän ajalta. Naistenlahden mittausasemalla hiukkasmittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden. Santalahden mittausasemalla vaih-dettiin typenoksidien analysointilaitteet syyskuussa laiterikon takia. Tällöin menetettiin

typenoksidien mittaustulokset 2 päivän ajalta. Santalahden PM₁₀-analysointilaitteet vaihdettiin vaihtamaan toiseen samanlaiseen laitteeseen rikkoonnuttua ja mittaustulokset menetettiin tällöin 5 päivän ajalta. Laatutavoitteet koko vuoden aineistojen vähimmäismäärälle saavutettiin kaikkien mitattujen suureiden osalta molemmilla mittausasemilla laiterikoista huolimatta.

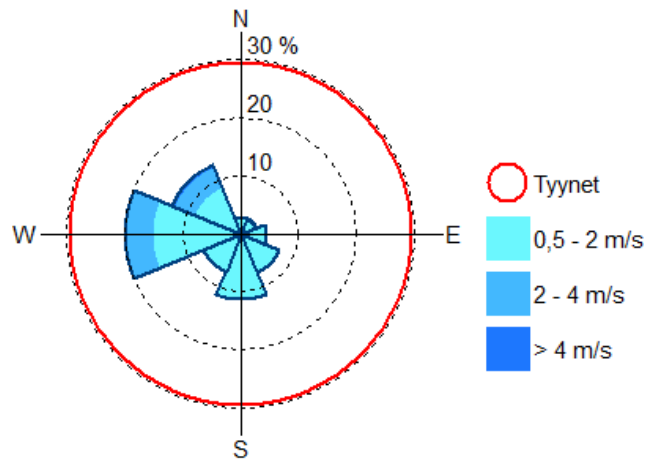
Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa laatutavoite koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Tavoitteen täyttymisen arvioimiseksi vähennetään ensin kalibrointien tai normaalin kunnossapidon vuoksi menetettyjen mittaustulosten yhteismäärä koko vuoden suurimmasta mahdollisesta mittausarvojen määrästä. Pienin hyväksyttävä laatutavoitteen täyttävä aineiston määrä on 90 % tästä erotuksesta. Yleisesti kalibrointien ja normaalin kunnossapidon vuoksi voidaan katsoa menetettävän 5 % vuoden tunteista, joka voidaan suoraan vähentää laatutavoitteen 90 %:sta eli laatutavoitteena käytetään 85 % vuoden tuntimäärästä. Naistenlahden ja Santalahden asemien mittaustuloksia ei käytetä raja-arvojen ylittymisen valvontaan, mutta samoja laatutavoitteita noudatetaan soveltuvin osin myös näiden asemien mittauksissa.

4 SÄÄTIEDOT

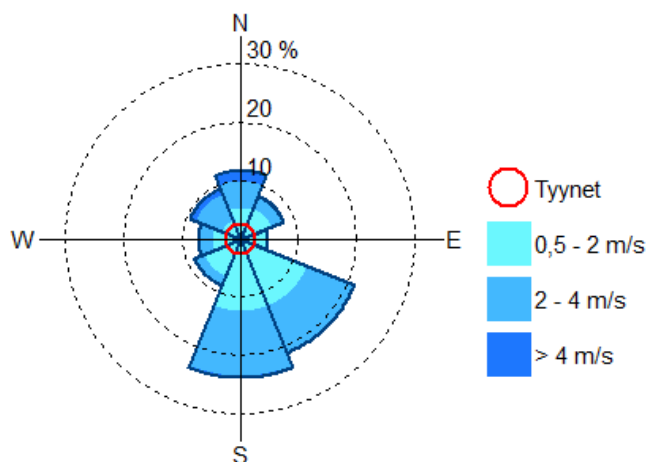
4.1 Tuulitiedot vuodelta 2015

Kuvassa 8 on esitetty vuoden 2016 tuulimittausaineistosta piirretty tuuliruusu Naistenlahden mittausasemalta ja kuvassa 9 Santalahden mittausasemalta. Naistenlahden mittausasema sijaitsee Santalahtea suojaisammassa ympäristössä kerrostalojen ja puuston ympäröimänä. Naistenlahdessa tyyniä tilanteita esiintyi noin 30 % ajasta. Vallitsevin tuulensuunta oli länsi. Santalahden mittausasemalla vallitsevat tuulensuunnat olivat etelä ja kaakko ja mittausasemalla esiintyi tyyniä tilanteita hyvin harvoin. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut tuulen nopeuden tunti-keskiarvot on esitetty liitekuviissa 21 ja 22.

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 8. Tuuliruusu Tampereella Naistenlahden ilmanlaadun mittausasemalla havaituista tuulista vuonna 2016.



Kuva 9. Tuuliruusu Tampereella Santalahden ilmanlaadun mittausasemalla havaituista tuulista vuonna 2016.

4.2 Keskilämpötilat ja sademäärät Tampereella vuonna 2016

Vuosi 2016 oli Suomessa mittaushistorian 11. lämpimin. Suomen keskilämpötila vuonna 2016 oli noin 3,4 astetta, mikä on noin 1,1 astetta nykyisen vertailukauden 1981–2010 keskilämpötilaa korkeampi. Yksittäisistä kuukausista suurimmat lämpötilapoikkeamat koettiin vuoden alussa. Kylmää tammikuuta seurasi lauha helmikuu. Taulukossa 2 on vertailtu Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitattuja lämpötilan kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen Tampereen Pirkkalan lentoaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2016 (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä vertailukauden 1981–2010 lämpötiloihin (*Pirinen, ym., 2012*). Vuosi 2016 oli Pirkkalan lentoasemalla 0,6 astetta vertailukauden 1981–2010 vuosikeskiarvolämpötilaa korke-

ampi. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut ulkoilman lämpötilan tuntikeskiarvot on esitetty raportin lopussa liitekuviissa 23 ja 24.

Taulukko 2. Kuukauden keskilämpötilat vuonna 2016 Tampereen Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla sekä Tampere-Pirkkalan lentoasemalla vuonna 2016 ja vertailukaudella 1981–2010.

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

Taulukossa 3 on vertailtu Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitattuja kuukausisademääriä Ilmatieteen laitoksen Tampereen Härmälän sääaseman kuukausisademääriin vuodelta 2016 (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä vertailukauden 1981–2010 sademääriin (*Pirinen, ym., 2012*). Vuonna 2016 koko maan vuotuinen sademäärä oli keskimäärin noin 635 millimetriä, mikä on 26 mm vertailukautta 1981–2010 korkeampi. Tampereen seudulla vuoden 2016 kuukausittaiset sademäärät poikkesivat jonkun verran pitkän ajan keskiarvoista: helmikuussa ja huhtikuussa Härmälässä mitatut sademäärät olivat pitkän ajan keskiarvoa suurempia ja maaliskuussa ja etenkin lokakuussa sademäärät olivat selvästi pitkän ajan keskiarvoa pienempiä. Vuoden 2016 vuosisademäärä oli Härmälässä 90 % vertailukauden 1981–2010 vuosisademäärästä. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut vuorokausisademäärät on esitetty raportin lopussa liitekuviissa 25 ja 26. Ilmanlaadun mittausasemilla käytetty sadeanturi ei kykene mittaamaan lumisadetta, mikä näkyy talvikuukausina poikkeamana virallisesta sademäärästä.

Taulukko 3. Kuukausisademäärät vuonna 2015 Tampereen Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla sekä Tampereen Härmälän sääasemalla vuonna 2016 ja vertailukaudella 1981–2010.

Kuukausi	Kuukausisademäärä, mm			
	Naistenlahti 2016	Santalahti 2016	Tampere Härmälä 2016	Tampere Härmälä 1981–2010
Tammikuu	12	14	35	41
Helmikuu	5	8	58	29
Maaliskuu	0	1	12	31
Huhtikuu	33	35	65	32
Toukokuu	18	23	28	41
Kesäkuu	60	74	72	66
Heinäkuu	43	75	76	75
Elokuu	59	70	67	72
Syyskuu	20	33	35	58
Lokakuu	4	5	8	60
Marraskuu	16	27	59	51
Joulukuu	5	9	22	42
Koko vuosi	275	372	537	598

4.3 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 epävakaa eli labiiliksi. Kun taas lämpötila laskee vähemmän kuin neutraalissa tilanteessa, tila on vakaa eli stabiili. Tasapainotilaan vaikuttavat 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.

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 heikokuulisissa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Autoliikenne on haitallisin päästölähde ryhmä 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 lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta. Lumien sulamisvedet, saateet 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

Tampereella Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla vuonna 2016 mitatut typen oksidien sekä hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet on esitetty taulukoissa 4–13 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina.

Raportin lopussa olevissa liitekuivissa 1–20 on esitetty Tampereella Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla 1.1.–31.12.2016 mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntiarvot ja vuorokausikeskiarvot yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (typen oksidit 20 °C, hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Liitekuivissa 21–26 on esitetty tuulen nopeuden ja ulkoilman lämpötilan tuntikeskiarvot sekä vuorokausisademäärät samalta jaksolta.

Mitattujen pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuonna 2016 olivat Naistenlahdessa: typpi-monoksidi (NO) 4 µg/m³, typpidioksidi (NO₂) 12 µg/m³, typen oksidit (kokonais-NO_x typpidioksidina ilmaistuna) 18 µg/m³, hengitettävät hiukkaset 14 µg/m³ ja pienhiukkaset 5 µg/m³. Santalahdessa vastaavat vuosikeskiarvopitoisuudet olivat: typpimonoksidi (NO) 4 µg/m³, typpidioksidi (NO₂) 9 µg/m³, typen oksidit (kokonais-NO_x typpidioksidina ilmaistuna) 15 µg/m³, hengitettävät hiukkaset 12 µg/m³ ja pienhiukkaset 6 µg/m³.

Taulukko 4. Naistenlahdessa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2016.

NO	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	716	744	685	737	744	717	744	668	714
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,4	100	95,1	99,1	100	99,6	100	92,8	96
keskiarvo (µg/m ³)	10,9	3,5	4,9	5,9	2,7	2,3	1,9	2,3	3,5	2,5	3,4	4,6
99. %-piste (µg/m ³)	110	30,6	72,0	73,4	27,0	21,4	9,3	18,1	41,6	21,0	28,6	57,7
korkein arvo (µg/m ³)	164	49,6	134	145	40,4	48,0	12,1	82,9	149	32,8	76,6	167
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	28	31	31	30	31	27	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	33,7	9,7	17,3	18,5	5,2	6,3	3,4	7,0	12,8	5,0	7,3	17,7
korkein arvo (µg/m ³)	56,6	10,6	27,9	22,5	7,0	8,5	3,8	8,8	15,5	5,5	10,5	41,9

Taulukko 5. Naistenlahdessa mitatut typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet vuonna 2016.

NO ₂	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	716	744	685	737	744	717	744	700	714
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,4	100	95,1	99,1	100	99,6	100	97,2	96
keskiarvo (µg/m ³)	19,0	15,2	16,4	14,7	10,9	7,0	6,9	7,8	9,4	9,1	11,2	10,8
99. %-piste (µg/m ³)	60,6	53,7	65,5	56,5	49,7	26,8	24,0	34,0	42,7	39,8	40,6	64,6
korkein arvo (µg/m ³)	71,5	67,7	82,1	74,7	75,8	40,7	29,8	47,9	58,0	56,0	58,1	96,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	28	31	31	30	31	28	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	37,9	24,5	32,5	25,7	21,7	12,9	11,7	13,8	20,3	18,5	20,9	24,8
korkein arvo (µg/m ³)	41,1	31,7	35,1	28,8	23,9	14,1	12,5	15,5	21,7	21,0	23,8	47,4

Taulukko 6. Naistenlahdessa mitatut typen oksidien (NO_x) pitoisuudet vuonna 2016.

NO _x	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	716	744	685	737	744	717	744	668	714
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,4	100	95,1	99,1	100	99,6	100	92,8	96
keskiarvo (µg/m ³)	35,6	20,5	23,9	23,6	15,0	10,5	9,8	11,3	14,7	12,9	16,2	17,8
99. %-piste (µg/m ³)	226	87,3	167	161	82,9	58,4	34,4	61,6	101	64,6	76,8	145
korkein arvo (µg/m ³)	312	140	286	289	133	108	47,1	164	271	94,3	162	351
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	28	31	31	30	31	27	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	84,0	38,1	55,7	53,5	29,2	22,5	15,7	20,2	37,0	26,8	30,5	44,0
korkein arvo (µg/m ³)	128	46,5	75,1	59,5	31,9	24,6	16,0	28,9	39,1	28,7	36,8	112

Taulukko 7. Naistenlahdessa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet vuonna 2016.

PM ₁₀	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	719	744	685	744	744	720	744	720	744
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,9	100	95,1	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	12,9	6,8	18,4	27,7	21,8	17,9	13,8	9,0	10,6	8,7	8,3	7,6
99. %-piste (µg/m ³)	38,2	27,7	112	183	81,9	52,0	53,2	30,6	38,2	23,9	27,0	31,3
korkein arvo (µg/m ³)	51,3	32,5	142	254	163	115	76,7	37,1	74,3	30,4	40,3	85,8
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	28	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	24,4	14,3	49,9	73,4	40,4	35,7	30,7	14,5	20,2	17,9	15,8	13,6
korkein arvo (µg/m ³)	26,1	17,0	52,7	98,6	60,9	36,2	42,2	19,1	21,6	19,0	16,5	20,2

Taulukko 8. Naistenlahdessa mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuudet vuonna 2016.

PM _{2,5}	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	719	744	675	744	744	720	744	720	744
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,9	100	93,8	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	6,4	3,9	6,1	5,6	7,2	7,2	6,5	4,1	3,7	3,5	3,5	2,1
99. %-piste (µg/m ³)	19,6	22,5	26,5	32,0	19,4	19,9	24,9	19,0	10,9	13,7	13,9	9,5
korkein arvo (µg/m ³)	24,9	24,9	27,8	51,0	22,9	21,5	27,5	27,6	14,7	14,2	15,8	14,7
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	27	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	15,4	8,2	13,3	11,8	12,1	13,3	18,3	11,5	6,6	9,4	7,7	4,3
korkein arvo (µg/m ³)	17,4	13,5	23,7	15,7	12,5	13,4	22,4	12,6	6,7	11,8	10,5	6,4

Taulukko 9. Santalahdessa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2016.

NO	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	717	744	720	739	744	697	744	719	720
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,6	100	100	99,3	100	96,8	100	99,9	96,8
keskiarvo (µg/m ³)	9,6	5,6	4,8	4,5	2,4	3,1	2,7	3,0	2,3	1,1	3,6	4,1
99. %-piste (µg/m ³)	103	53,7	36,4	34,6	17,4	25,8	26,8	25,6	32,0	13,4	30,8	54,3
korkein arvo (µg/m ³)	131	115	71,4	57,4	31,4	49,1	43,7	84,6	53,4	50,3	56,9	94,6
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	28	31	30	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	39,2	14,8	13,6	11,2	5,6	6,9	7,1	8,2	6,7	3,3	9,2	21,7
korkein arvo (µg/m ³)	50,8	18,0	17,1	12,0	6,1	11,2	7,3	8,9	11,3	4,2	16,4	27,6

Taulukko 10. Santalahdessa mitatut typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet vuonna 2016.

NO ₂	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	717	744	720	739	744	697	744	719	720
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,6	100	100	99,3	100	96,8	100	99,9	96,8
keskiarvo (µg/m ³)	14,3	12,8	12,7	11,2	8,5	6,4	6,0	5,8	6,6	7,2	10,0	11,1
99. %-piste (µg/m ³)	49,0	43,1	56,5	48,2	36,8	25,3	25,3	25,8	36,7	34,4	39,8	57,3
korkein arvo (µg/m ³)	65,7	104	75,7	59,1	53,7	44,9	32,3	44,2	48,2	51,9	58,1	80,9
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	28	31	30	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	28,7	21,9	22,6	20,8	14,8	11,3	11,5	10,9	13,0	15,3	19,8	25,2
korkein arvo (µg/m ³)	30,9	23,6	35,6	22,5	16,1	12,4	12,4	12,2	19,4	18,9	22,1	40,0

Taulukko 11. Santalahdessa mitatut typen oksidien (NO_x) pitoisuudet vuonna 2016.

NO _x	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	696	743	717	744	720	739	744	697	744	719	720
kattavuus (%)	100	100	99,9	99,6	100	100	99,3	100	96,8	100	99,9	96,8
keskiarvo (µg/m ³)	29,0	21,4	20,0	18,2	12,2	11,1	10,2	10,3	10,0	8,9	15,5	17,5
99. %-piste (µg/m ³)	204	121	100	92,2	54,5	58,6	59,1	58,6	79,1	48,4	82,9	137
korkein arvo (µg/m ³)	253	246	142	124	82,5	99,5	89,1	149	119	116	145	223
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	28	31	30	29
2. korkein arvo (µg/m ³)	85,3	44,5	48,8	36,5	21,9	20,5	19,9	20,5	20,3	18,1	36,1	55,7
korkein arvo (µg/m ³)	109	51,1	54,4	39,0	22,9	27,4	22,8	21,6	36,6	23,8	44,9	82,1

Taulukko 12. Santalahdessa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet vuonna 2016.

PM ₁₀	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	696	743	719	744	720	744	744	720	641	720	744
kattavuus (%)	99,9	100	99,9	99,9	100	100	100	100	100	86,2	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	9,4	5,8	20,0	27,3	16,4	14,9	13,7	7,8	7,9	7,6	7,4	5,4
99. %-piste (µg/m ³)	32,1	22,0	202	187	73,2	57,3	76,9	17,6	15,5	23,3	23,1	15,5
korkein arvo (µg/m ³)	58,1	27,8	353	305	112	126	154	20,5	20,9	26,4	34,1	30,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	26	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	19,1	12,0	72,1	70,0	34,8	29,8	32,4	11,0	11,5	17,2	14,2	8,8
korkein arvo (µg/m ³)	26,2	13,4	79,3	114	45,6	31,0	66,2	15,1	11,9	18,9	15,1	9,0

Taulukko 13. Santalahdessa mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuudet vuonna 2016.

PM _{2,5}	2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	696	743	719	744	720	744	744	720	744	720	744
kattavuus (%)	99,9	100	99,9	99,9	100	100	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	7,5	3,4	4,5	5,5	6,6	6,5	7,4	5,0	5,3	5,1	5,2	3,8
99. %-piste (µg/m ³)	39,0	11,5	15,4	26,1	17,8	19,3	26,1	14,7	14,5	19,2	18,1	14,6
korkein arvo (µg/m ³)	58,7	14,8	19,0	49,3	22,3	29,7	28,2	19,7	22,7	22,2	20,0	21,9
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	17,9	5,8	11,9	11,7	11,0	14,1	18,8	8,6	8,4	13,6	9,6	7,2
korkein arvo (µg/m ³)	22,1	8,5	12,4	18,2	13,8	14,7	23,2	12,9	9,9	15,1	12,4	8,2

5.2 Ilmanlaatuindeksi

Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono. Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksia. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Tunneittaiset indeksiarvot ja mitatut tuntipitoisuudet ovat olleet mittausten alusta lähtien nähtävillä mittausten [www-sivuilla](http://www.sivuilla) reaaliaikaisesti ja historiatietoina.

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty yhteenveto vuoden 2016 vuorokauden maksimi-indeksiarvoista Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Naistenlahdessa hyvää 43 %, tyydyttävää 46 % ja välttävää 8 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 10 päivänä (3 % päivistä) ja erittäin huonoa 3 päivänä (1 % päivistä). Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat kaikkina päivinä hengitettävät hiukkaset.

Santalahdessa ilmanlaatu oli vastaavasti hyvää 45 %, tyydyttävää 42 % ja välttävää 6 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 15 päivänä (4 % päivistä) ja erittäin huonoa 7 päivänä (2 % päivistä). Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat

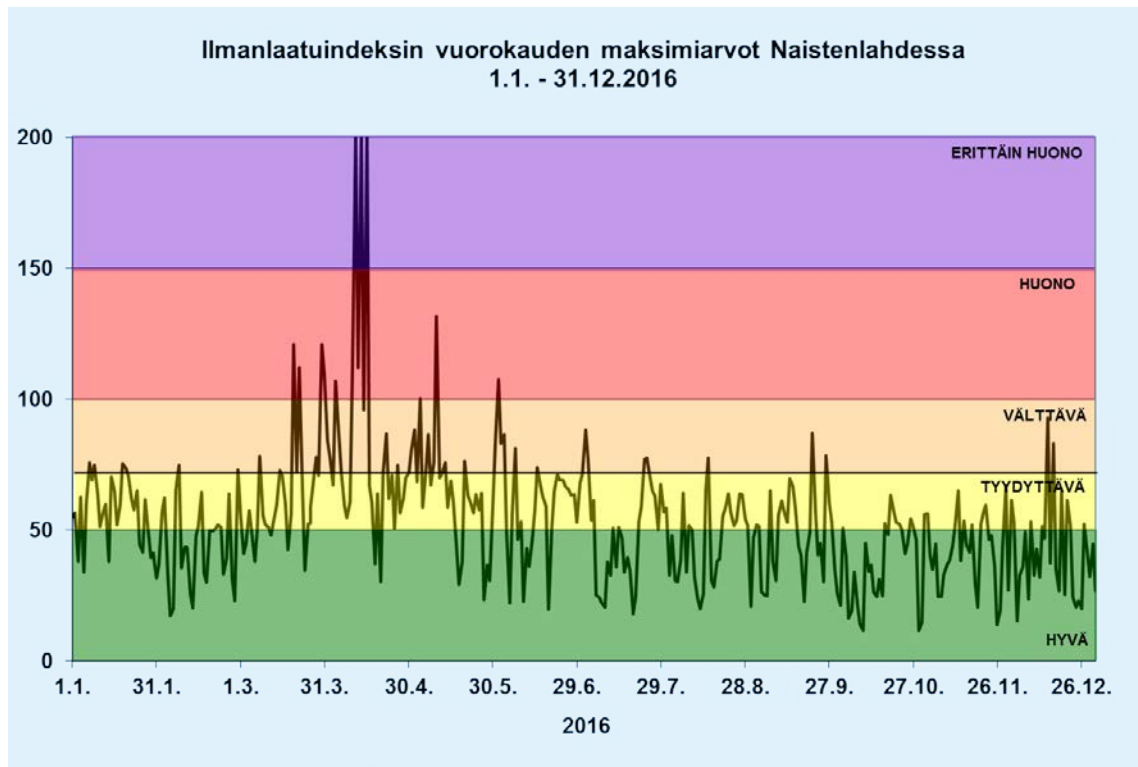
hengitettävien hiukkasten tai pienhiukkasten pitoisuudet. Santalahdessa esiintyi huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun päiviä Naistenlahtea useammin. Santalahdessa työmaa-alue on useita hehtaareita kooltaan ja alue on lumien sulettua kokonaan ilman kasvillisuuspeitettä, mikä pölyää kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatöitä tehtäisikään.

Vastaavasti ilmanlaatu liikenneympäristössä sijaitsevalla Tampereen kaupungin Pirkankadun mittausasemalla oli vuonna 2016 hyvää 45 %, tyydyttävää 43 % ja välttävää 9 % päivistä. Ilmanlaatu oli Pirkankadulla huonoa 11 päivänä (3 % päivistä) ja erittäin huonoa 3 päivänä (1 % päivistä) (*Tampereen kaupunki, 2017*). Pirkankadulla indeksin laskentaan käytetään typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksia. Pienhiukkasten pitoisuuksia ei Pirkankadulla mitata, joten tässä suhteessa indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia.

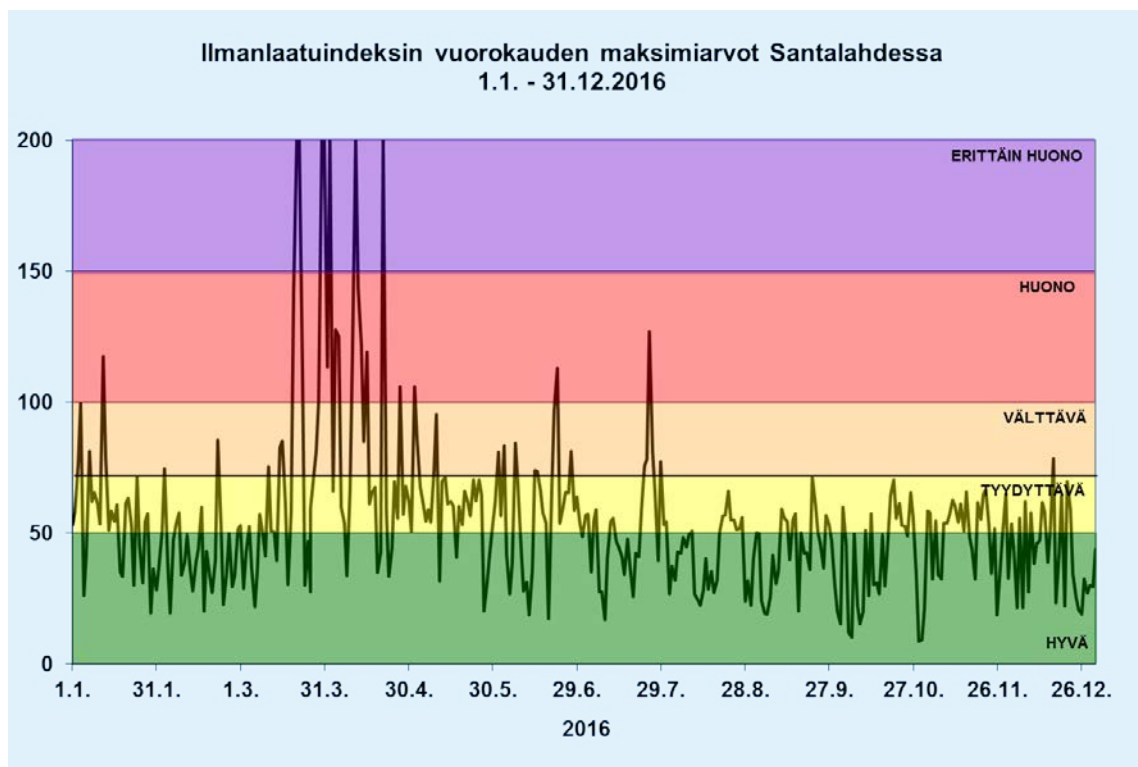
Maalis-huhtikuussa katupölykaudella ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa Naistenlahdessa ja Santalahdessa useina päivinä. Samaan aikaan ilmanlaatu heikentyi Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemien tulosten mukaan myös laajemmalti Tampereen alueella. Voimakkaimmillaan katupölykausi oli maaliskuun puolivälissä. Pölyisiä päiviä, jolloin hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausirajarvon numeroarvo ylittyi, oli Pirkankadulla helmi-huhtikuussa 9 ja Naistenlahdessa ja Santalahdessa kummassakin 8. Huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun tilanteita ei havaittu Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla enää heinäkuun lopun jälkeen.

Naistenlahdessa esiintyi keväisten katupölypäivien lisäksi huonoa ilmanlaatua kahdena päivänä toukokuussa (4.5. ja 10.5., jolloin ilmanlaatu oli välttävää tai huonoa myös Epilässä) ja yhtenä päivänä kesäkuussa (1.6.). Näinä päivinä työmaalla ei ollut käynnissä mitään tavallisuudesta poikkeavaa työtä, joka olisi voinut selittää korkeita hiukkaspitoisuuksia. Kaikkina näinä päivinä korkeat hiukkaspitoisuudet kestivät vain tunnin tai pari ja esiintyivät tyyninä ajanhetkinä tai kun tuulenopeus oli hyvin pieni.

Santalاهدessa esiintyi keväisten katupölypäivien lisäksi huonoa ilmanlaatua tammi-kuun alussa 12.1., jolloin työmaalla tehtiin tavanomaista maaperän seulontaa ja työtunnelin täyttöö. Lisäksi huonon ilmanlaadun päiviä esiintyi Santalahdessa kerran toukokuussa, kesäkuussa ja heinäkuussa (2.5., 22.6 ja 25.7.). Touko- ja kesäkuussa työmaalla ei tehty tavallisuudesta poikkeavia töitä, mutta heinäkuussa mittausaseman lähistöllä rakennettiin melusteitä, joiden rakentamisesta on saattanut nousta pölyä ilmaan. Kaikki kesän pölyämistilanteet esiintyivät heikolla lounaan tai lännen puoleisella tuulella. Kohonneita hiukkaspitoisuuksia esiintyi Santalahdessa 2.5. tilanteessa useiden tuntien ajan ja ilmanlaatu oli huonoa myös Tampereen Pirkankadun mittauspisteessä, kun taas 25.7. huonoa ilmanlaatua ei esiintynyt muualla Tampereella samanaikaisesti.



Kuva 10. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Naistenlahdessa vuonna 2016.



Kuva 11. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Santalahdessa vuonna 2016.

6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

6.1 Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin

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 on määritelty valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (Vnp 480/1996, taulukko 14).

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 on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017, taulukko 15).

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.

Ylemmällä arviointikynnyksellä tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota korkeammissa pitoisuuksissa jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja jota alemmissa pitoisuuksissa jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää. *Alemmalla arviointikynnyksellä* tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan suuntaa-antavia mittauksia, mallintamistekniikoita, päästökartoituksia tai muita vastaavia menetelmiä. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Arviointikynnykset on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017).

Taulukko 14 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
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 15. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ¹⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	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	–

¹⁾ Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Maailman terveysjärjestön (WHO) antama ohjearvo pienhiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvolle on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausikeskiarvolle $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006). WHO:n ohjearvo on suosituksenomainen eikä se ole osa Suomen ilmansuojelulainsäädäntöä.

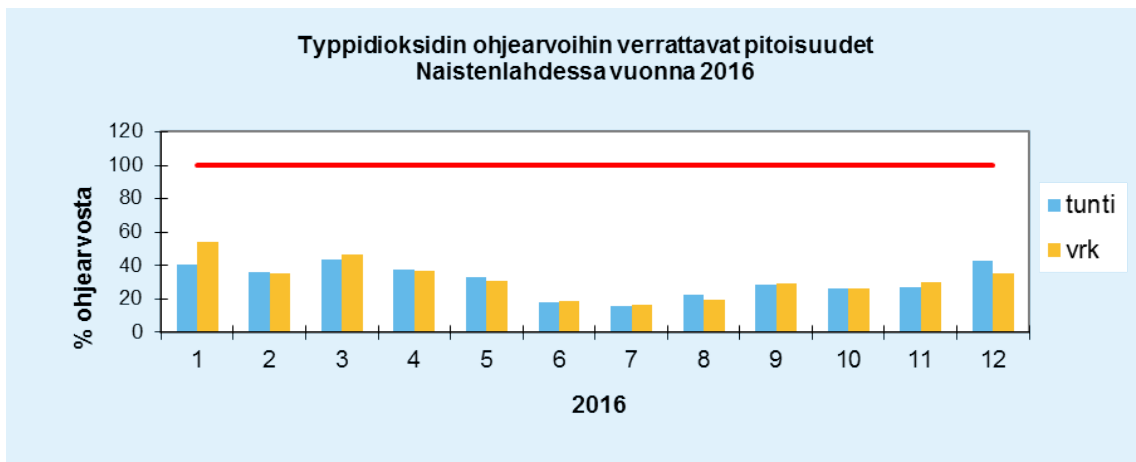
Taulukoissa 16 ja 17 sekä kuvissa 12–15 on esitetty Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2016 mitatut typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden pitoisuuksien suhde vastaaviin ohjearvoihin prosentuaalisesti.

Taulukko 16. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Naistenlahdessa vuonna 2016.

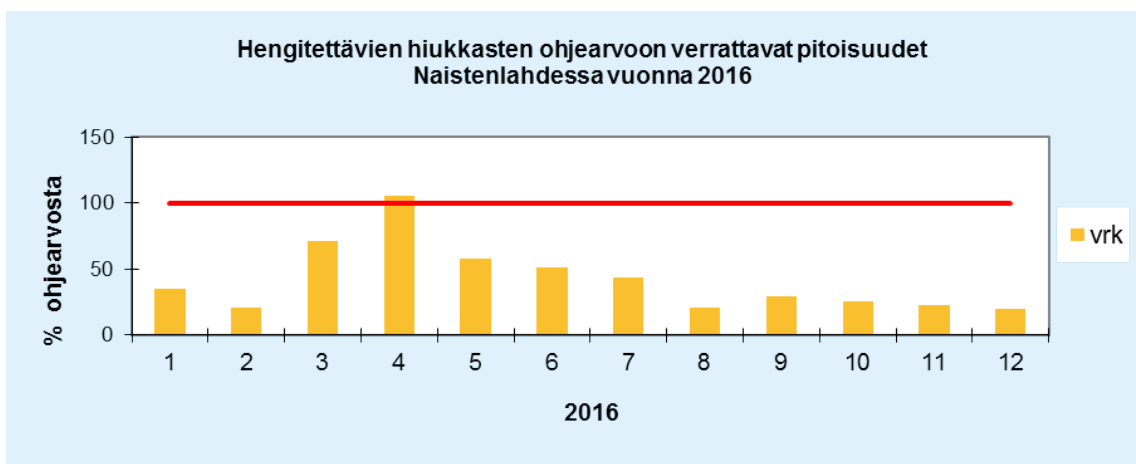
Naistenlahti 2016	NO ₂ tunti		NO ₂ vrk		PM ₁₀ vrk	
	99 %-piste (µg/m ³)	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohjearvosta
Tammikuu	61	40 %	38	54 %	24	35 %
Helmikuu	54	36 %	24	35 %	14	20 %
Maaliskuu	65	44 %	32	46 %	50	71 %
Huhtikuu	57	38 %	26	37 %	73	105 %
Toukokuu	50	33 %	22	31 %	40	58 %
Kesäkuu	27	18 %	13	18 %	36	51 %
Heinäkuu	24	16 %	12	17 %	31	44 %
Elokuu	34	23 %	14	20 %	14	21 %
Syyskuu	43	28 %	20	29 %	20	29 %
Lokakuu	40	27 %	19	26 %	18	26 %
Marraskuu	41	27 %	21	30 %	16	23 %
Joulukuu	65	43 %	25	35 %	14	19 %
Ohjearvo	150		70		70	

Taulukko 17. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Santalahdessa vuonna 2016.

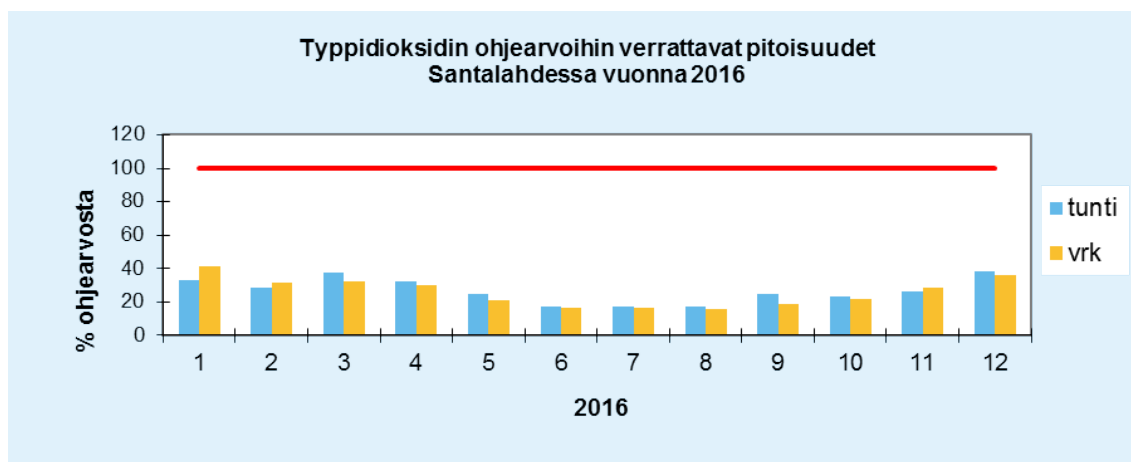
Santalahti 2016	NO ₂ tunti		NO ₂ vrk		PM ₁₀ vrk	
	99 %-piste (µg/m ³)	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohjearvosta
Tammikuu	49	33	29	41	19	27
Helmikuu	43	29	22	31	12	17
Maaliskuu	56	38	23	32	72	103
Huhtikuu	48	32	21	30	70	100
Toukokuu	37	25	15	21	35	50
Kesäkuu	25	17	11	16	30	43
Heinäkuu	25	17	12	16	32	46
Elokuu	26	17	11	16	11	16
Syyskuu	37	24	13	19	12	16
Lokakuu	34	23	15	22	17	25
Marraskuu	40	27	20	28	14	20
Joulukuu	57	38	25	36	9	13
Ohjearvo	150		70		70	



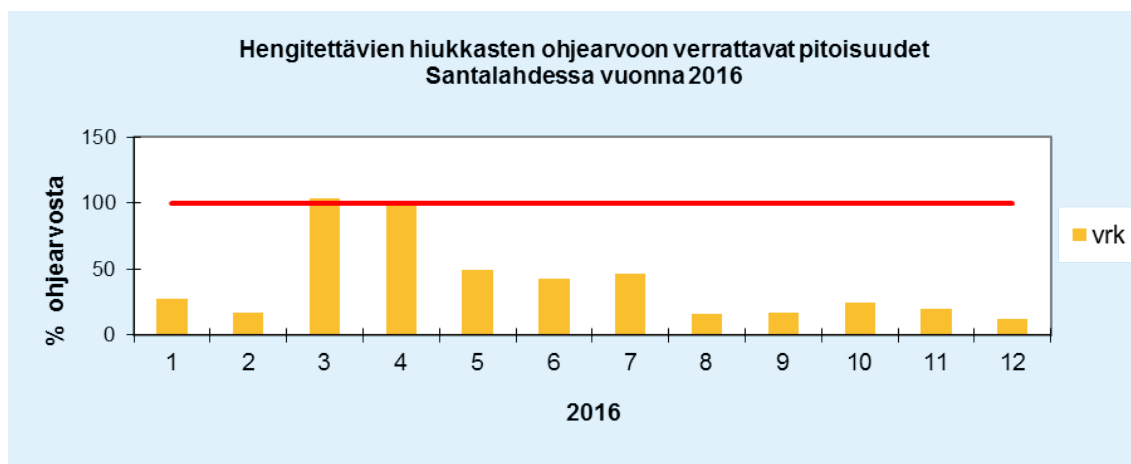
Kuva 12. Typpidioksidin (NO_2) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) ohjearvoon Naistenlahdessa vuonna 2016. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 13. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) ohjearvoon Naistenlahdessa vuonna 2016. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.



Kuva 14. Typidioksidin (NO_2) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) ohjearvoon Santalahdessa vuonna 2016. Typidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 15. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) ohjearvoon Santalahdessa vuonna 2016. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.

Typpidioksidipitoisuudet alittivat ohjearvot sekä Naistenlahdessa että Santalahdessa vuonna 2016. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin tuntipitoisuudet vaihtelivat Naistenlahdessa välillä 16–44 % ohjearvosta ja Santalahdessa 17–38 % ohjearvosta. Vuorokausipitoisuudet vaihtelivat Naistenlahdessa välillä 17–54 % ohjearvosta ja Santalahdessa 16–41 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat tuntipitoisuudet mitattiin maaliskuussa ja vuorokausipitoisuudet tammikuussa.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa 19–105 % vuorokausiohjearvosta ja Santalahdessa 13–103 % vuorokausiohjearvosta. Naistenlahdessa vuorokausiohjearvo ylittyi huhtikuussa ja Santalahdessa maaliskuussa. Santalahdessa huhtikuussa hiukkasten ohjearvoon verrattava pitoisuus oli ohjearvon suuruinen.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2016 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaadun raja-arvoja. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli Naistenlahdessa $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 29 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Santalahdessa vuosikeskiarvo vastaavasti oli $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 24 % raja-arvosta. Tuntiraja-arvotaso $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. Naistenlahdessa 19. suurin tuntiarvo oli $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 34 % raja-arvosta ja Santalahdessa $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 29 % raja-arvosta.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo oli Naistenlahdessa $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 34 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Santalahdessa vuosikeskiarvo vastaavasti oli $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 30 % raja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi sekä Naistenlahdessa että Santalahdessa 8 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Naistenlahdessa 36. suurin vuorokausiarvo oli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 50 % ja Santalahdessa $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 42 % raja-arvosta.

Pienhiukkasten vuosiraja-arvoon, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattava vuosikeskiarvo oli Naistenlahdessa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Santalahdessa $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 20 % ja 22 % raja-arvosta. Vuosikeskiarvot olivat vastaavasti 50 % ja 55 % WHO:n ohjearvosta vuosikeskiarvolle. WHO:n ohjearvo vuorokausikeskiarvolle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt kertaakaan Naistenlahdessa eikä Santalahdessa. Pienhiukkasten suurin vuorokausipitoisuus oli Naistenlahdessa $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Santalahdessa $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuonna 2016.

6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvissa 16 ja 17 on havainnollistettu tuulen suunnan ja nopeuden vaikutusta Naistenlahden ja Santalahden typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksiin ns. saasteruusujen avulla. Saasteruusuu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoja eri tuulensuunnilla. Saasteruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa epäpuhtauden tuntipitoisuuksien keskiarvoa tässä tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien arvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa.

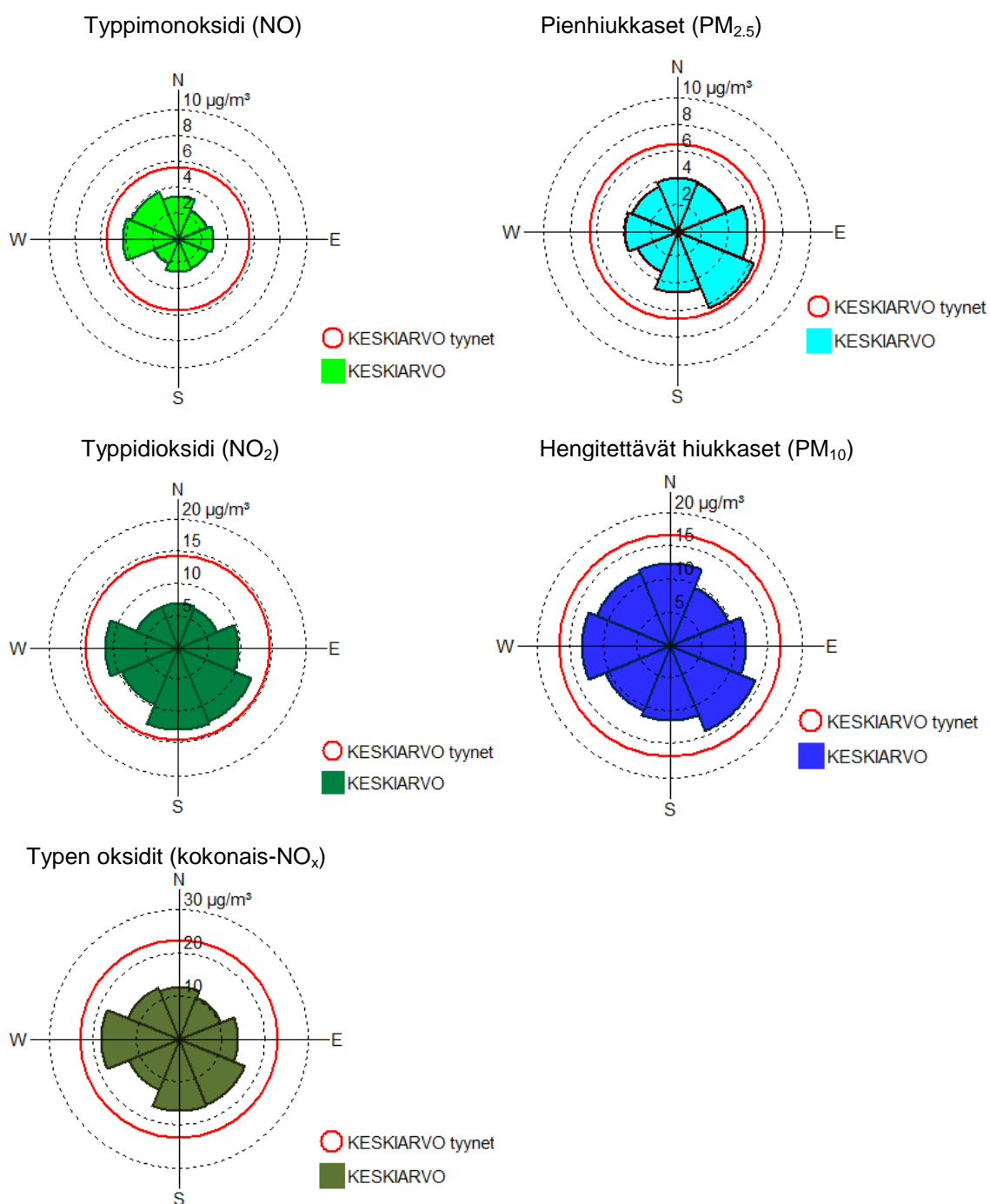
Typen oksidien pitoisuuksiin vaikuttavat sekä energiantuotannon ja teollisuuden päästöt että liikenteen päästöt. Liikenneväylien läheisyydessä liikenteen päästöt hal-

litsevat, sillä energiantuotannon ja teollisuuden 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.

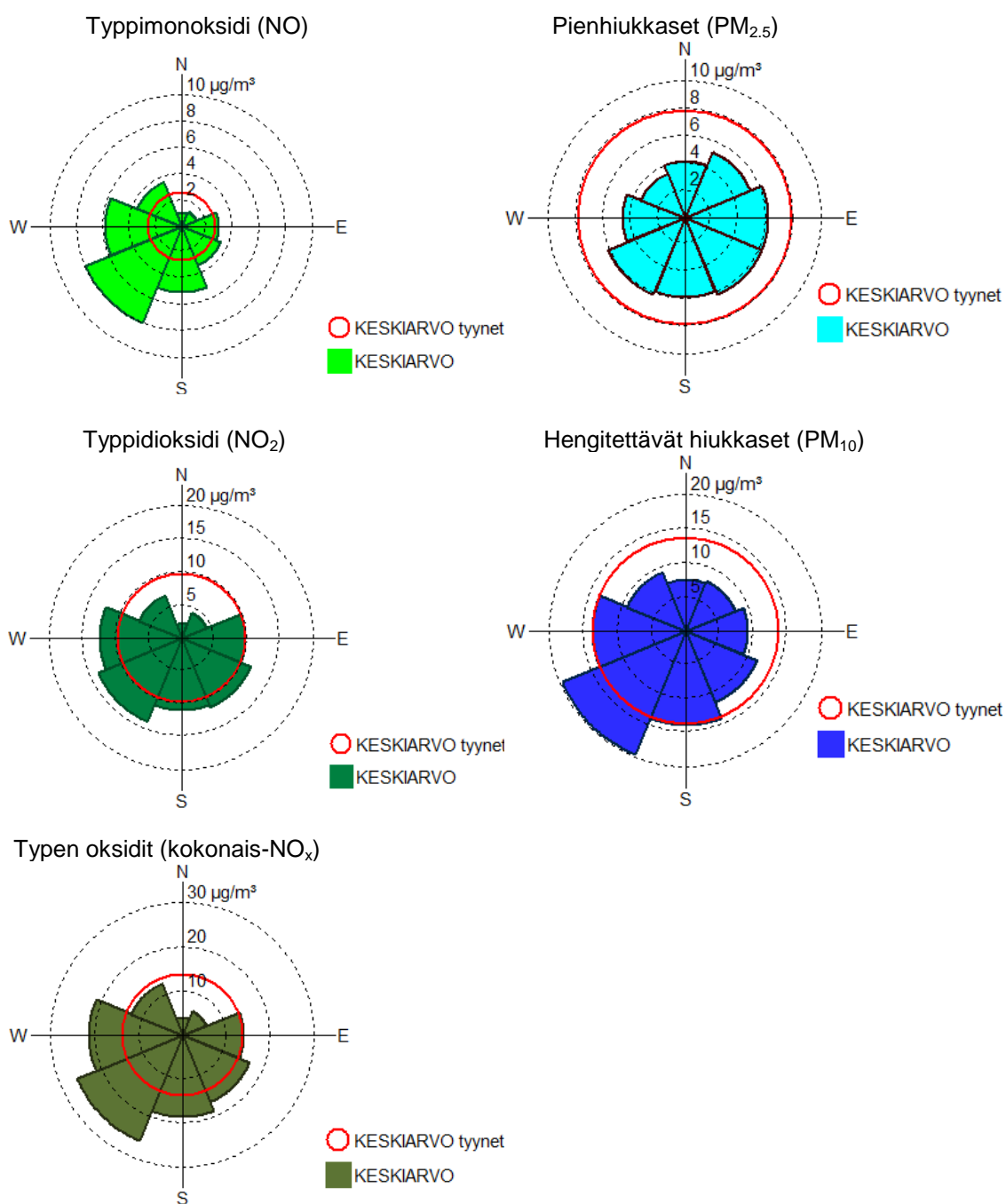
Typhen oksidien tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat Naistenlahdessa vuonna 2016 suurimmillaan tyynellä säällä sekä tuulen käydessä lännestä tai etelästä (kuva 16). Pakokaasujen typhenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), joka hakeutuu ilmakehässä muun muassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi (NO₂). Typpimonoksidipitoisuudet kuvastavat siten parhaiten mittauspisteen lähialueen liikenteestä aiheutuvaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös kauempana sijaitsevat päästölähteet.

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typhen oksideilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, katujen pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat hiukkaspitoisuuksiin voimakkaasti. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat Naistenlahdessa vuonna 2016 suurimmillaan tyynellä säällä sekä tuulen käydessä kaakosta (kuva 16).

Santalahdessa sekä typhen oksidien että hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat vuonna 2016 suurimmillaan tyynellä säällä tai tuulen käydessä lounaasta (kuva 17). Tuulen puhaltaessa pohjoisesta Näsijärven suunnasta, Santalahdessa mitatut typhen oksidien pitoisuudet olivat selvästi alhaisempia kuin muilla tuulensuunnilla.



Kuva 16. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typhen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Naistenlahdessa vuonna 2016.



Kuva 17. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typhen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Santalahdessa vuonna 2016.

6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvissa 18 ja 19 on tarkasteltu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien kokonaismäärän sekä pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Naistenlahdessa ja Santalahdessa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai-perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai-sunnuntai).

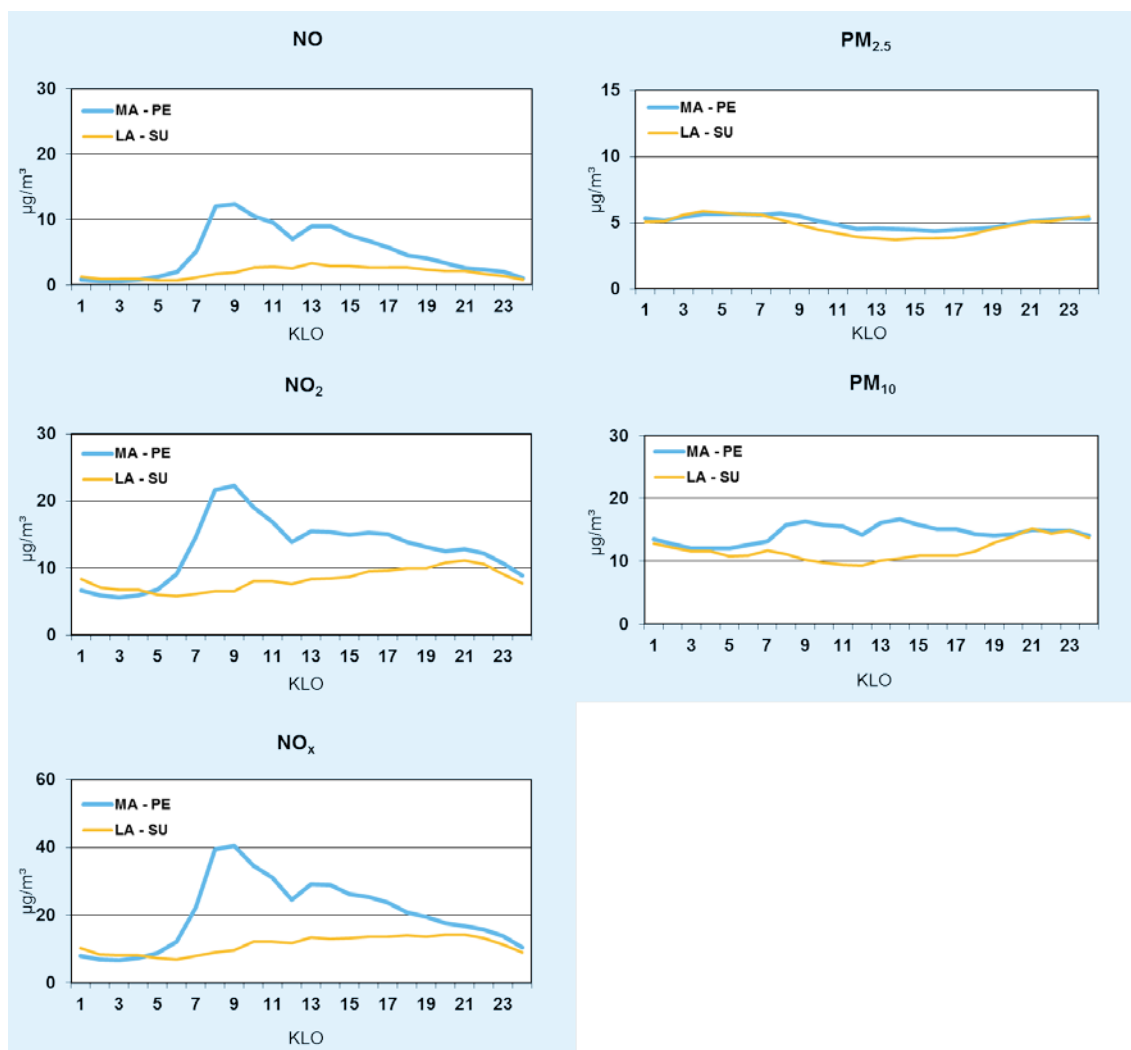
Typenoksidien tuntipitoisuuksien vuoden 2016 vuorokausivaihtelussa havaitaan molemmissa tutkimuspisteissä selvästi liikenteen päästöjen vaikutus: arkipäivisin pitoisuudet olivat pienimmillään aamuyön tunteina ja pitoisuudet kasvoivat nopeasti siten, että pitoisuushuippu saavutettiin aamun ruuhkaliikenteen aikaan. Viikonloppuisin typenoksidien pitoisuudet olivat matalampia kuin pitoisuudet arkipäivisin ja aamun pitoisuushuippu puuttui kokonaan.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran typen oksidien pitoisuuksista poikkeavasti. Arkisin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Naistenlahdessa koholla sekä aamupäivällä että iltapäivällä. Santalahdessa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat korkeimmillaan arkisin vasta illalla klo 16–18 aikaan. Viikonloppuisin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat molemmissa mittauspisteissä päivällä pienempiä kuin arkisin, ja viikonloppujen aikana pitoisuudet pysyivät hyvin tasaisina jatkuvasti.

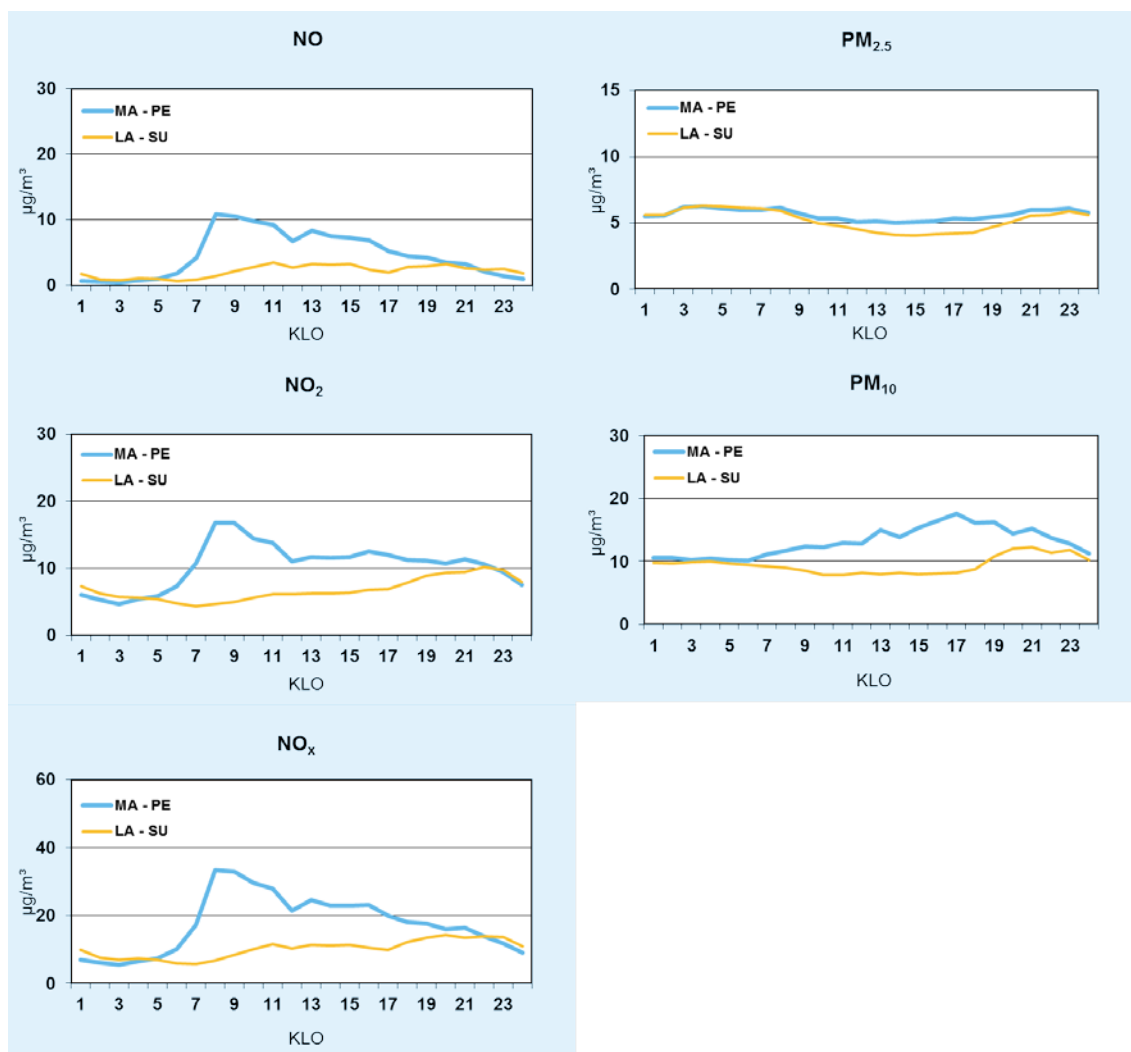
Pienhiukkasten keskimääräisissä pitoisuuksissa ei ollut kovin paljon vaihtelua päivän mittaan kummassakaan mittauspisteessä. Pienhiukkasten pitoisuus oli viikonloppuisin päiväsaikaan alempi kuin arkipäivisin.

Hiukkaspitoisuuden vuorokaudenaikaisvaihtelu poikkeaa taajamien liikenneympäristöissä 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.

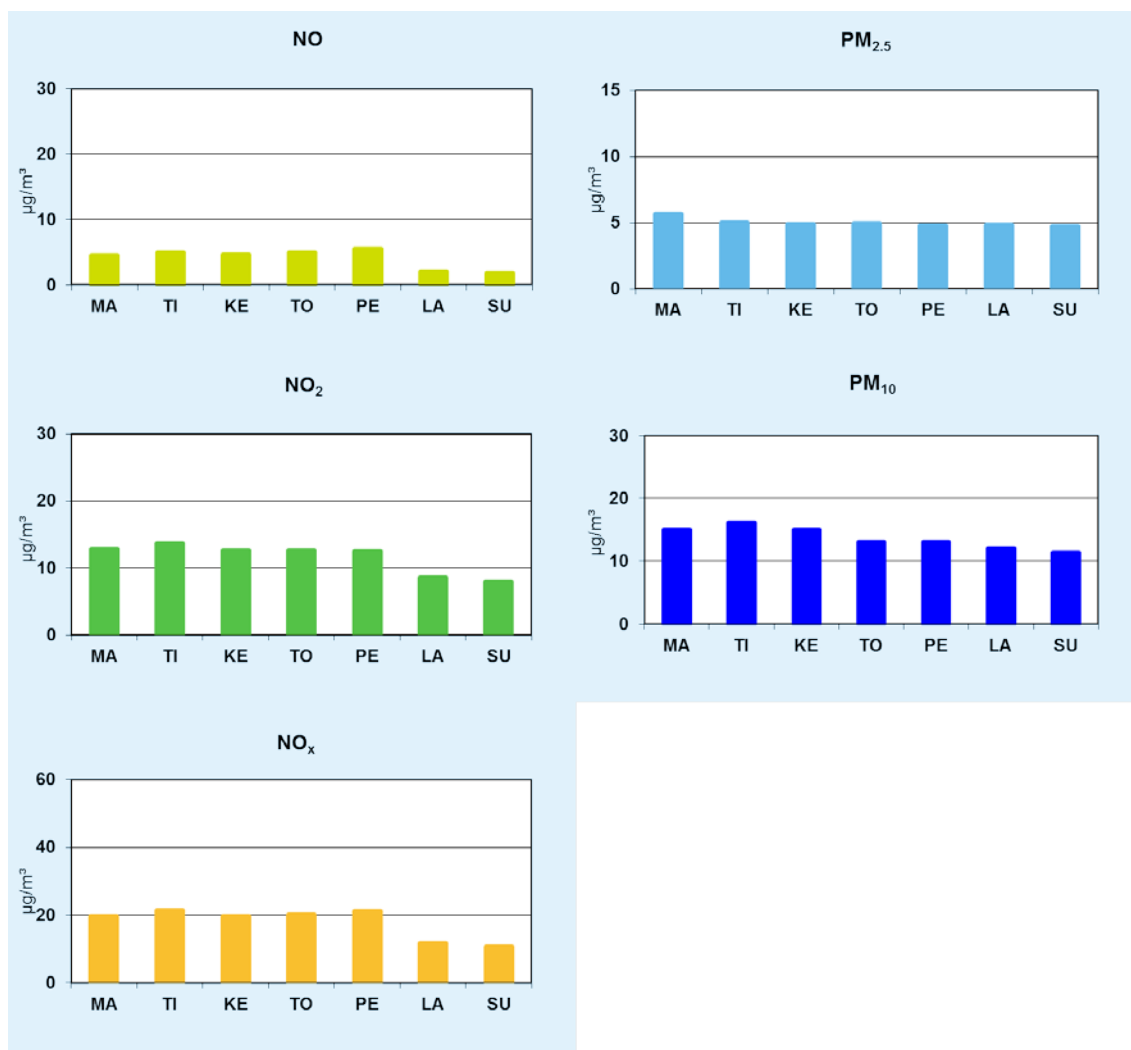
Viikonpäivittäin tarkasteltuna (kuvat 20 ja Kuva 21) typenoksidien keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli molemmissa tutkimuspisteissä siten, että lauantaisin ja sunnuntaisin pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin arkipäivisin. Hengitettävillä hiukkasilla ja etenkin pienhiukkasilla tätä eroa ei voitu havaita näin selvästi. Pienhiukkasten alueellisen taustapitoisuuden, eli muualta kaukokulkeutuneiden pienhiukkasten osuus mitatuista pienhiukkaspitoisuuksista on hyvin suuri, jolloin mittauksissa havaitut pitoisuustasot pysyvät jatkuvasti melko vakaina. Typenoksidien pitoisuustasot sen sijaan seuraavat herkemmin paikallisen liikenteen määrien vaihtelua: viikonloppuisin, kun liikennemäärät ja liikenteen päästöt ovat vähäisempiä, myös mittauksissa havaitut typenoksidien pitoisuudet ovat pienempiä kuin arkisin.



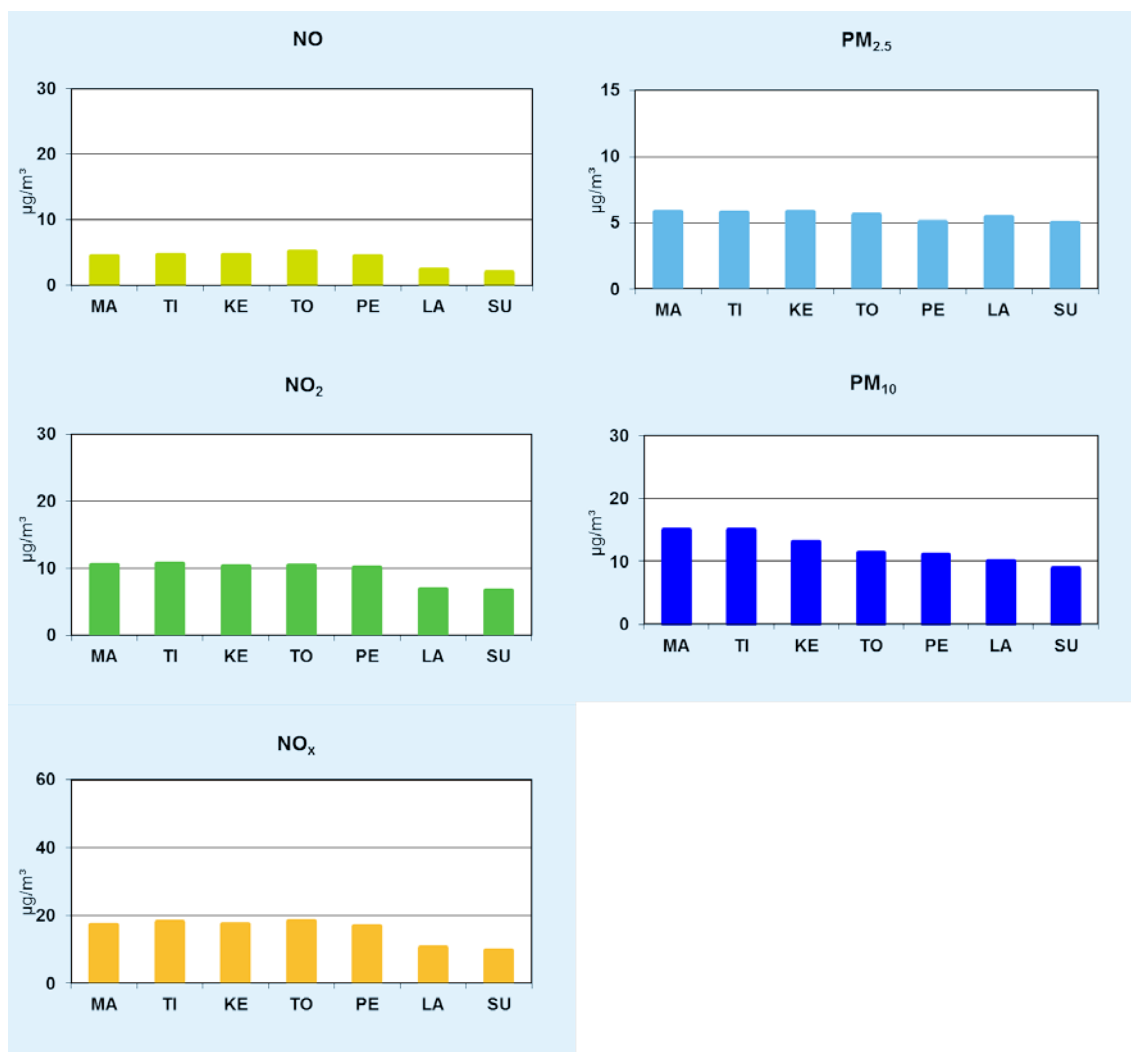
Kuva 18. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma-pe) ja viikonloppuisin (la-su) Naistenlahdessa vuonna 2016.



Kuva 19. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma-pe) ja viikonloppuisin (la-su) Santalahdessa vuonna 2016.



Kuva 20. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Naistenlahdessa vuonna 2016.



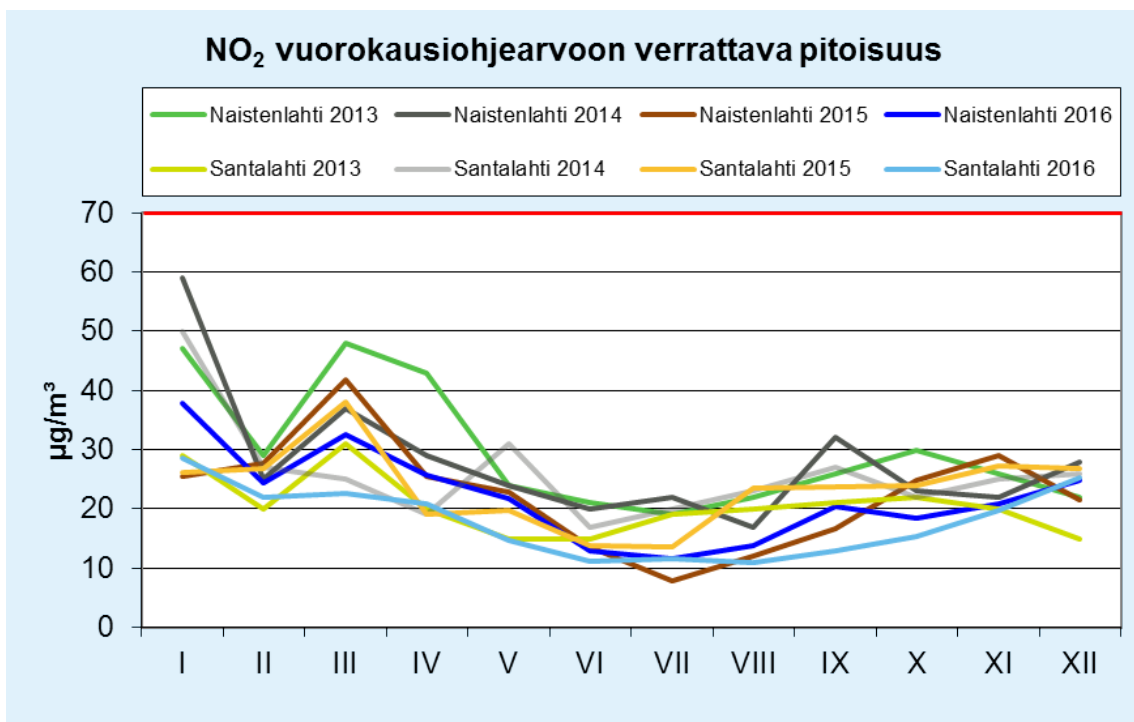
Kuva 21. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Santalahdessa vuonna 2016.

6.4 Pitoisuuksien vertailua aiempiin mittauksiin ja muualla Tampereella mitattuihin pitoisuuksiin

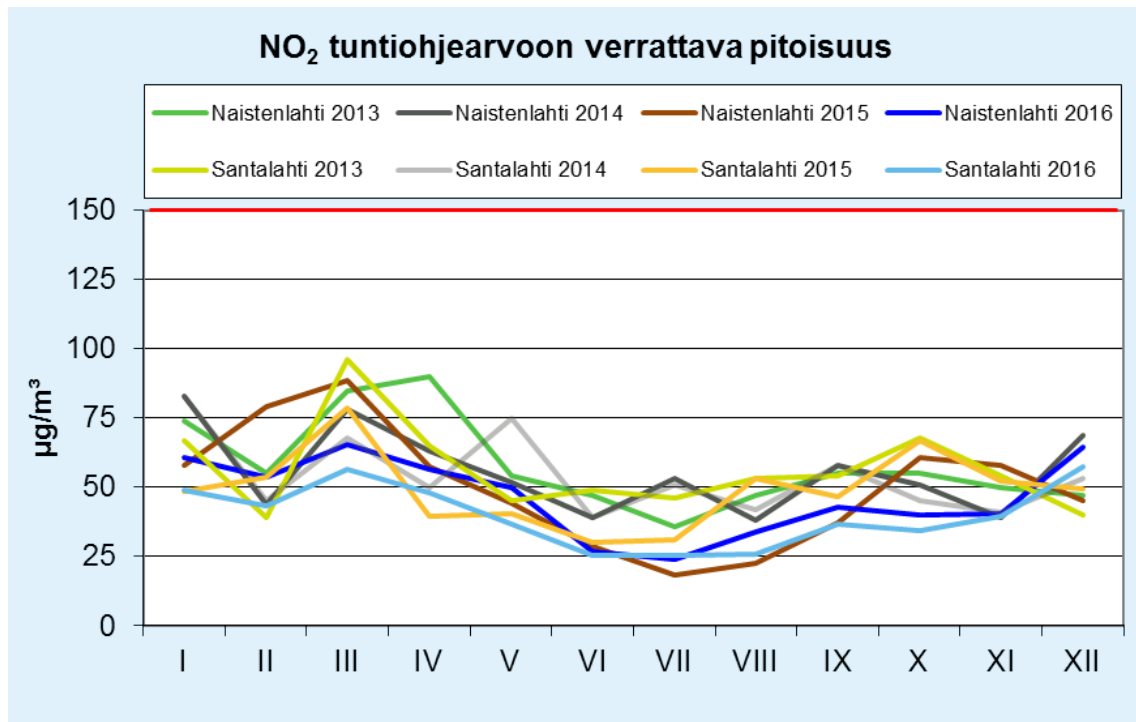
Ilmanlaatumittaukset Naistenlahdessa ja Santalahdessa aloitettiin loppuvuodesta 2012 tunnelin suunnitteluvaiheessa. Toteutusvaiheeseen päästiin lokakuussa 2013 ja avolouhinta päästiin aloittamaan marraskuun 2013 lopulla. Laajamittaisemmat louhinnat aloitettiin vasta vuoden 2014 alkupuolella, joten vuosi 2013 toimii vertailupohjana myöhempien vuosien mittaustuloksille. Tunnelin louhinta päättyi kesäkuussa 2015, mutta avolouhinta Naistenlahdessa ja maanrakennustyöt molemmissa tunnelin päissä jatkuivat aina marraskuuhun 2016 saakka. Tunneli avattiin autoliikenteelle 15.11.2016. Aikaisempien vuosien ilmanlaatumittausten tulokset on esitetty vuosittaisissa raporteissa: *Saari ym. 2014*, *Saari ym. 2015* ja *Saari ym. 2016*.

Typpidioksidi

Typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2016 pääosin hiukan matalampia tai samaa tasoa kuin aikaisempina mittausvuosina. Vuoden 2013 maaliskuu- ja huhtikuu olivat tavanomaista kylmempinä ja typen oksidien pitoisuudet olivat tällöin suurempia kuin seuraavina vuosina (kuvat 22 ja 23). Tammikuussa on useina vuosina ollut hyvin kylmiä pakkasjaksoja, jotka ovat kohottaneet typpidioksidipitoisuuksia myös Naistenlahdessa ja Santalahdessa.



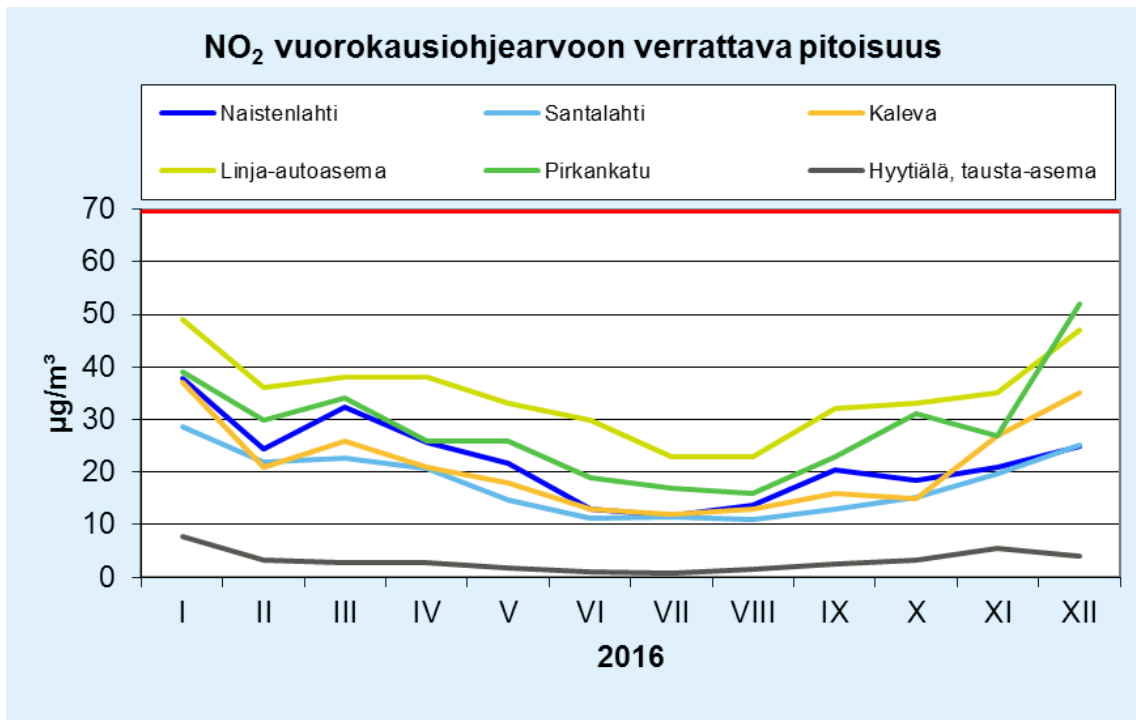
Kuva 22. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013–2016. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



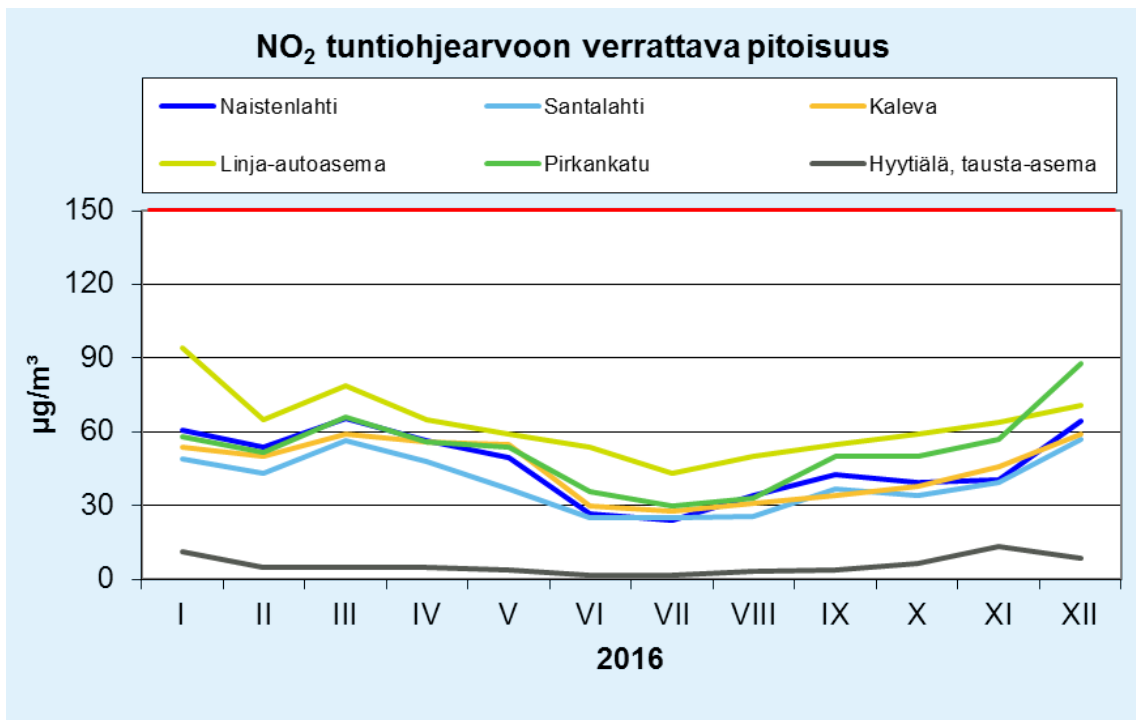
Kuva 23. Typpidioksidin (NO₂) tuntiohjeeseen verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013, 2014 ja 2015. Ohjearvotaso, 150 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Typpidioksidin pitoisuuksia mitataan Suomessa yli 50 mittausasemalla. Typpidioksidin mittausasemista noin puolet sijaitsee liikenneympäristöissä. Myös Tampereella typpidioksidia mitataan kolmessa mittauspisteessä: Kalevassa, Pirkankadulla ja Linja-autoasemalla. Tarkkailun toteuttaa kaupungin ympäristönsuojeluyksikkö. Tampereen lähin taustailmanlaadun mittausasema on Helsingin yliopiston Juupajoen kunnassa sijaitseva Hyytiälän tutkimusasema. Kuvissa 24–26 on esitetty typpidioksidipitoisuuden tunti- ja vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet ja kuukausikeskiarvot vuodelta 2016 Tampereen Kalevassa, Pirkankadulla ja Linja-autoasemalla (*Tampereen kaupunki, 2017*), Hyytiälän tausta-asemalla (*SMEAR II, 2017*) sekä Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tampereen kaupungin mittausasemista Pirkankatu on tyypiltään liikenneasema. Kalevan ja Linja-autoaseman mittausasemat edustavat ns. kaupunkitaustaa.

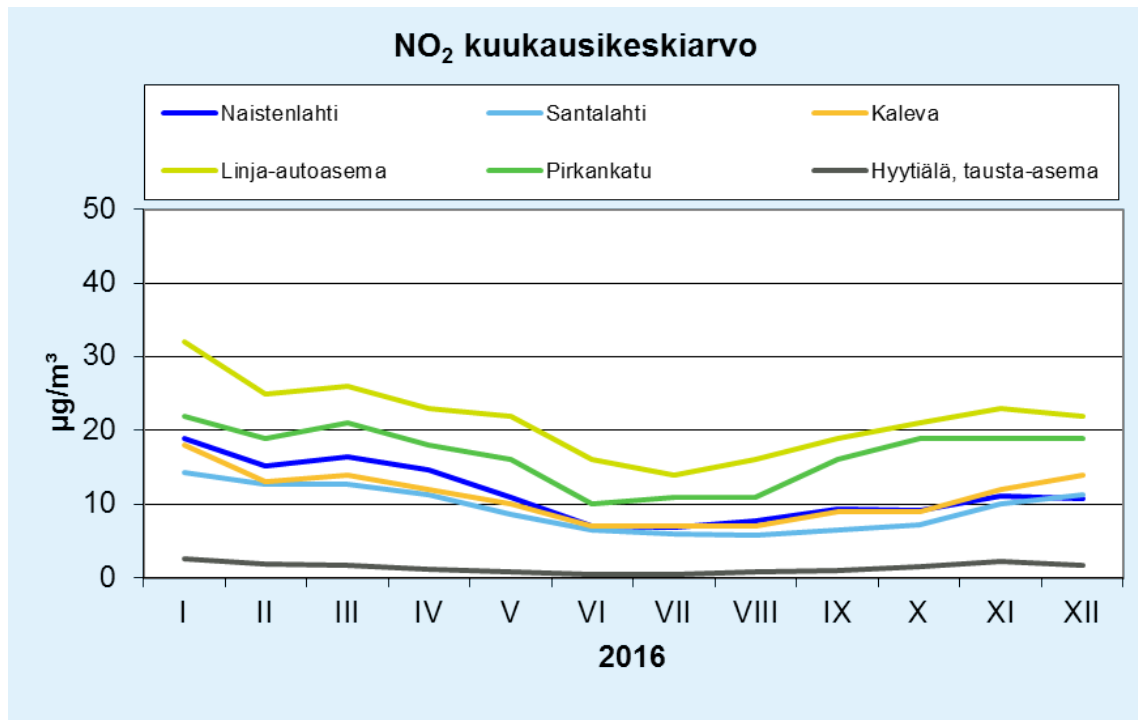
Naistenlahdessa ja Santalahdessa typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina sekä tunti- ja vuorokausiohjeeseen verrannollisina pitoisuuksina pääosin samaa tasoa kuin Kalevan mittausasemalla ja matalampia kuin Tampereen Linja-autoasemalla tai Pirkankadun asemalla. Hyytiälän tausta-asemalla pitoisuudet olivat pieniä verrattuna Tampereen kaikilla mittausasemilla mitattuihin pitoisuuksiin. Vuodensisäinen pitoisuusvaihtelu oli kaikilla mittausasemilla hyvin samansuuntaista. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet olivat tammikuussa. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvot ja tuntiohjearvot alittuivat selvästi kaikkina kuukausina kaikilla Tampereen mittausasemilla.



Kuva 24. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2016. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

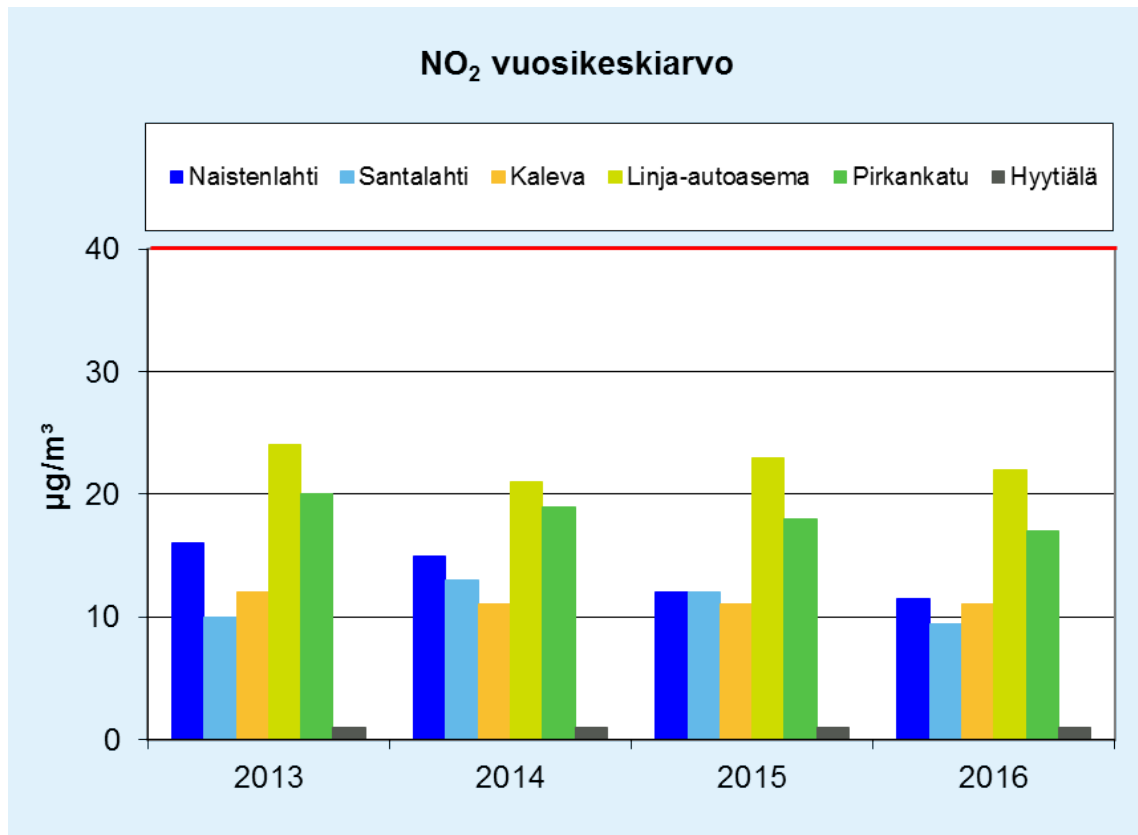


Kuva 25. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) tuntiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2016. Ohjearvotaso, 150 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 26. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2016.

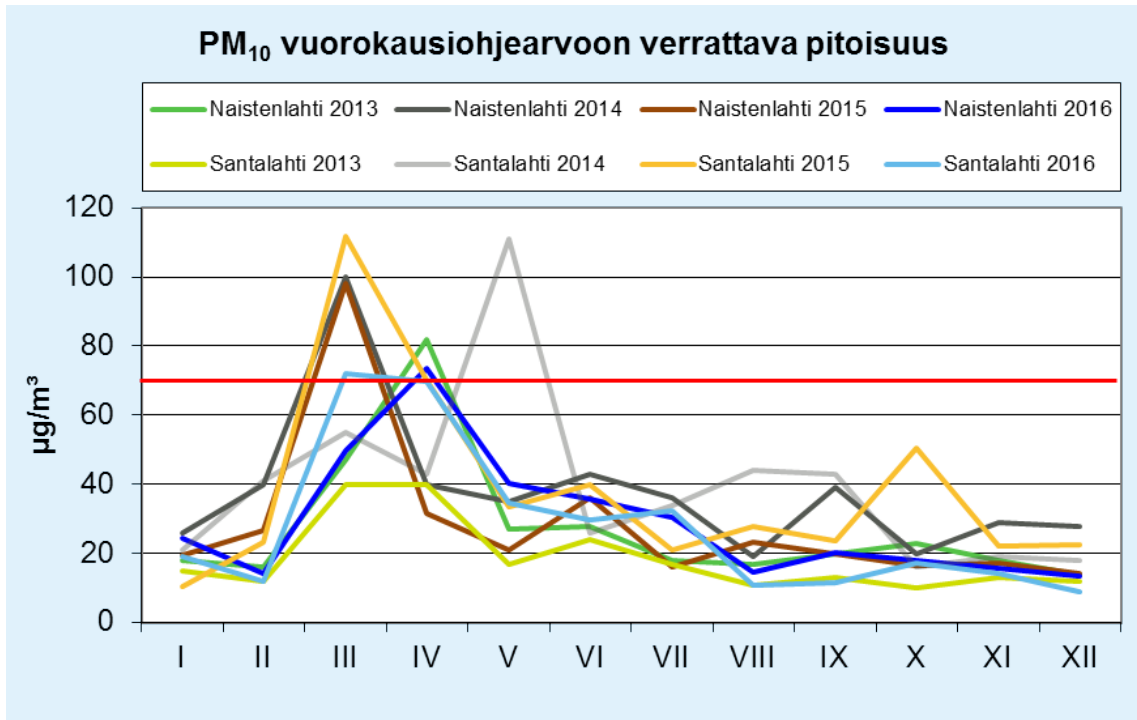
Kuvassa 27 on esitetty typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla. Vuosikeskiarvot ovat olleet melko tasaisia vuosina 2013–2016 kaikilla Tampereen kaupungin mittausasemilla. Naistenlahdessa ja Santalahdessa typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot olivat vuonna 2016 pienempiä kuin mittausten alussa vuonna 2013. Santalahdessa typpidioksidipitoisuudet olivat kuitenkin vuonna 2014 korkeampia kuin muina vuosina. Kaikilla asemilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet selvästi alle typpidioksidipitoisuuden raja-arvon (40 µg/m³).



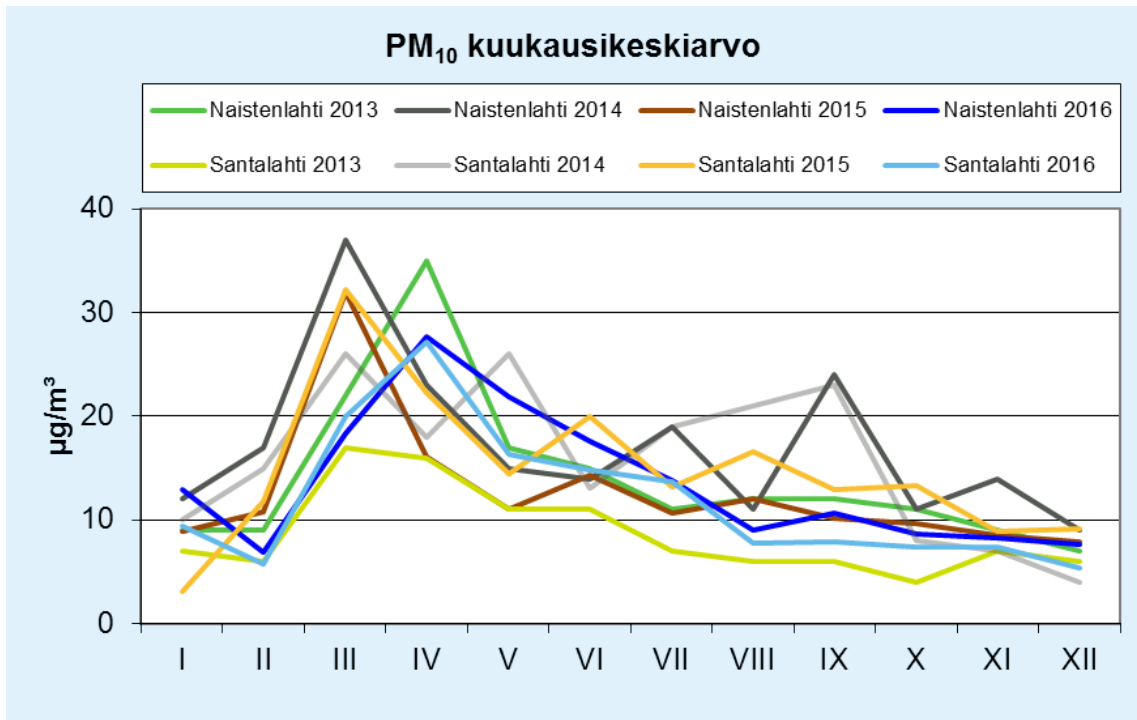
Kuva 27. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) vuosikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän taustasemalla vuosina 2013–2016. Raja-arvotaso, 40 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Hengitettävät hiukkaset

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet (kuva 28) ja kuukausikeskiarvot (kuva 29) olivat Naistenlahdessa vuonna 2016 samaa tasoa kuin ensimmäisenä mittausvuonna 2013. Santalahdessa pitoisuudet sen sijaan olivat vuonna 2016 selvästi suurempia kuin mittauksen alussa. Naistenlahden mittausasemalla hengitettävien hiukkasten ohjearvotaso on ylittynyt kaikkina mittausvuosina kevätpölykaudella. Santalahden mittausasemalla ohjearvotaso ylittyi vuonna 2016 sekä vuonna 2015, jolloin kevätpölykausi oli Etelä- ja Keski-Suomessa poikkeuksellisen vaikea. Vuonna 2014 toukokuussa Santalahden pitoisuustasoa nosti mittausaseman tuntumassa tehty kaasujohdon alitusporaus.



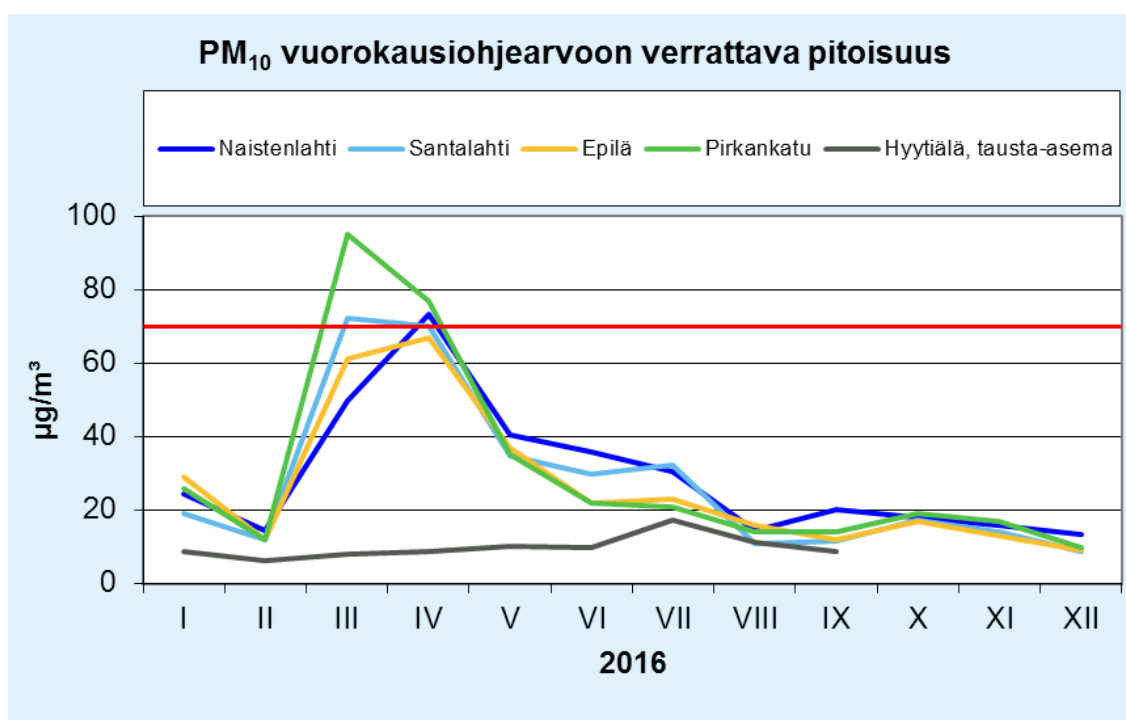
Kuva 28. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013–2016. Ohjearvo-taso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



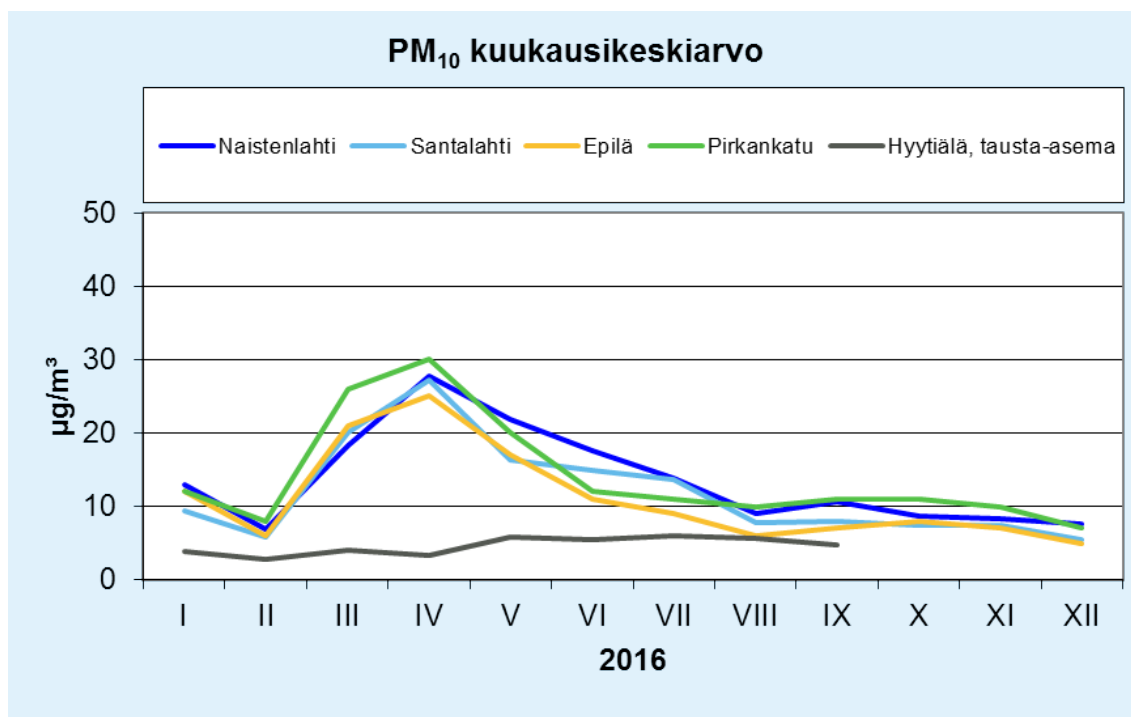
Kuva 29. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kuukausikeskiarvot Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013–2016.

Kuvissa 30 ja 31 on esitetty hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet ja kuukausikeskiarvot vuodelta 2016 Naistenlahdessa ja Santalahdessa, Tampereen Epilässä ja Pirkankadulla, jotka ovat Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemia (*Tampereen kaupunki, 2017*) sekä Hyytiälän tausta-aseamalla, joka on Tamperetta lähin taustailmanlaadun mittausasema (*SMEAR II, 2017*). Epilän ja Pirkankadun mittausasemat ovat tyypiltään liikenneasemia. Epilässä mittalaitteena on laserdiffraktioon perustuva Grimm 180 ja Pirkankadulla TEOM 1400a, jonka mittausperiaate on värähtelevä mikrovaaka. Hyytiälän tausta-aseamalla on käytössä samanlainen SHARP-mittalaite kuin Naistenlahdessa ja Santalahdessa, mutta laitteesta käytettiin vain beetasäteilyn vaimenemiseen perustuvaa pitoisuutta. Erilaisista mittausmenetelmistä johtuen hiukkasmittausten tulokset eivät ole sellaisenaan täysin vertailukelpoisia. Hyytiälän tausta-aseaman mittauksista ei esitetä hiukkaspitoisuuksia loka-joulukuulta 2016 liian pienen mittausaineiston vuoksi.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyi kevätpölykaudella 2016 Naistenlahden ja Santalahden sekä Pirkankadun mittausasemilla. Naistenlahdessa ja erityisesti Santalahdessa hiukkaspitoisuudet olivat sekä ohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina että kuukausikeskiarvoina kesä- ja syysaikaan suurempia kuin Epilän ja Pirkankadun mittausasemalla. Kevätpölykaudella Pirkankadulla mitatut hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat kuitenkin selvästi suurempia kuin Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitatut pitoisuudet. Hyytiälän tausta-aseamalla mitatut pitoisuudet olivat etenkin kevätpölykaudella pieniä verrattuina Tampereen kaikilla mittausasemilla mitattuihin pitoisuuksiin.



Kuva 30. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-aseamalla vuonna 2016. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

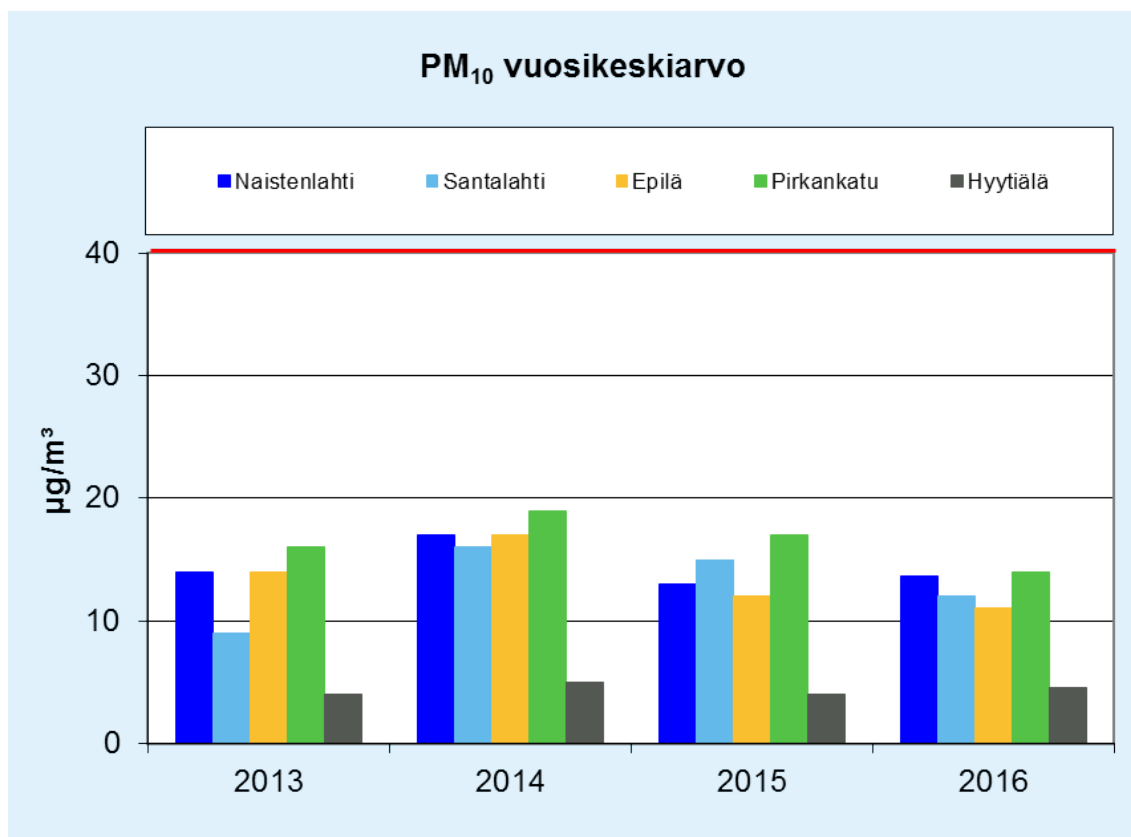


Kuva 31. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2016.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvon ylitykset ovat yleisiä maamme taajamissa kevätkuukausina, jolloin hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan. 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. Santalahdessa työmaa-alue on useita hehtaareita kooltaan ja se on lumien sulettua kokonaan ilman kasvillisuuspeitettä. Työmaa-alue pölyää kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatoita tehtäisikään.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, 50 µg/m³, ylittyi Naistenlahdessa ja Santalahdessa 8 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Vastaavasti Pirkankadulla vuorokausiraja-arvon taso ylittyi 9 kertaa ja Epilässä 5 kertaa.

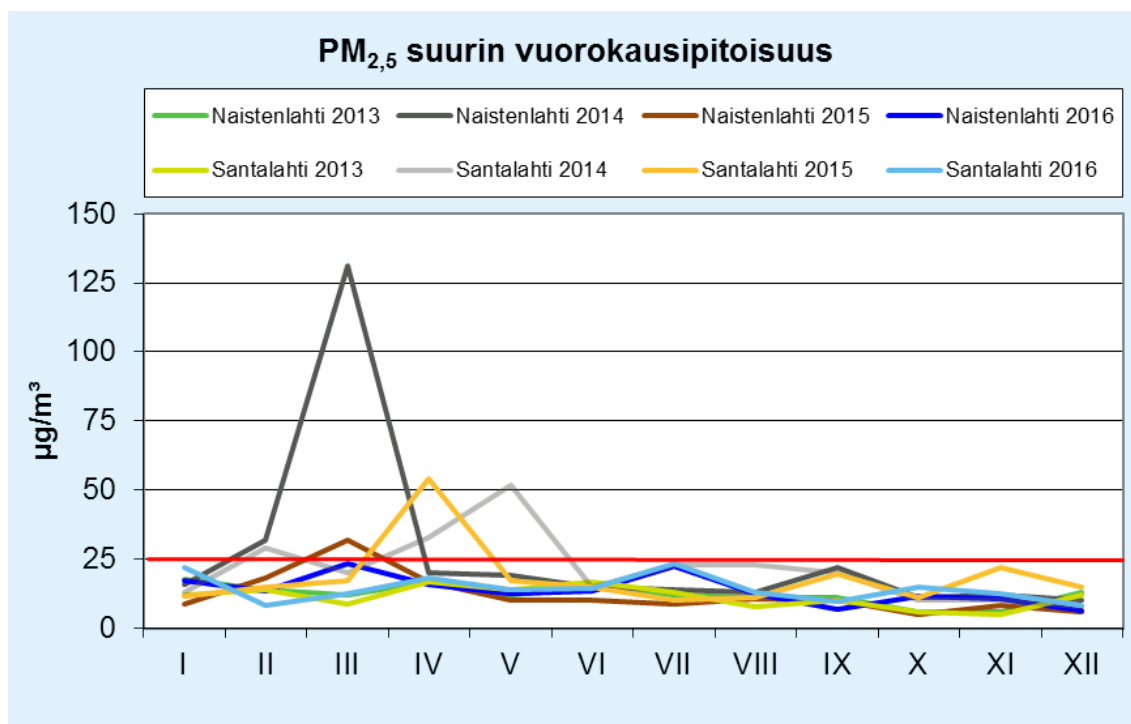
Kuvassa 32 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla. Kaikilla mittausasemilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet selvästi alle hengitettävien hiukkasten pitoisuuden raja-arvon (40 µg/m³). Vuosikeskiarvot ovat vaihdelleet jonkin verran vuosina 2013–2016 kaikilla mittausasemilla. Naistenlahdessa vuosikeskiarvo oli vuonna 2016 sama kuin mitausten alussa vuonna 2013. Santalahdessa hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo oli vuonna 2016 korkeampi kuin mitausten alkaessa.



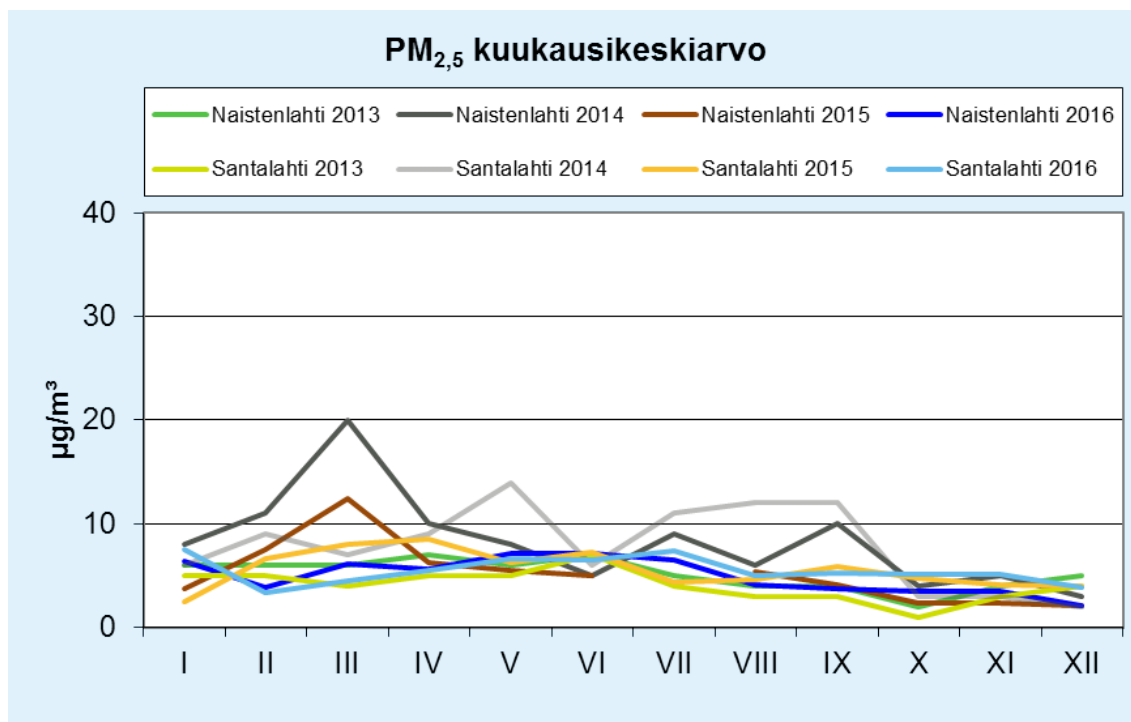
Kuva 32. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuosikeskiarvopitoisuudet Tampereella ja Hyytiälän tausta-aseamalla vuosina 2013–2016. Raja-arvotaso, 40 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Pienhiukkaset

Pienhiukkasten suurimmat vuorokausipitoisuudet sekä kuukausikeskiarvopitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2016 pääosin samaa tasoa kuin aiempina mittausvuosina (kuvat 33 ja 34).



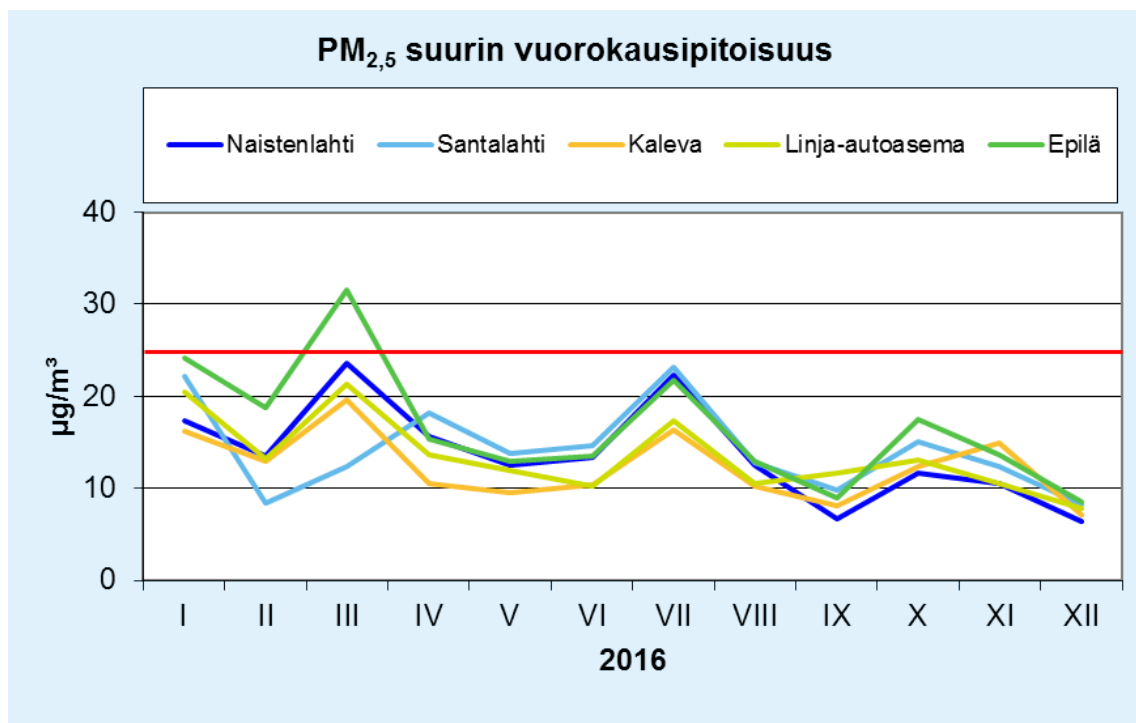
Kuva 33. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) suurimmat vuorokausipitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013–2016. WHO:n ohjearvo, 25 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



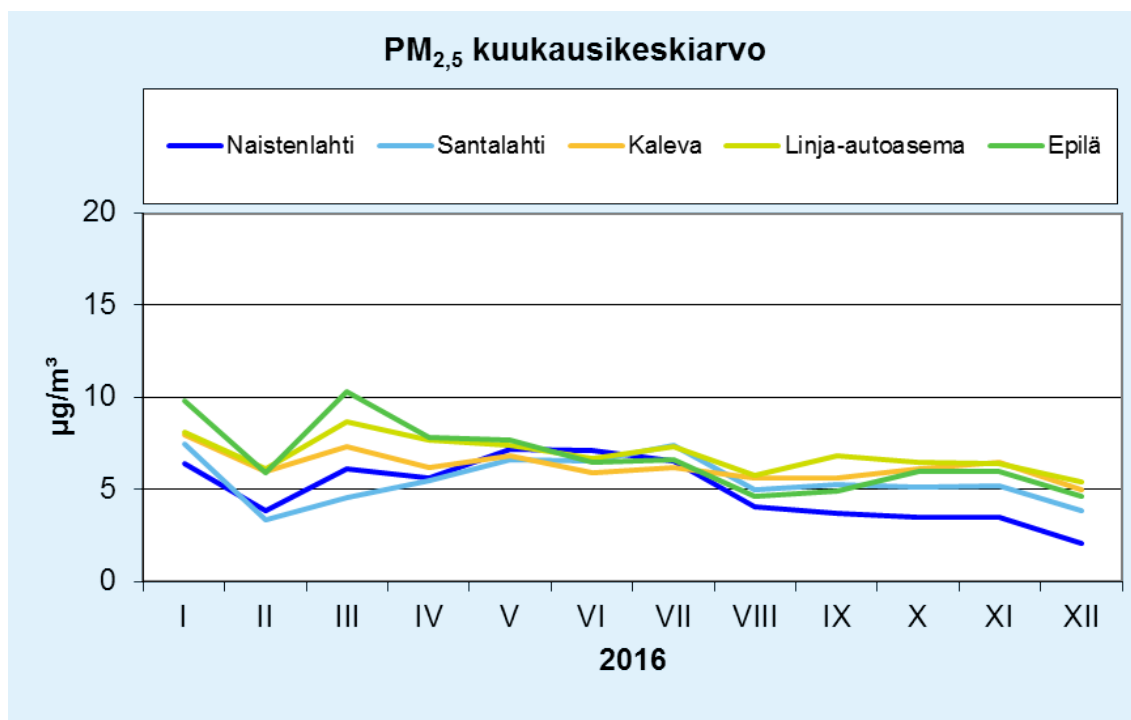
Kuva 34. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) kuukausikeskiarvopitoisuudet Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013–2016.

Kuvissa 35 ja 36 on esitetty pienhiukkasten suurimmat vuorokausipitoisuudet ja kuukausikeskiarvopitoisuudet vuodelta 2016 Naistenlahdessa ja Santalahdessa sekä Tampereen Epilässä, Linja-autoasemalla ja Kalevassa, jotka ovat Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemia (*Tampereen kaupunki, 2017*). Tampereen kaupungin mittausasemista Epilä on tyypiltään liikenneasema. Kalevan ja Linja-autoaseman mittausasemat edustavat ns. kaupunkitaustaa. Epilässä mittalaitteena on laserdiffraktioon perustuva Grimm 180, Linja-autoasemalla ja Kalevassa TEOM 1400a, jonka mittausperiaate on värähtelevä mikrovaaka. Erilaisista mittausmenetelmistä johtuen pienhiukkasmittausten tulokset eivät ole sellaisenaan täysin vertailukelpoisia.

WHO:n ohjearvo vuorokausikeskiarvolle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt kertaakaan vuoden 2016 aikana Naistenlahdessa, Santalahdessa, Kalevassa ja Linja-autoasemalla. Epilän mittausasemalla WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyi yhden kerran (kuva 35). Pienhiukkaspitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa kuukausikeskiarvoina tarkasteltuna pääsääntöisesti pienempiä kuin Tampereen kaupungin mittausasemilla (kuva 36).

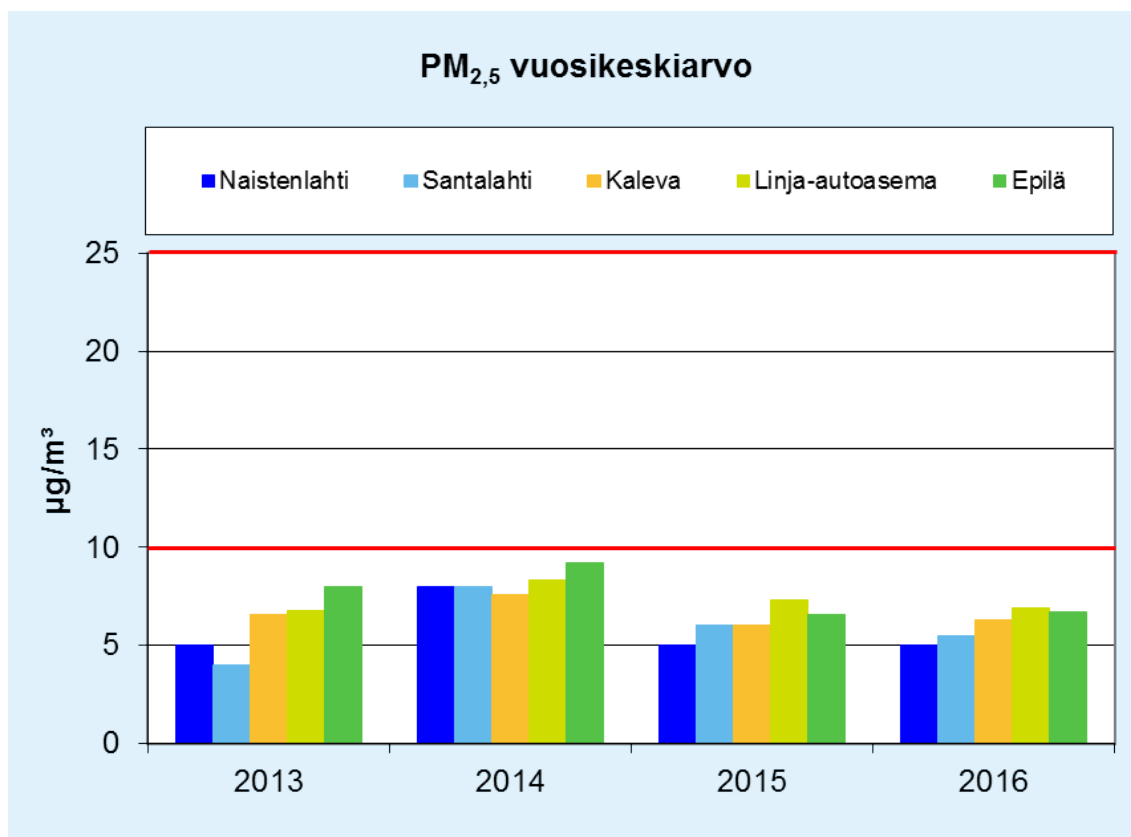


Kuva 35. Pienhiukkasten suurimmat vuorokausipitoisuudet kuukausittain vuonna 2016. WHO:n ohjearvotaso, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 36. Pienhiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella eri mittausasemilla vuonna 2016.

Kuvassa 37 on esitetty pienhiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-aseamalla. Kaikilla mittausasemilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet selvästi alle pienhiukkasten pitoisuuden raja-arvon ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sekä WHO:n vuosipitoisuuksille antaman ohjearvon ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vuosikeskiarvot ovat vaihdelleet jonkin verran vuosina 2013–2016 kaikilla mittausasemilla. Naistenlahdessa vuosikeskiarvo oli vuonna 2016 sama kuin mittausten alussa vuonna 2013. Santalahdessa pienhiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo oli vuonna 2016 korkeampi kuin mittausten alkaessa.

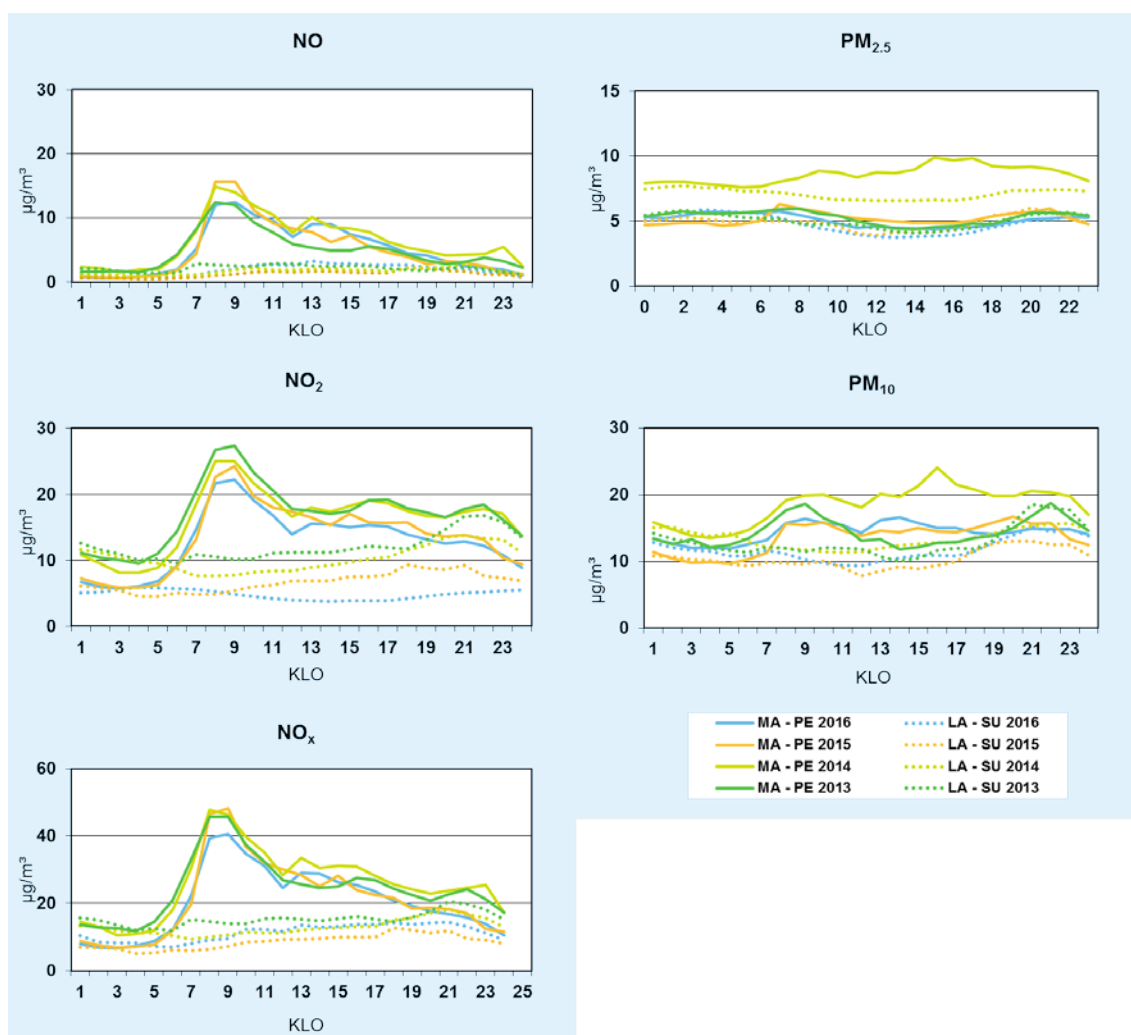


Kuva 37. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosikeskiarvopitoisuudet Tampereella vuosina 2013–2016. Raja-arvotaso 25 µg/m³ ja WHO:n ohjearvotaso, 10 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisilla vaakaviivoilla.

Pitoisuudet kellonajan mukaan

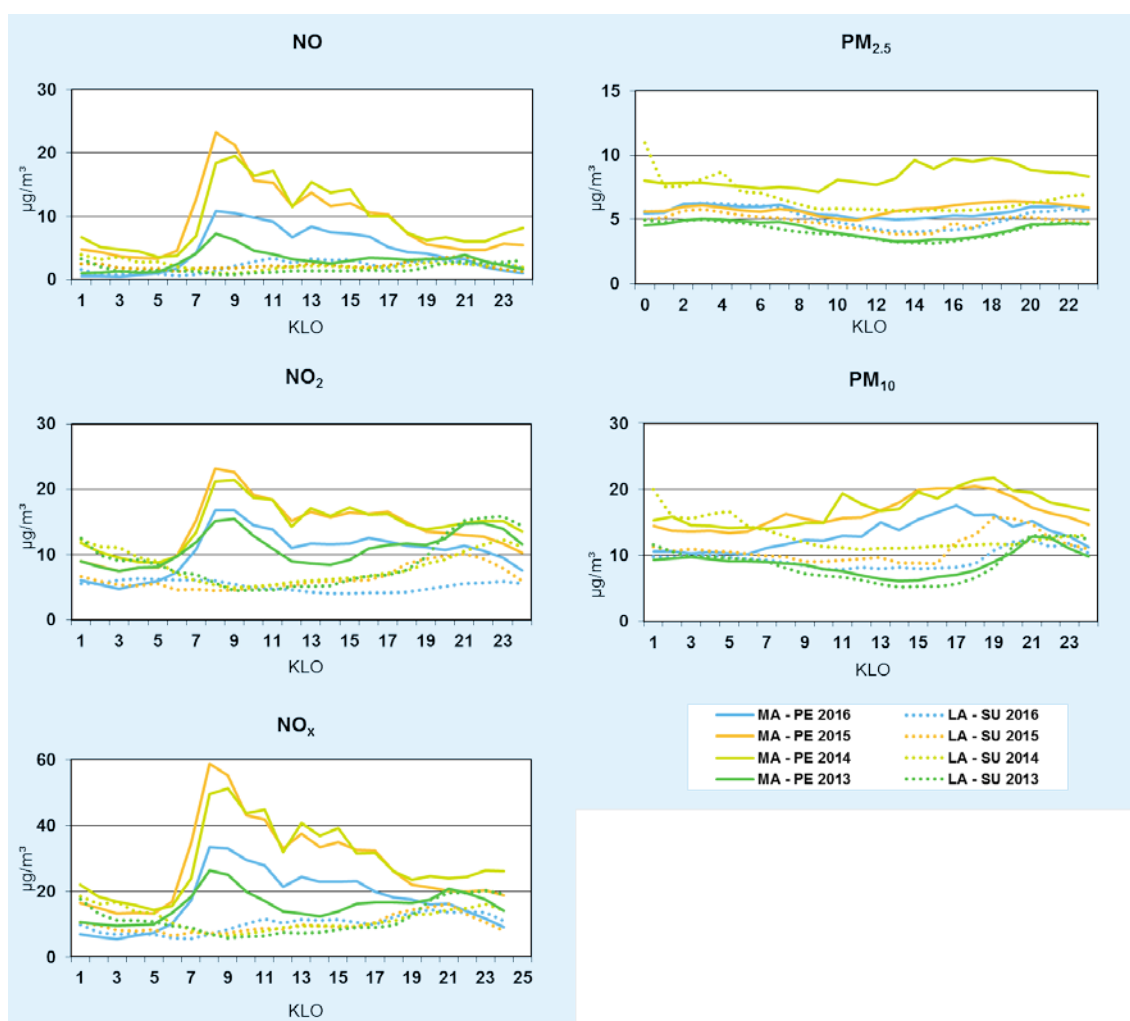
Kuvissa 38 ja 39 on verrattu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typenoksidien kokonaismäärän sekä pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Naistenlahdessa ja Santalahdessa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai) vuosina 2013–2016. Vuosi 2013 edustaa tilannetta ennen tunnelin rakennusvaiheen alkamista ja vuodet 2014–2016 tunnelin erilaisia rakennusvaiheita, räjäytys- ja maanrakennustöiden painottuessa etenkin vuosille 2014 ja 2015.

Naistenlahdessa vuonna 2014 hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet ovat olleet arkisin ja pienhiukkasten pitoisuudet myös viikonloppuisin selvästi korkeammalla tasolla muihin vuosiin verrattuna (kuva 38). Tunnelilouhinta alkoi tunnelin molemmissa päissä helmikuussa 2014. Hiukkaspitoisuuksiin erityisesti vaikuttavia töitä olivat räjäytysten jälkeiset tunnelituuletukset sekä louheenajo. Räjäytykset ja niiden jälkeinen tuuletus tehtiin pääsääntöisesti iltapäivällä ja illalla. Louheenajoa tehtiin pääsääntöisesti yöaikaan. Viikonloppuisin ei tehty räjäytystöitä eikä louheenajoa.



Kuva 38. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO_2), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) ja hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma-pe) ja viikonloppuisin (la-su) Naistenlahdessa vuosina 2013 ja 2016.

Santalahdessa vuonna 2014 ja 2015 typenoksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat olleet arkisin selvästi korkeammalla tasolla muihin vuosiin verrattuna (kuva 39). Santalahden mittausaseman ympäristö muuttui vuoden 2014 aikana suuresti. Lumien sulamisesta lähtien Santalahden mittausaseman ympäristössä oli käynnissä maankaivuutöitä, pilaantuneiden maiden seulontaa, louheen ajoa ym. työmaan töitä. Lähes koko toukokuun ajan tehtiin aivan Santalahden mittausaseman välittömässä läheisyydessä kaasujohdon alitusporausta ja marraskuussa kivenmurskausta. Vuonna 2015 valtatie linjaus siirrettiin Santalahdessa lähemmäs ilmanlaadun mittausasemaa ja louheen murskausta ja maaperän seulontaa jatkettiin edelleen. Vuonna 2016 typen oksidien pitoisuudet olivat Santalahdessa jälleen lähempänä vuoden 2013 tasoa.



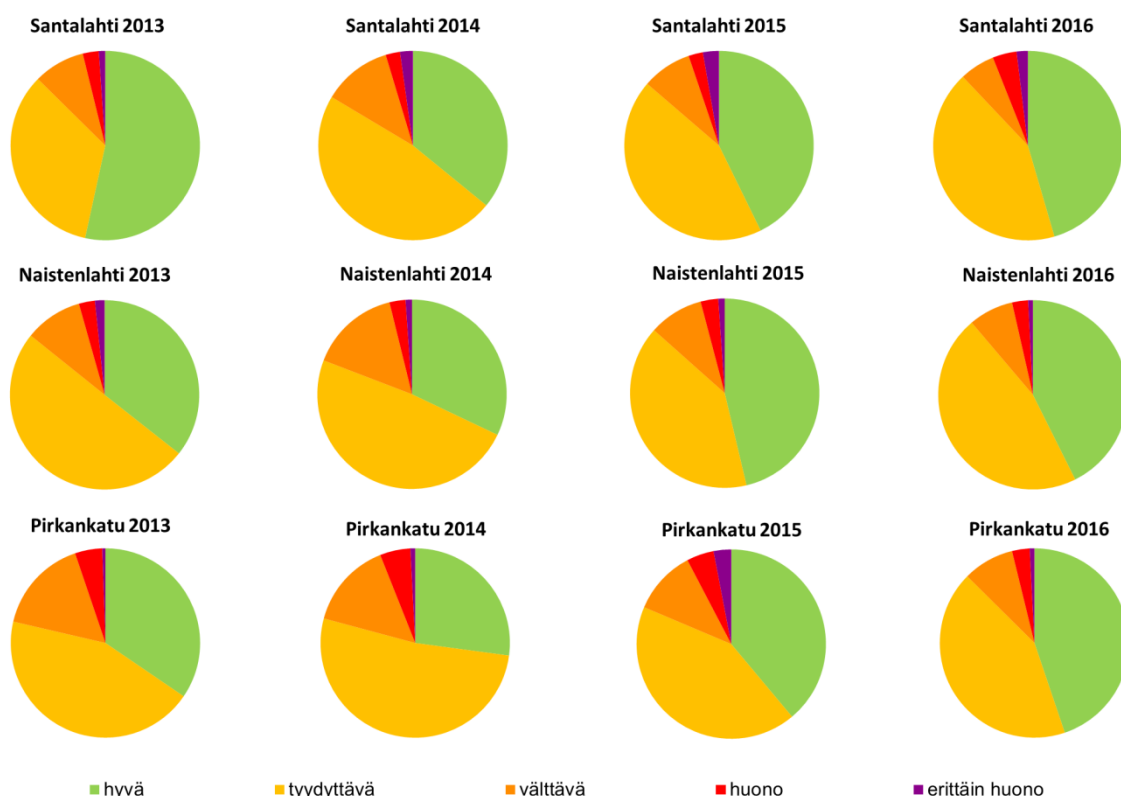
Kuva 39. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma–pe) ja viikonloppuisin (la–su) Santalahdessa vuosina 2013 ja 2016.

Ilmanlaatuindeksi

Ilmanlaatuindeksin avulla arvioiden ilmanlaatu Naistenlahdessa ja Santalahdessa oli vuonna 2016 suunnilleen samantasoista kuin ilmanlaatu Tampereen Pirkankadulla. Ilmanlaatu oli vuonna 2016 kaikilla kolmella mittausasemalla hyvää tai tyydyttävää noin 320 päivänä eli noin 87 % päivistä (kuva 40). Hyvän tai tyydyttävän ilmanlaadun päivien osuus lisääntyi vuonna 2016 kaikilla mittausasemilla edellisvuoteen 2015 verrattuna.

Ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa Santalahdessa 22 päivänä (6 % päivistä), Naistenlahdessa 13 päivänä (4 %) ja Pirkankadulla 14 päivänä (4 %). Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat pienhiukkasten ja hengitettävien

hiukkasten korkeista pitoisuuksista. Pirkankadulla huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet ajoittuivat lähes yksinomaan maaliskuun kevätpölykaudelle, mutta Naistenlahdessa ja Santalahdessa oli yksittäisiä huonon ilmanlaadun päiviä myös muina vuodenaikoina. Kevään katupölykauden voimakkuuteen vaikuttaa suuresti kevään säätila, joten pölypäivien määrä vaihtelee vuodesta toiseen. Sateinen ja leuto kevät vähentää pölyämistä ja nopeuttaa katujen puhdistuksen alkamista. Vuonna 2015 kevätpölykausi oli Etelä- ja Keski-Suomessa poikkeuksellisen vaikea, mutta vuonna 2016 pölyisiä päiviä oli tavanomainen määrä.

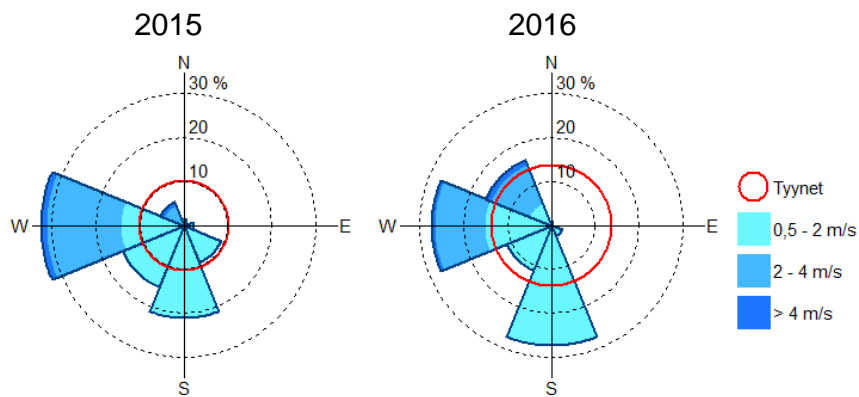


Kuva 40. Ilmanlaatu Tampereen Santalahdessa, Naistenlahdessa ja Pirkankadulla vuosina 2013–2016 ilmanlaatuindeksin väreillä kuvattuna.

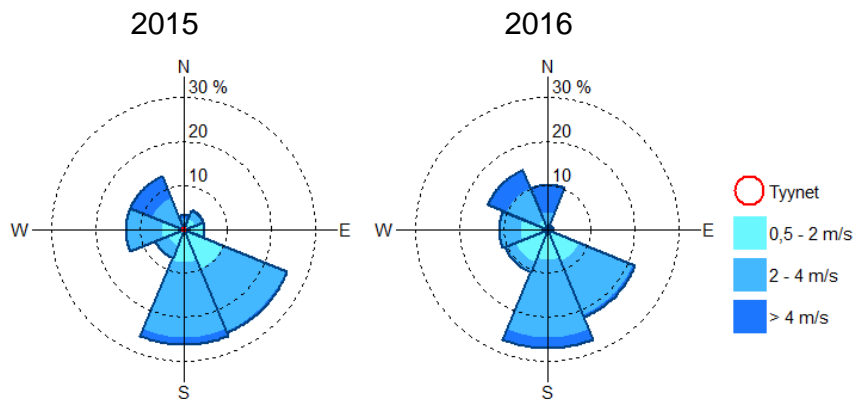
6.5 Pitoisuudet tunnelin auettua liikenteelle

Tampereen tunneli avattiin autoliikenteelle tiistaina 15.11.2016. Edellä esitetyt vuoden 2016 ilmanlaatumittausten tulokset kuvaavat siten vielä pääosin tunnelin rakennusvaiheen ilmanlaatuutilannetta. Tunnelin liikenteelle avaamisen jälkeen mitattuja pitoisuuksia on seuraavassa verrattu vastaavalla ajanjaksolla (15.11.–31.12.) edellisessä vuonna Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitattuihin pitoisuustuloksiin. Kuvissa 41 ja 42 on esitetty tuuliruusut mittausasemilla näiden havaintojaksojen aikana havaituista tuulista ja kuvissa 43–46 pitoisuusruusut vastaavilla jaksoilla havaituista

typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvoista. Pitoisuusvertailuja voidaan kuitenkin pitää vain suunta-antavana, koska havaintojakso on niin lyhyt (1,5 kk), jolloin havaintoaineistossa on mukana vain rajallinen määrä erilaisia pitoisuuksiin vaikuttavia säätilanteita ja tuulensuuntia. Vertailuun valittiin sama ajanjakso eri vuosilta, jotta pitoisuusmittausten aikana vallinneet sää- ja tuuliolosuhteet Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla olisivat mahdollisimman samanlaiset. Tuuliruusuista (kuvat 41 ja 42) voidaankin havaita, että tällä tarkastelujaksolla eri vuosien tuuliolosuhteet olivat molemmilla mittausasemilla hyvin samankaltaiset.



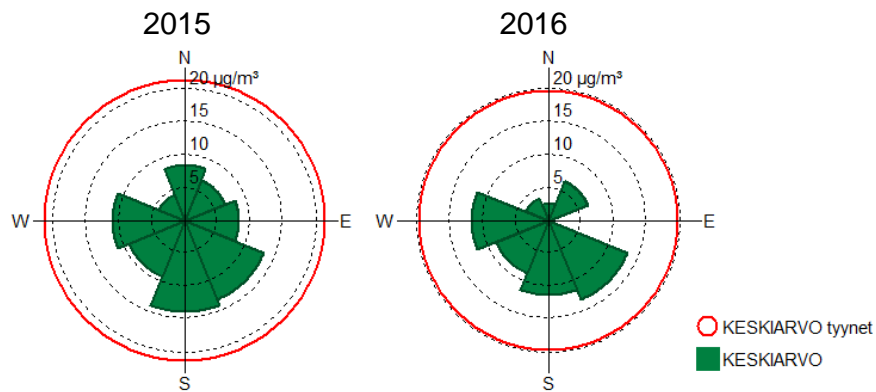
Kuva 41. Tuuliruusu Naistenlahden ilmanlaadun mittausasemalla havaituista tuulista jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).



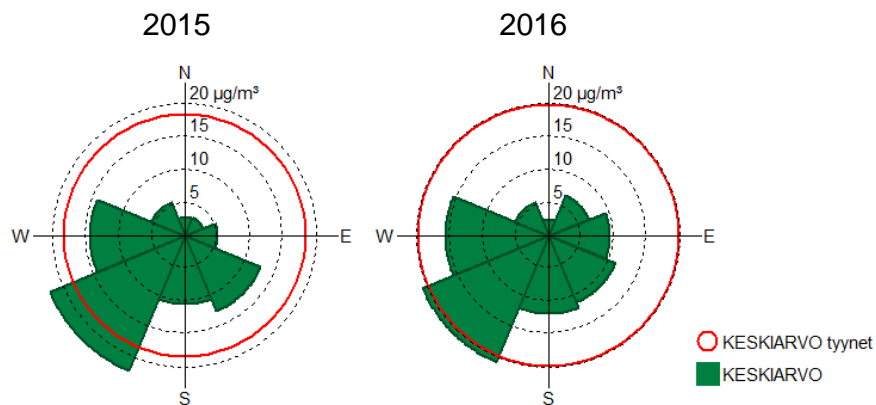
Kuva 42. Tuuliruusu Santalahden ilmanlaadun mittausasemalla havaituista tuulista jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).

Typpidioksidin tuntipitoisuuksien keskiarvoista piirretyt pitoisuusjakaumat olivat muodoltaan molemmilla mittausasemilla eri vuosina hyvin toistensa kaltaisia ja myös pitoisuustasot olivat samansuuruisia (kuvat 43 ja 44). Vuonna 2015 Naistenlahden mittausasemalla havaittiin tarkastelujaksolla jonkin verran kohonneita pitoisuuksia

pohjoisesta, Naistenlahden voimalaitoksen ja valtatie 12 suunnasta tulevien tuulien aikana, mutta vastaavaa ei havaittu vuonna 2016. Naistenlahdessa havaittiin koho-neita pitoisuuksia tuulen käydessä tunnelin suuaukolta päin (lännenpuoleiset tuulen-suunnat) mutta pitoisuustasot olivat samansuuruisia ennen tunnelin käyttöönottoa ja tunnelin käyttöönoton jälkeen. Santalahdessa korkeimmat typpidioksidipitoisuudet havaittiin molemmilla tarkastelujaksoilla lounaanpuoleisilla tuulensuunnilla eli tuulen käydessä valtatie 12 ja Paasikivenkadun sillan suunnasta.



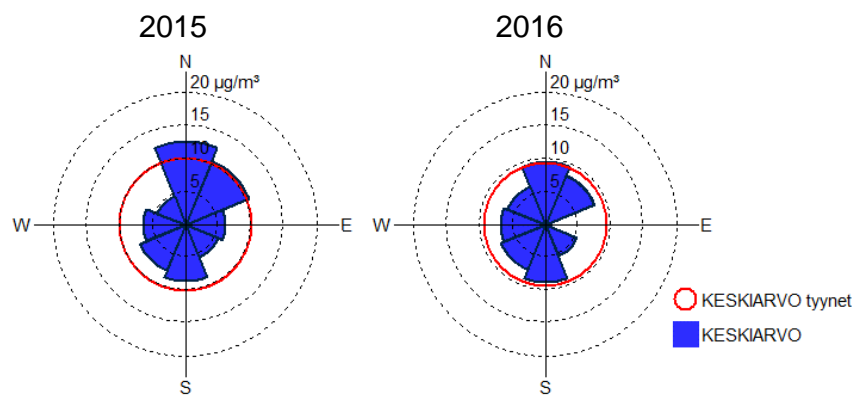
Kuva 43. Typpidioksidin (NO_2) tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Naistenlahdessa jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja jaksolla 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).



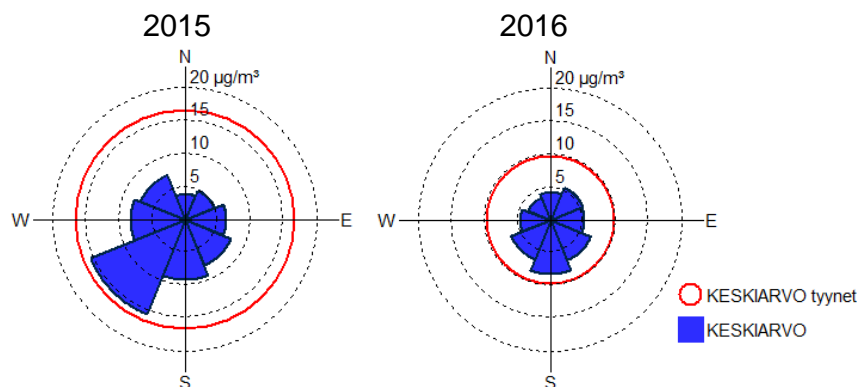
Kuva 44. Typpidioksidin (NO_2) tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Santalahdessa jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja jaksolla 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvoista piirretyt pitoisuusjakaumat olivat Naistenlahden mittausasemalla muodoltaan toistensa kaltaisia eri vuosina (ku-

va 45). Korkeimmat pitoisuudet havaittiin etenkin vuonna 2015 Naistenlahden voimalaitoksen ja valtatie 12 suunnasta tulevien tuulien aikana (pohjoisenpuoleiset tuulensuunnat). Naistenlahdessa ei juurikaan havaittu kohonneita hiukkaspitoisuuksia tuulen käydessä tunnelin suuaukolta päin (lännenpuoleiset tuulensuunnat). Santalahdessa (kuva 46) korkeimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet havaittiin vuonna 2015 lounaanpuoleisilla tuulensuunnilla ja vuonna 2016 etelänpuoleisilla tuulensuunnilla eli tuulen käydessä valtatie 12 suunnasta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin hiukan pienempiä tunnelin käyttöönoton jälkeen vuonna 2016 kuin rakennusvaiheen aikana vuonna 2015.



Kuva 45. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Naistenlahdessa jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).



Kuva 46. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Santalahdessa jaksolla 15.11.–31.12.2015 (vasen kuva) ja 15.11.–31.12.2016 (oikea kuva).

7 YHTEENVETO

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaatumittaukset Tampereella Valtatien 12 tunnelihankkeen suunnitteluvaiheessa 20.12.2012. Mittaukset aloitettiin vuosi ennen tunnelin varsinaisen rakennushankkeen alkamista ja niitä on jatkettu yhtäjaksoisesti koko hankkeen toteutusvaiheen ajan. Tunnelin suunnitteluvaiheen ilmanlaatumittausten tavoite oli hankkia tietoa ilmanlaadusta tulevan tunnelin suuaukkojen läheisyydestä ennen tunnelin rakentamista. Vuoden 2013 lopulla hankkeessa siirryttiin toteutusvaiheeseen ja tunnelilouhinta saatiin valmiiksi kesällä 2015. Tunneli otettiin käyttöön autoliikenteelle 15.11.2016. Tunnelin avaamisen jälkeen rakennetaan vielä Naistenlahden eritasoliittymän pohjoisosan rampit ja katuyhteydet sekä tehdään viimeistelytyötä alueella. Mittaukset jatkuvat myös vuonna 2017 tunnelin käyttöönoton jälkeen. Tässä raportissa on tarkasteltu tunnelin suualueiden ilmanlaatua vuoden 2016 aikana.

Rakennettavan tunnelin suualueilla Naistenlahdessa ja Santalahdessa sijaitsevilla mittausasemilla mitattiin ulkoilmasta typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Nämä ovat oleellimmat kaupunki-ilmanlaatuun vaikuttavat ilman epäpuhtaudet ja myös tärkeimmät Rantatunnelihankkeen ilmanlaatuvaikutuksia kuvaavat pitoisuudet. Näille ilman epäpuhtauksille on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Pitoisuustulosten tulkintaa varten mittausasemilla mitattiin myös säätietoja. Ilmanlaatumittausten tuloksia voi seurata reaaliaikaisesti verkkosivujen välityksellä. Liikenneviraston [www.sivuilla \(www.liikennevirasto.fi/rantatunneli\)](http://www.sivuilla(www.liikennevirasto.fi/rantatunneli) on linkki mittaustietojen seurantasivuille. Sivustoilla esitetään tunneittain päivittyvät typenoksidi- ja hiukkaspitoisuudet, säätiiedot sekä ilmanlaatua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Tunnelihankkeen mittausasemilla Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet kotimaisia ilmanlaadun ohjearvoja vuonna 2016. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyi kevätpölyn takia Naistenlahdessa ja Santalahdessa kuten myös Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemalla Pirkankadulla.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2016 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaadun raja-arvoja. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi sekä Naistenlahdessa että Santalahdessa 8 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Ylitykset aiheutuivat teiden ja pintojen pölyämisestä etenkin kevään katupölykaudella.

Pienhiukkaspitoisuuksien vuosiraja-arvo ei ylittynyt kummassakaan mittauspisteessä. WHO:n pienhiukkasten vuosikeskiarvolle ja vuorokausikeskiarvolle antamat ohjearvot alittuivat Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla. Tampereen kaupungin Epilän mittausasemalla WHO:n ohjearvo pienhiukkasten vuorokausikeskiarvolle ylittyi kerran. WHO:n ohjearvo on suosituksenomainen eikä se ole osa Suomen ilmansuojelulainsäädäntöä.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallinnutta ilmanlaatuilannetta sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono. Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksia. Maalis-huhtikuussa katupölykaudella ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa Naistenlahdessa ja Santalahdessa useina päivinä. Samaan aikaan ilmanlaatu heikentyi myös Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemilla Pirkankadulla ja Epilässä. Tunnelin työmaatöiden johdosta ilmanlaatu oli huonoa Naistenlahdessa yksittäisinä päivinä myös katupölykauden ulkopuolella. Santalahdessa esiintyi huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun päiviä kaikkiaan Naistenlahtea useammin. Santalahden mittausaseman ympäristössä on laajalti maata paljaana ja ilman kasvillisuuspeitettä, mikä aiheuttaa pölyämistä kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatoita tehtäisikään.

Indeksillä arvioiden ilmanlaatu Naistenlahdessa ja Santalahdessa oli vuonna 2016 samantasoista kuin ilmanlaatu Tampereen Pirkankadulla. Hyvän ilmanlaadun päivien osuus lisääntyi kaikilla mittausasemilla edellisvuoteen 2015 verrattuna, jolloin kevät-pölykausi oli Etelä- ja Keski-Suomessa poikkeuksellisen vaikea. Ilmanlaatu oli Santalahdessa vuonna 2016 huonoa tai erittäin huonoa 22 päivänä ja Naistenlahdessa 13 päivänä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista ja ajoittuivat suurimmaksi osaksi maalis-huhtikuun katupölykaudelle. Vastaavasti ilmanlaatu Tampereen kaupungin Pirkankadun mittausasemalla oli vuonna 2015 huonoa tai erittäin huonoa 14 päivänä.

Tunnelin liikenteelle avaamisen jälkeen mitattuja pitoisuuksia verrattiin suuntaantavasti edellisenä vuonna vastaavalla ajanjaksolla (15.11.–31.12.) mitattuihin pitoisuustuloksiin. Vertailuun valittiin sama ajanjakso eri vuosilta, jotta pitoisuusmittausten aikana vallinneet sää- ja tuuliolosuhteet olisivat mahdollisimman yhtenevät. Pitoisuusvertailujen havaintojakso oli kuitenkin hyvin lyhyt (1,5 kk), joten havaintoaineistossa on mukana vain rajallinen määrä erilaisia pitoisuuksiin vaikuttavia säätilanteita ja tuulensuuntia. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien jakautuminen eri tuulensuunnille oli molemmilla mittausasemilla eri vuosina hyvin samankaltainen ja myös pitoisuustasot olivat samansuuruisia. Typpidioksidin pitoisuusjakaumista ennen tunnelin käyttöönottoa ja tunnelin käyttöönoton jälkeen ei voitu havaita merkittäviä eroja kummallakaan mittausasemalla. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Santalahden mittausasemalla keskimäärin hiukan pienempiä tunnelin käyttöönoton jälkeen vuonna 2016 kuin rakennusvaiheen aikana vuonna 2015.

8 VIITELUETTELO

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

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmastokatsaus. www.ilmastokatsaus.fi

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

Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P. ja Ruuhela, R., 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010. Ilmatieteen laitos, raportteja No. 2012:1. Helsinki.

Saari, H., Komppula, B., Pesonen, R. ja Lovén, K., 2014. Valtatie 12 Tampereen tunneli, Ilmanlaadun seuranta, Mittaustulokset vuodelta 2013. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

Saari, H., Komppula, B., Pesonen, R. ja Lovén, K., 2015. Valtatie 12 Tampereen tunneli, Ilmanlaadun seuranta, Mittaustulokset vuodelta 2014. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

Saari, H., Komppula, B. 2016. Valtatie 12 Tampereen tunneli, Ilmanlaadun seuranta, Mittaustulokset vuodelta 2015. Asiantuntijapalvelut - Ilmanlaatu ja energia, 58 s. + 30 liites.

SMEAR II, 2017. PM₁₀ ja NO₂ tulokset Hyytiälän tausta-asemalta vuodelta 2016. SMEAR II, Hyytiälän metsäasema, Fysiikan laitos ja Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto.

Tampereen kaupunki, 2017. Tampereen ilmanlaadun mittaustulokset, loka-joulukuu. Neljännesvuosiraportti 4/2016. Tampereen kaupunki, viranomaispalvelut, ympäristönsuojelu.

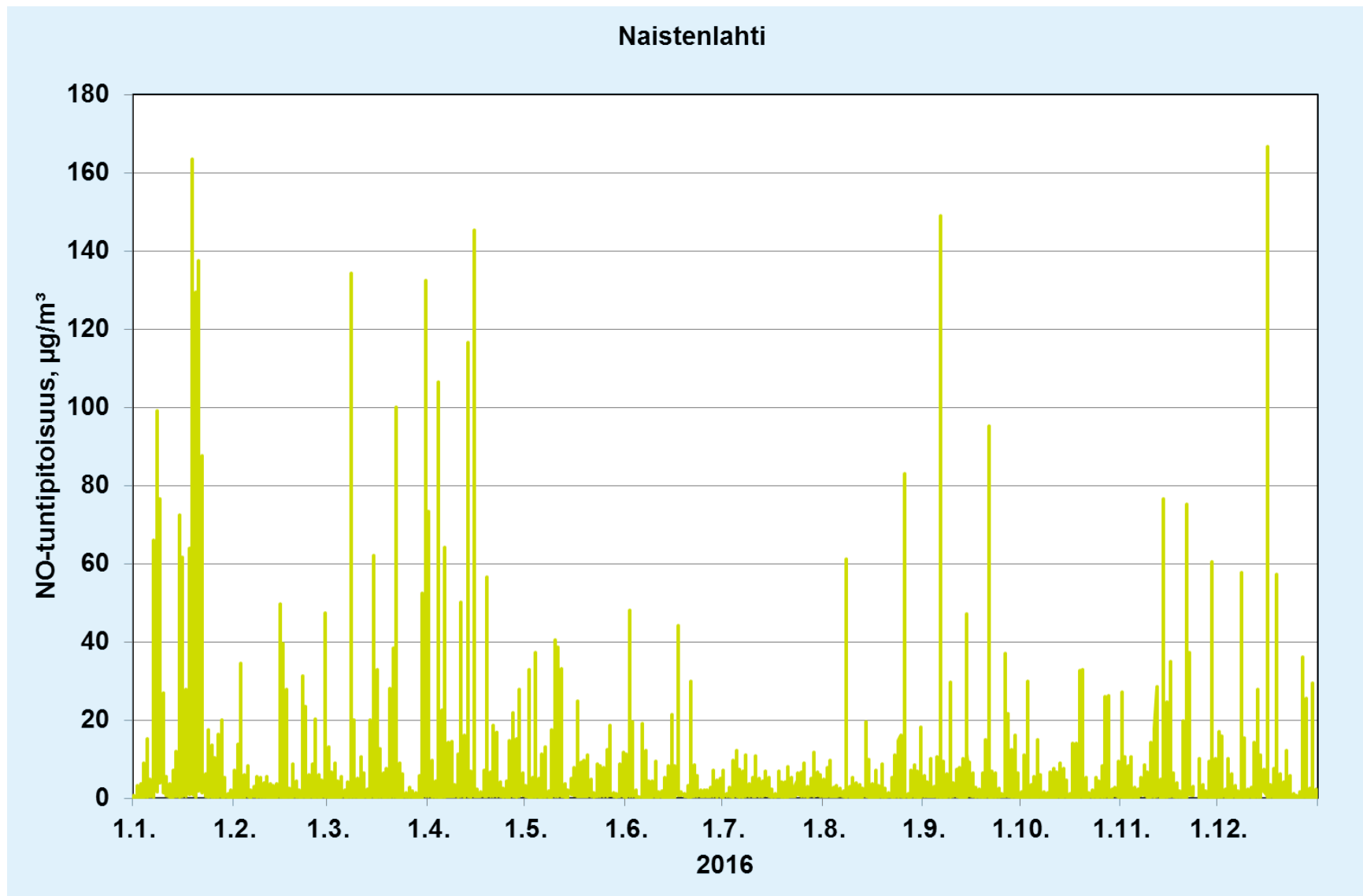
Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 26.1.2017.

Vnp 480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjeistoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

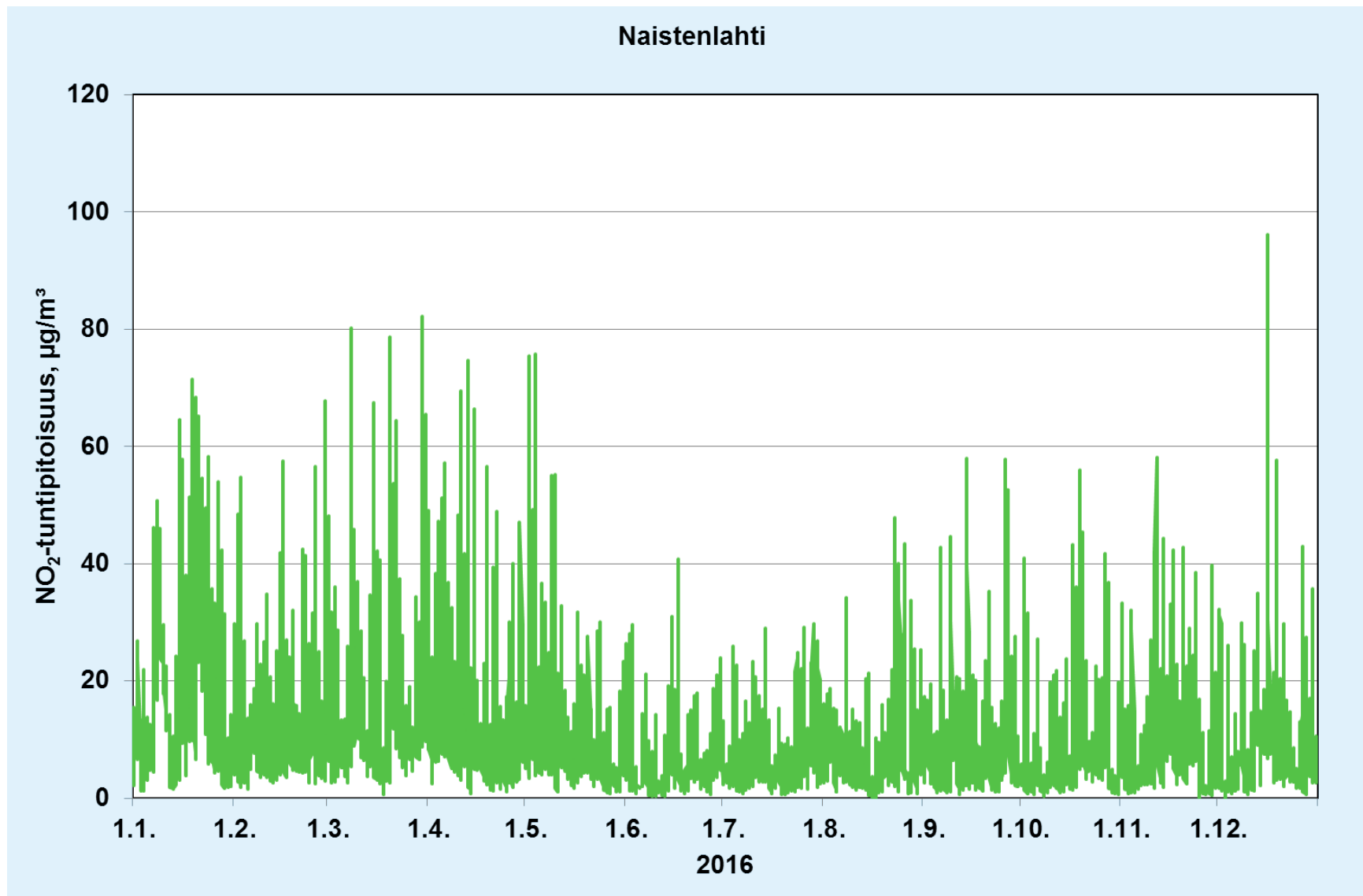
Walden, J., Hillamo, R., Aurela, M., Mäkelä, T. ja Laurila, S., 2010. Demonstration of the Equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀. Measurement Methods in Helsinki 2007–2008. Tutkimuksia 2010:3. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

WHO, 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. World Health Organization.

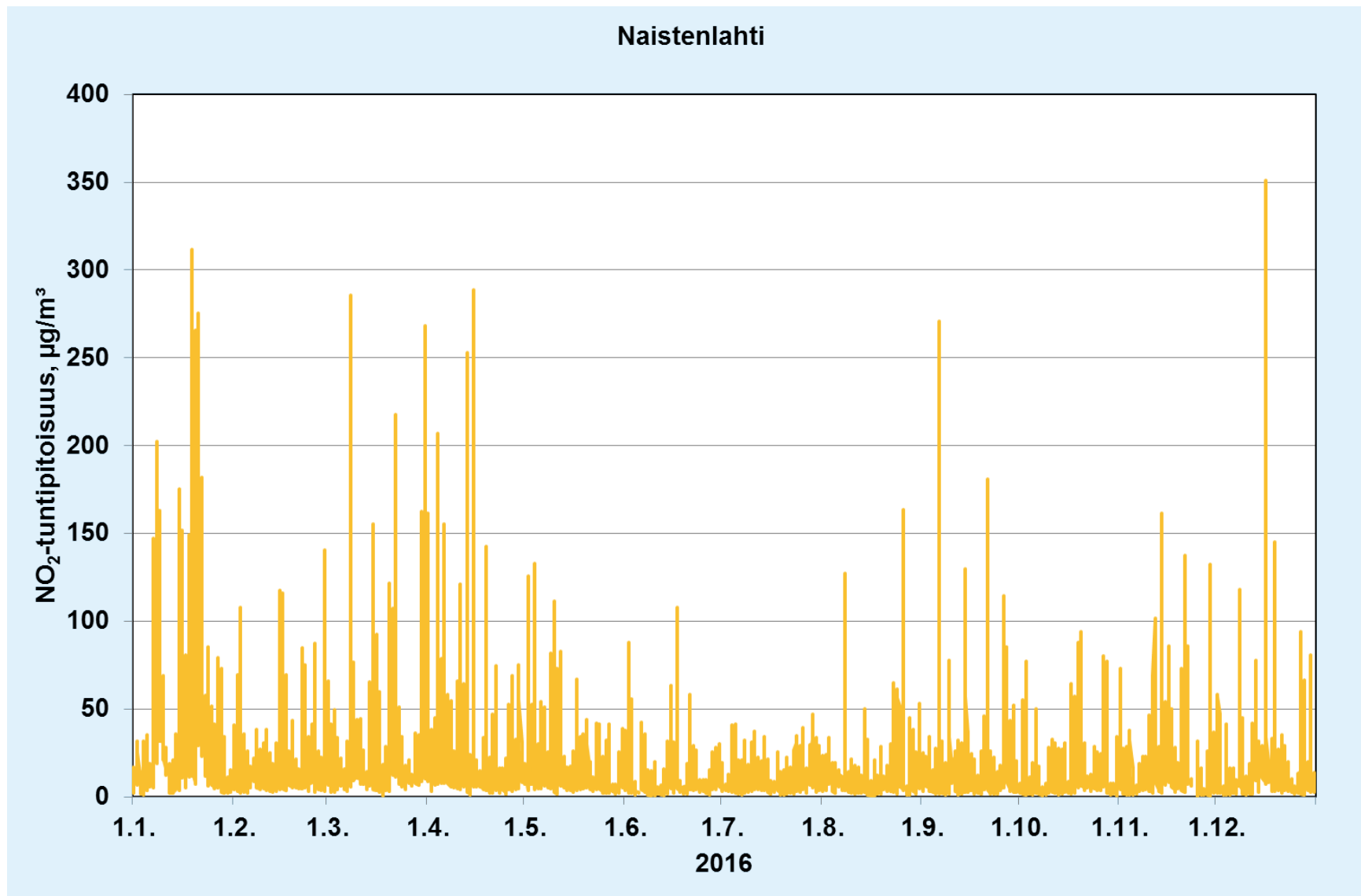
LIITEKUVAT



Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.

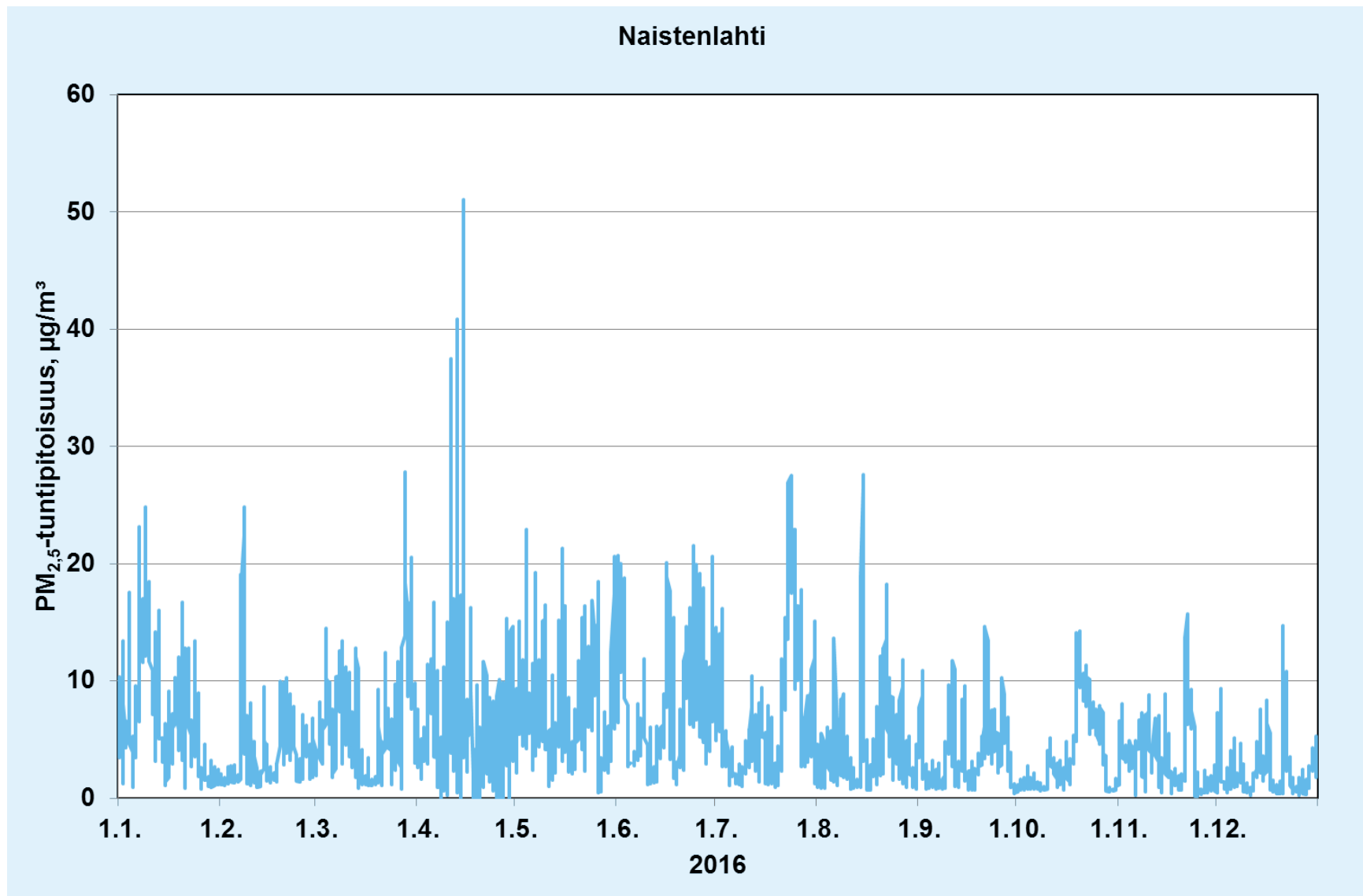


Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.

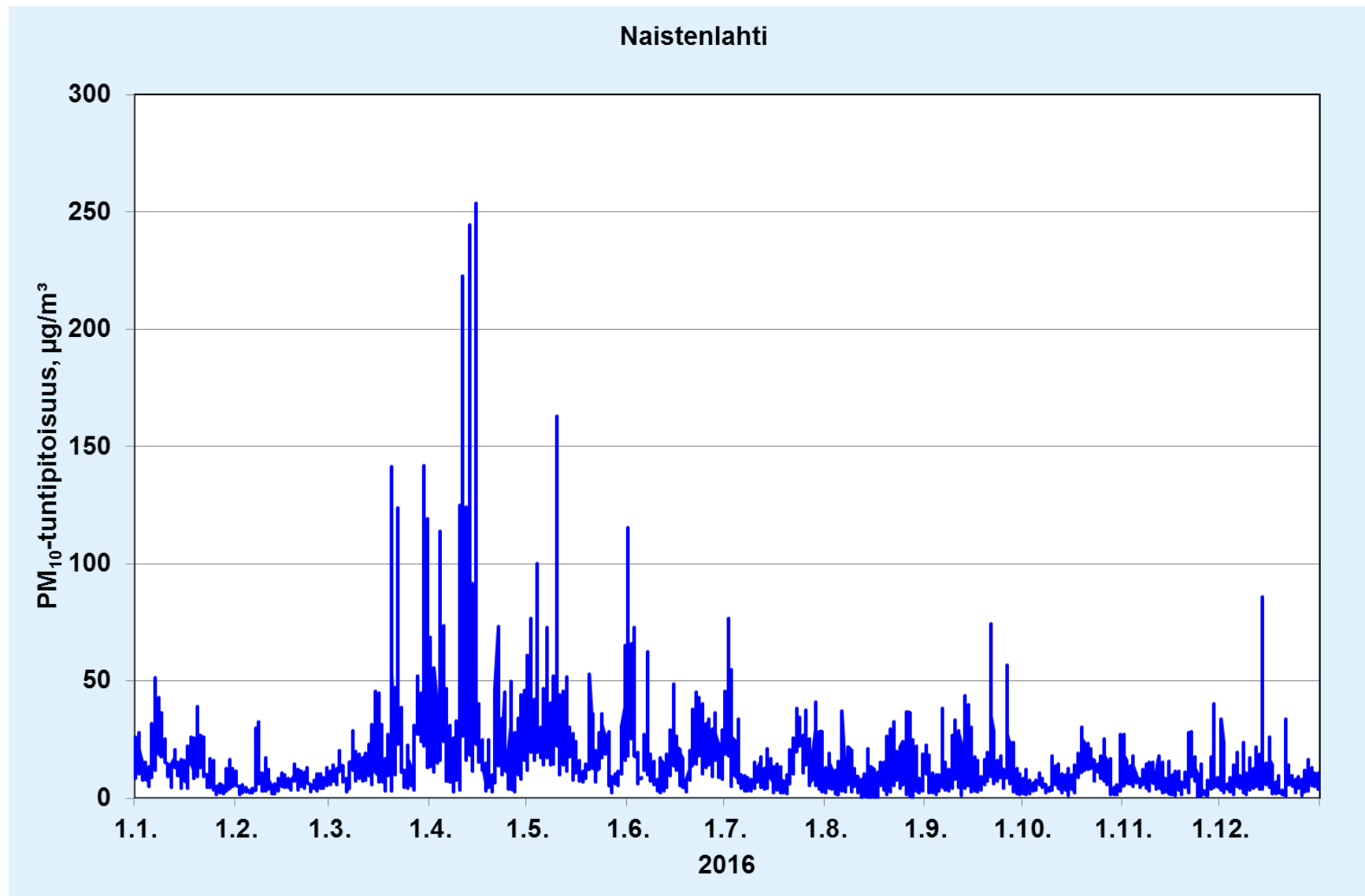


Liite-

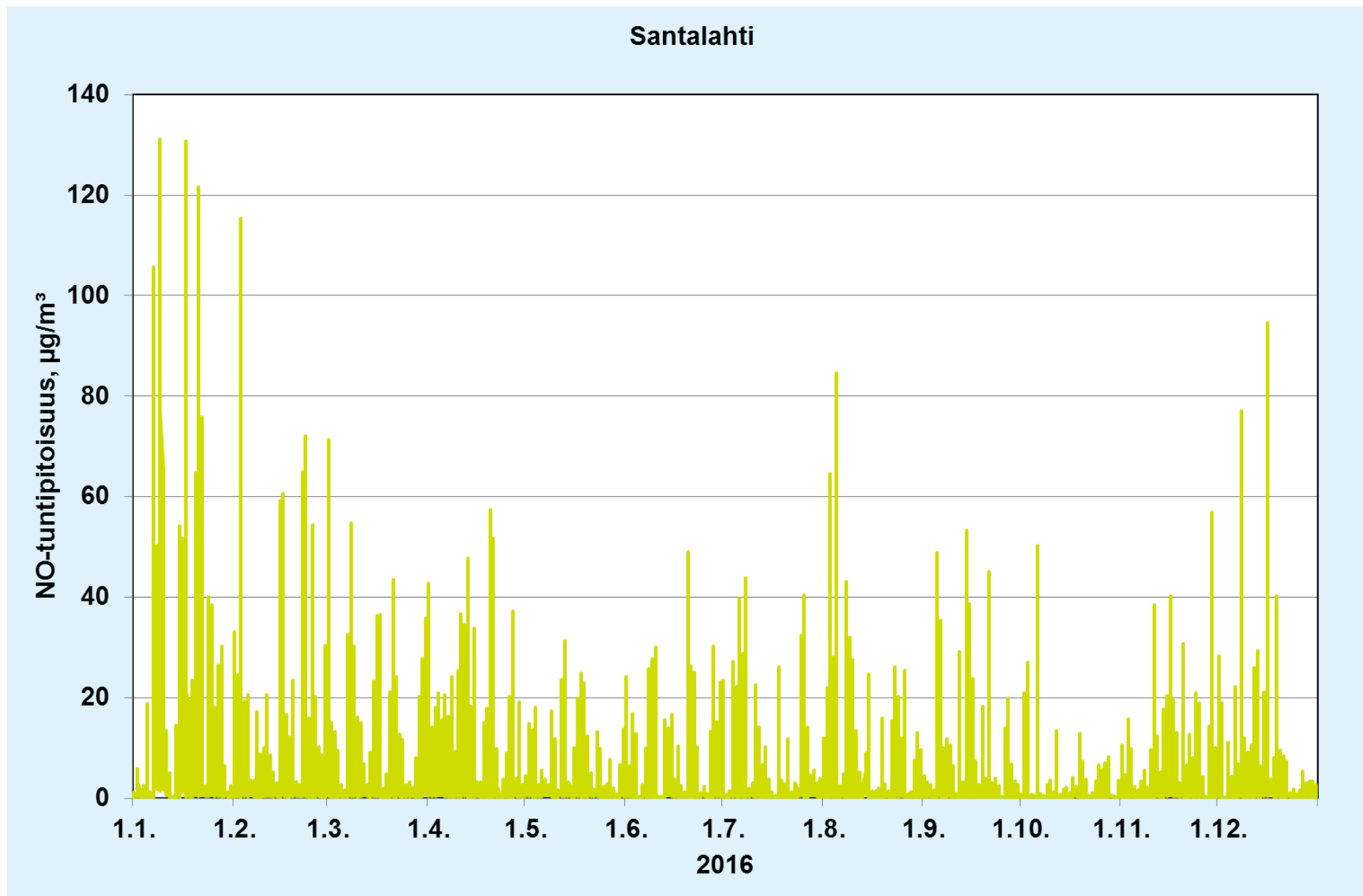
kuva 3. Tyksen oksidien (NO_x) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



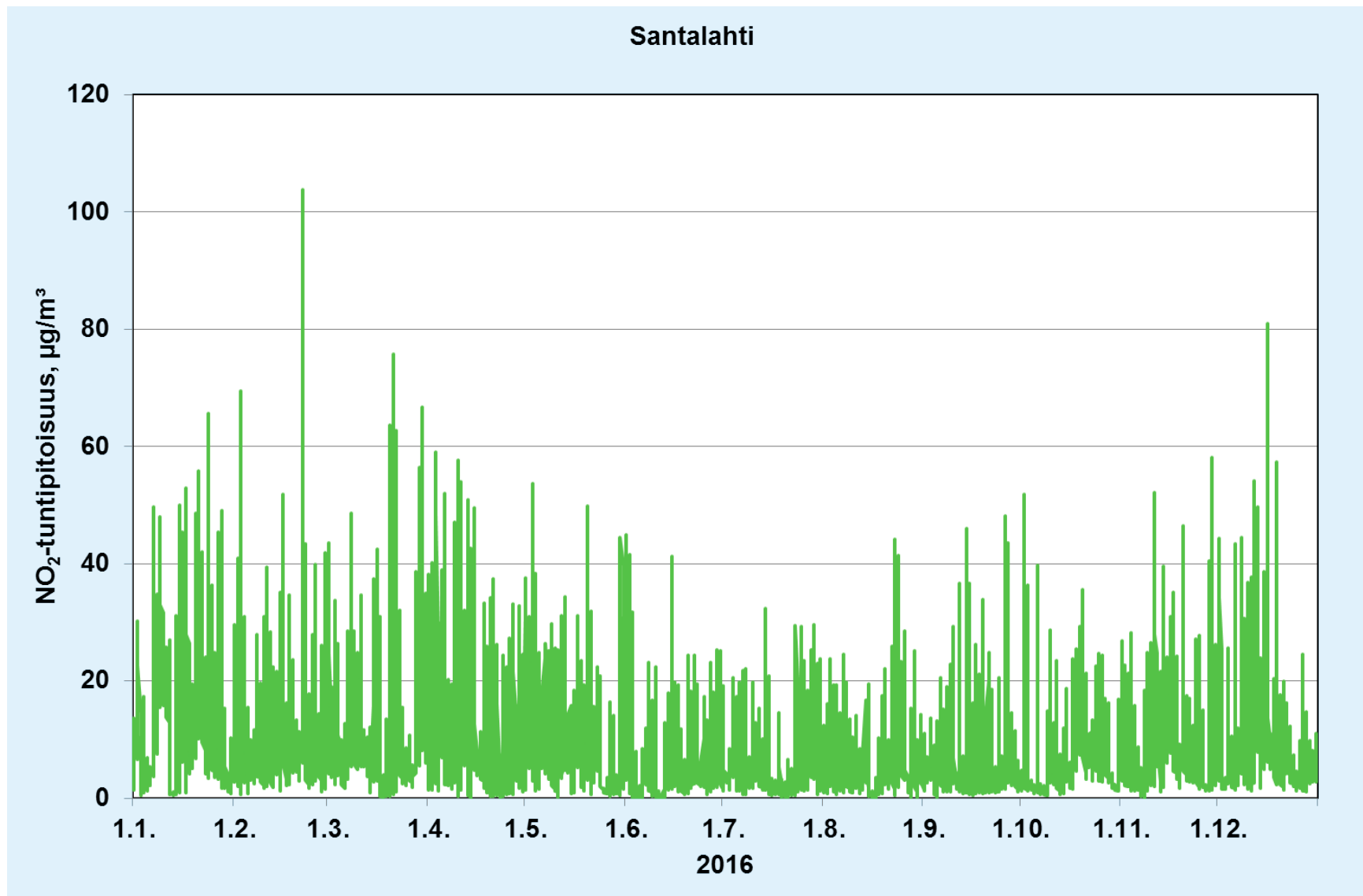
Liitekuva 4. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



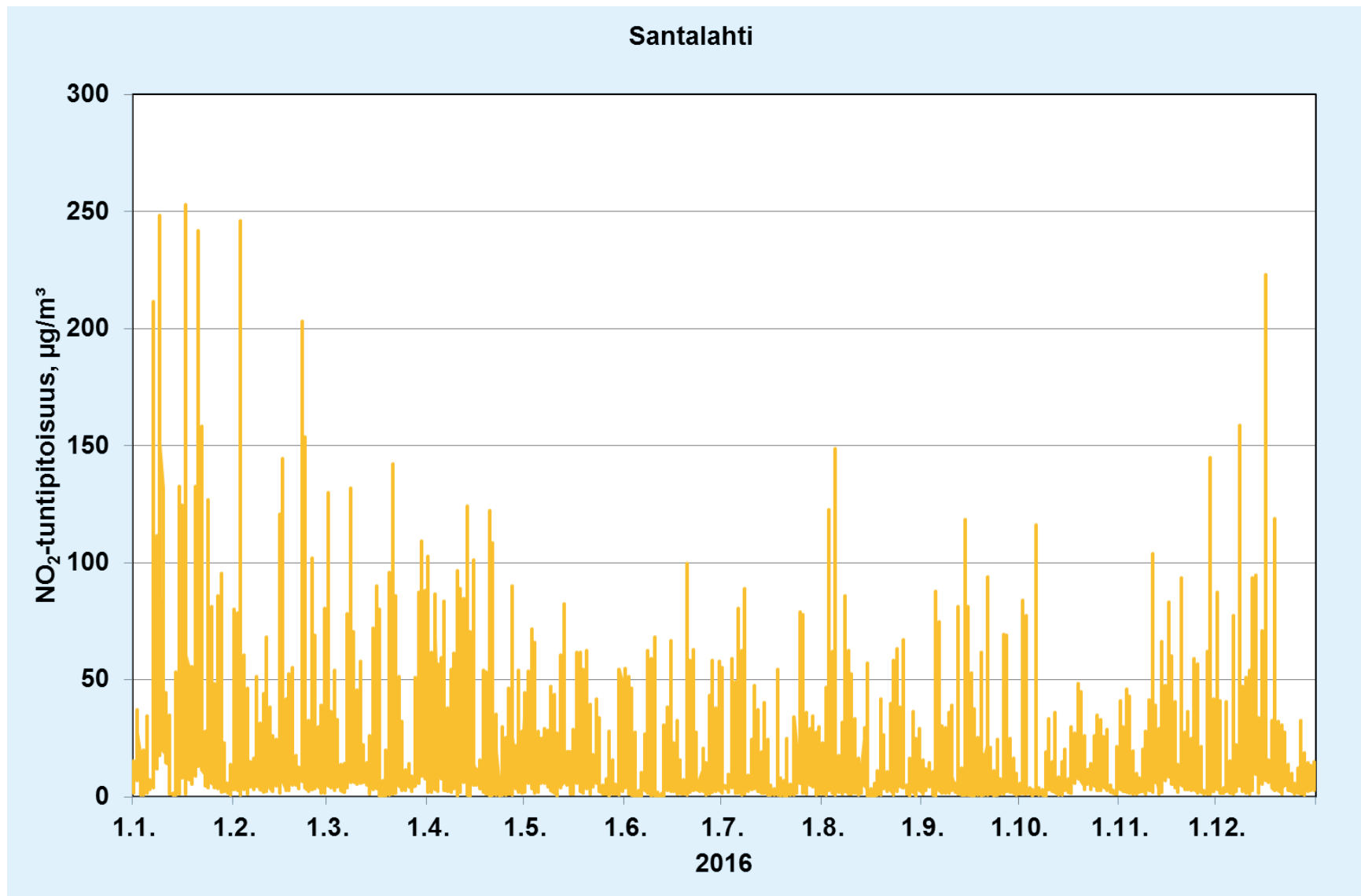
Liitekuva 5. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



Liitekuva 6. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.

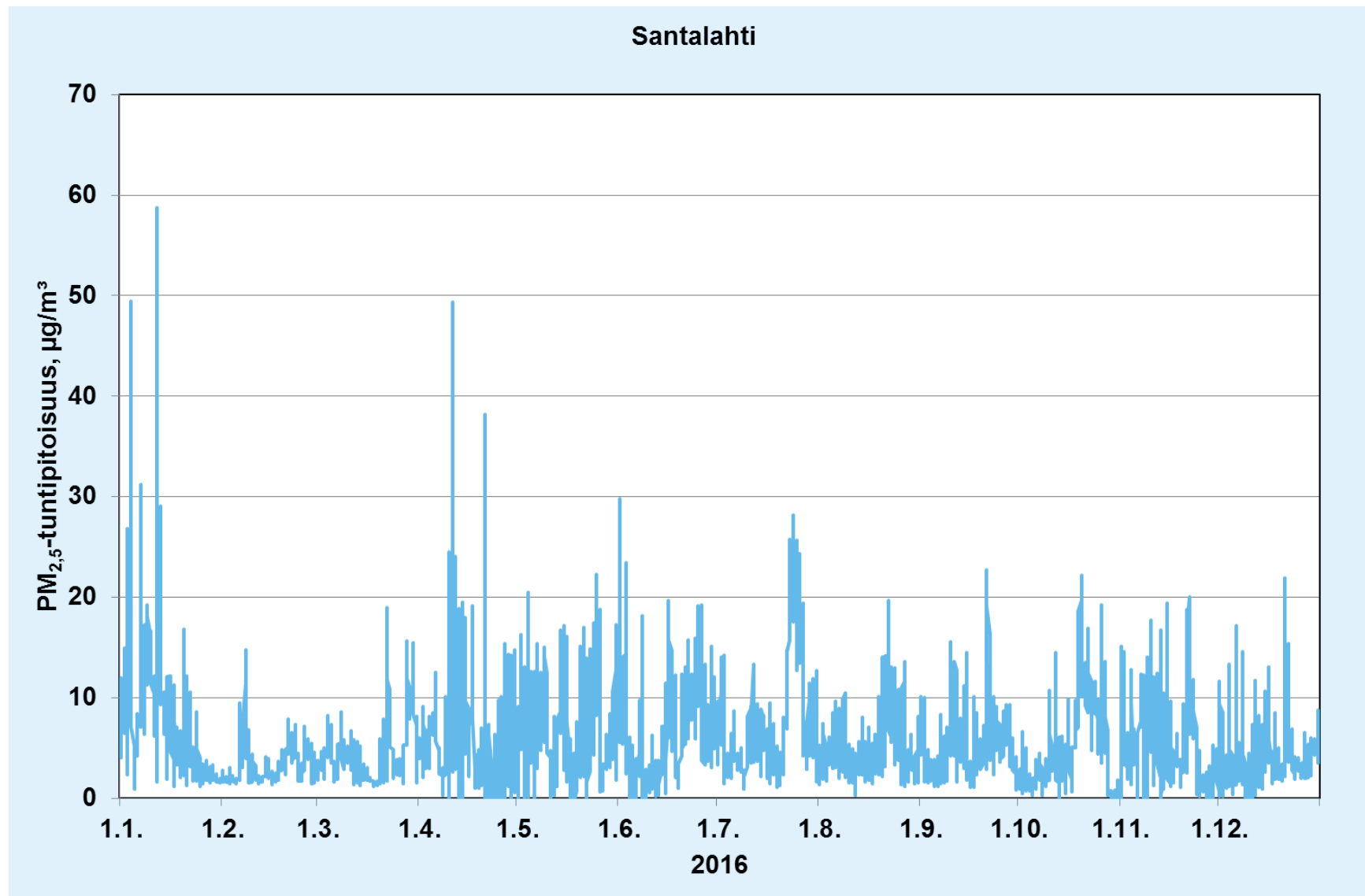


Liitekuva 7. Typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.

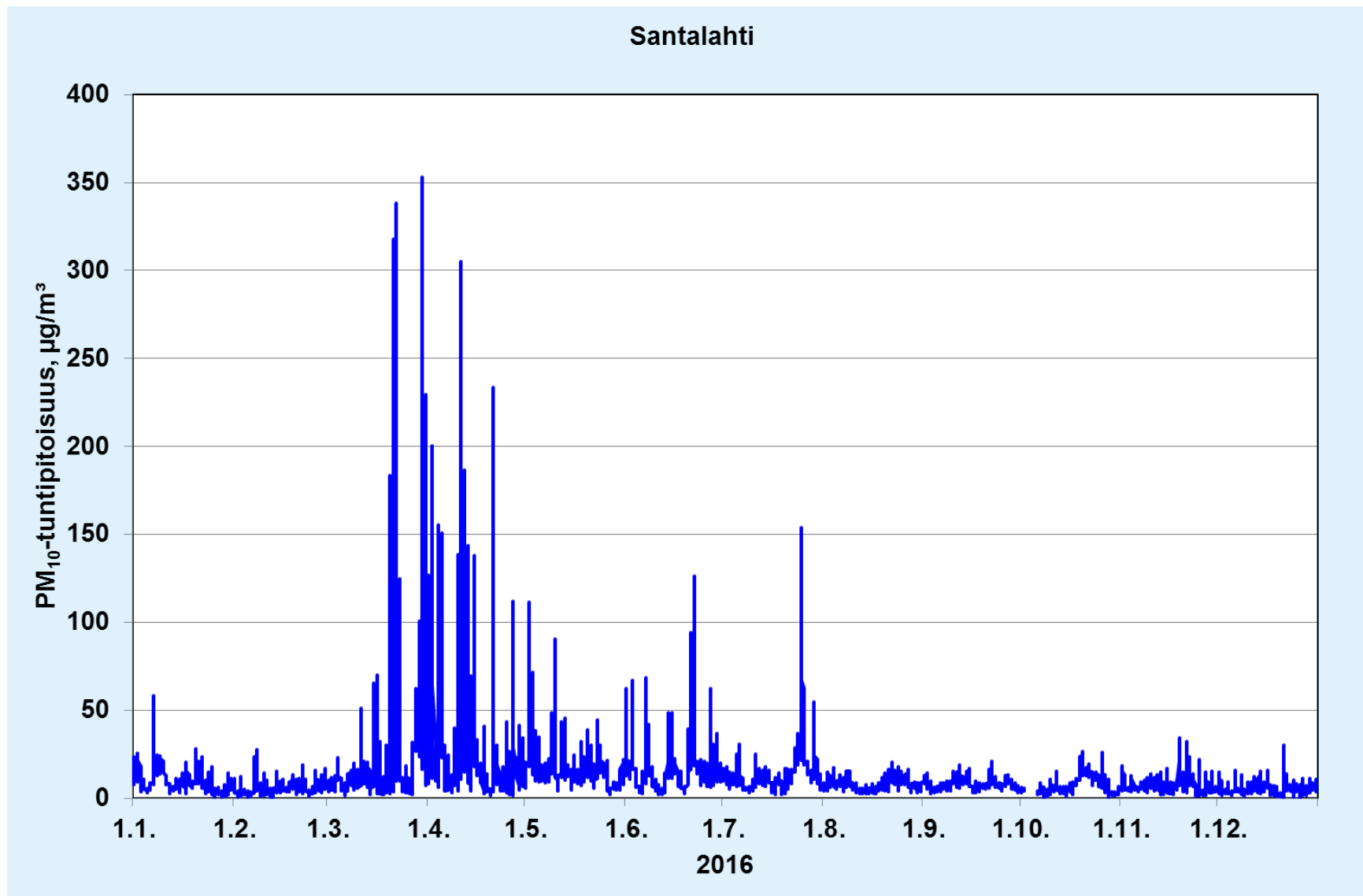


Liite-

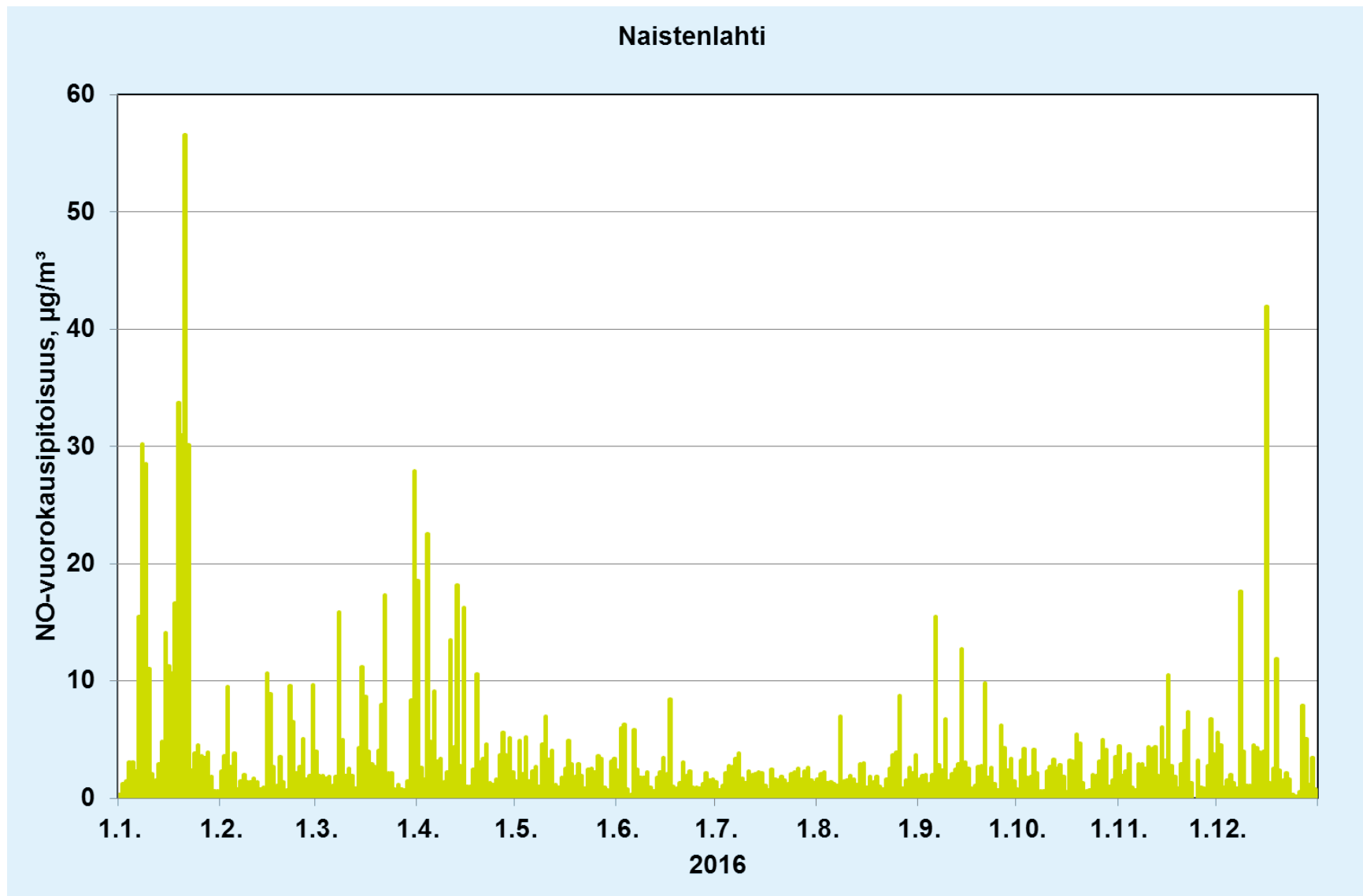
kuva 8. Typen oksidien (NO_x) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



Liitekuva 9. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.

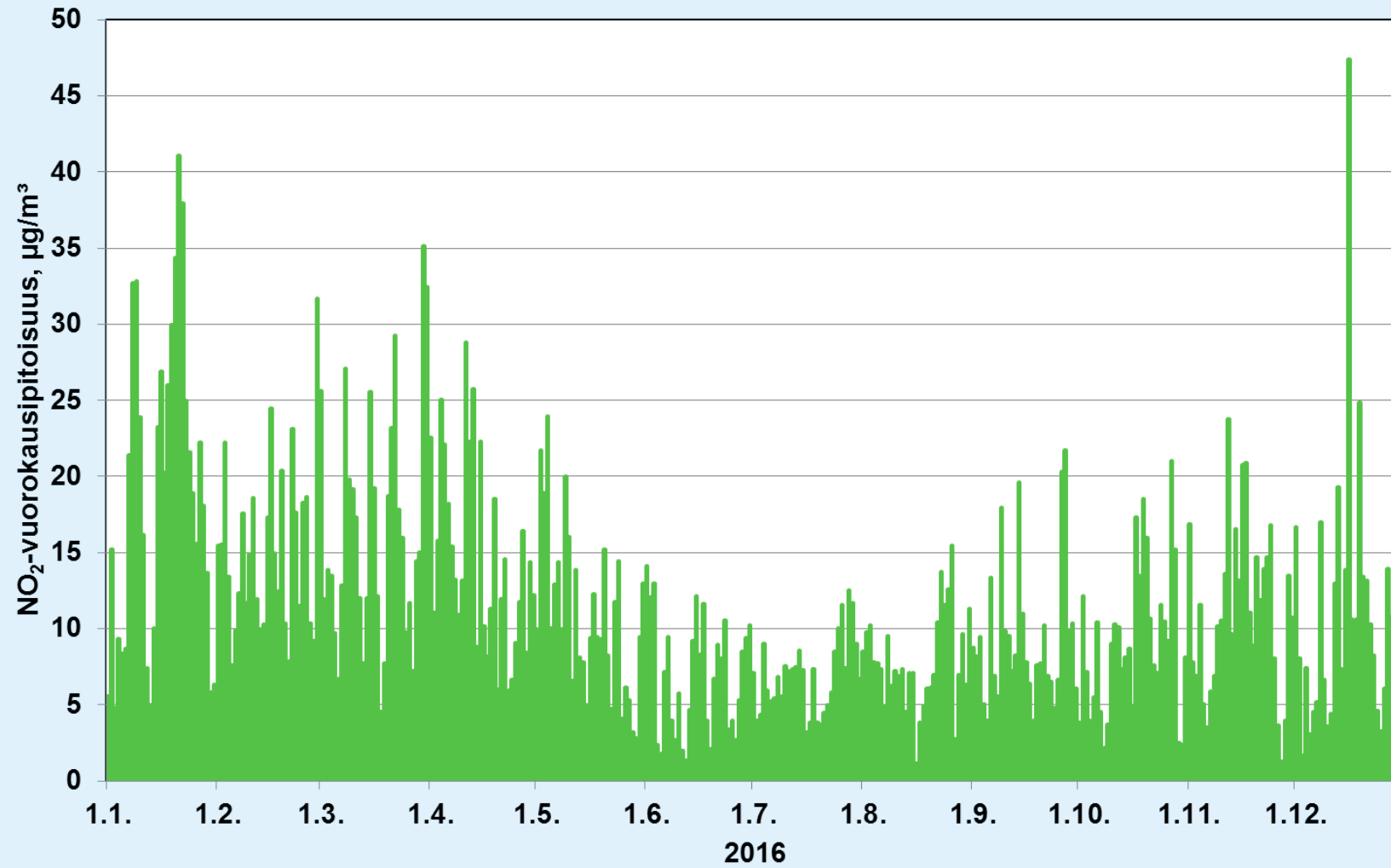


Liitekuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.

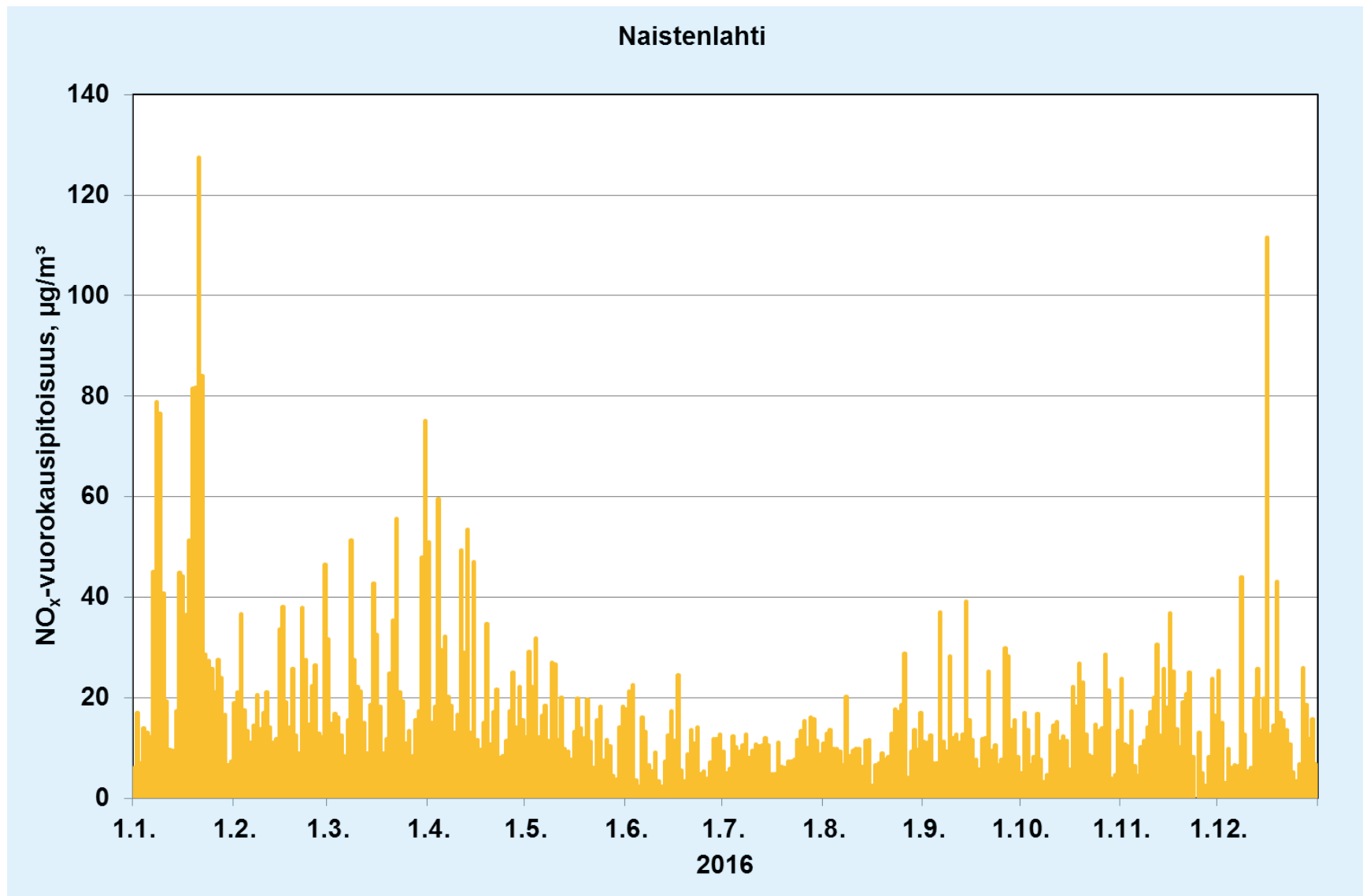


Liitekuva 11. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.

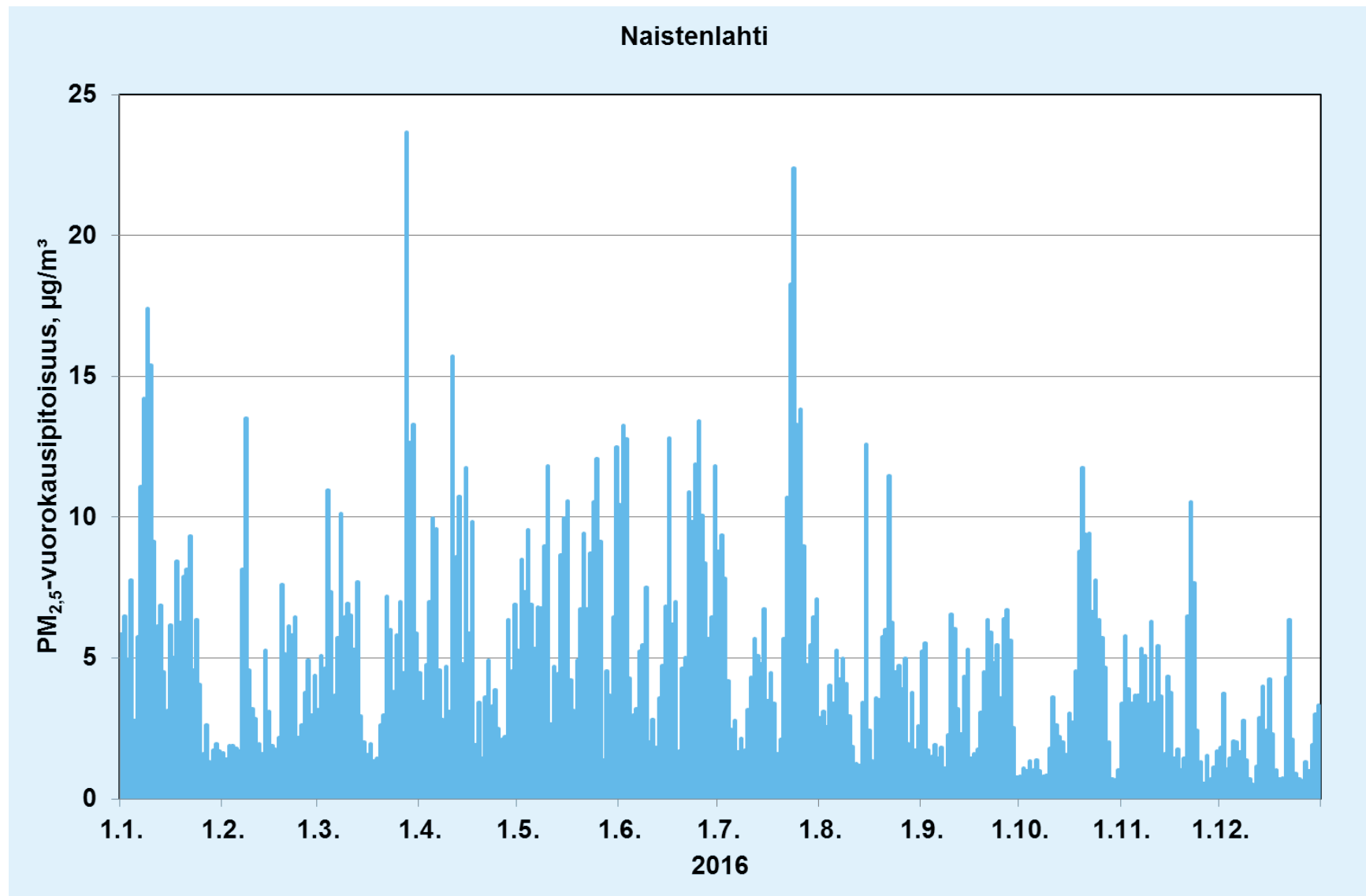
Naistenlahti



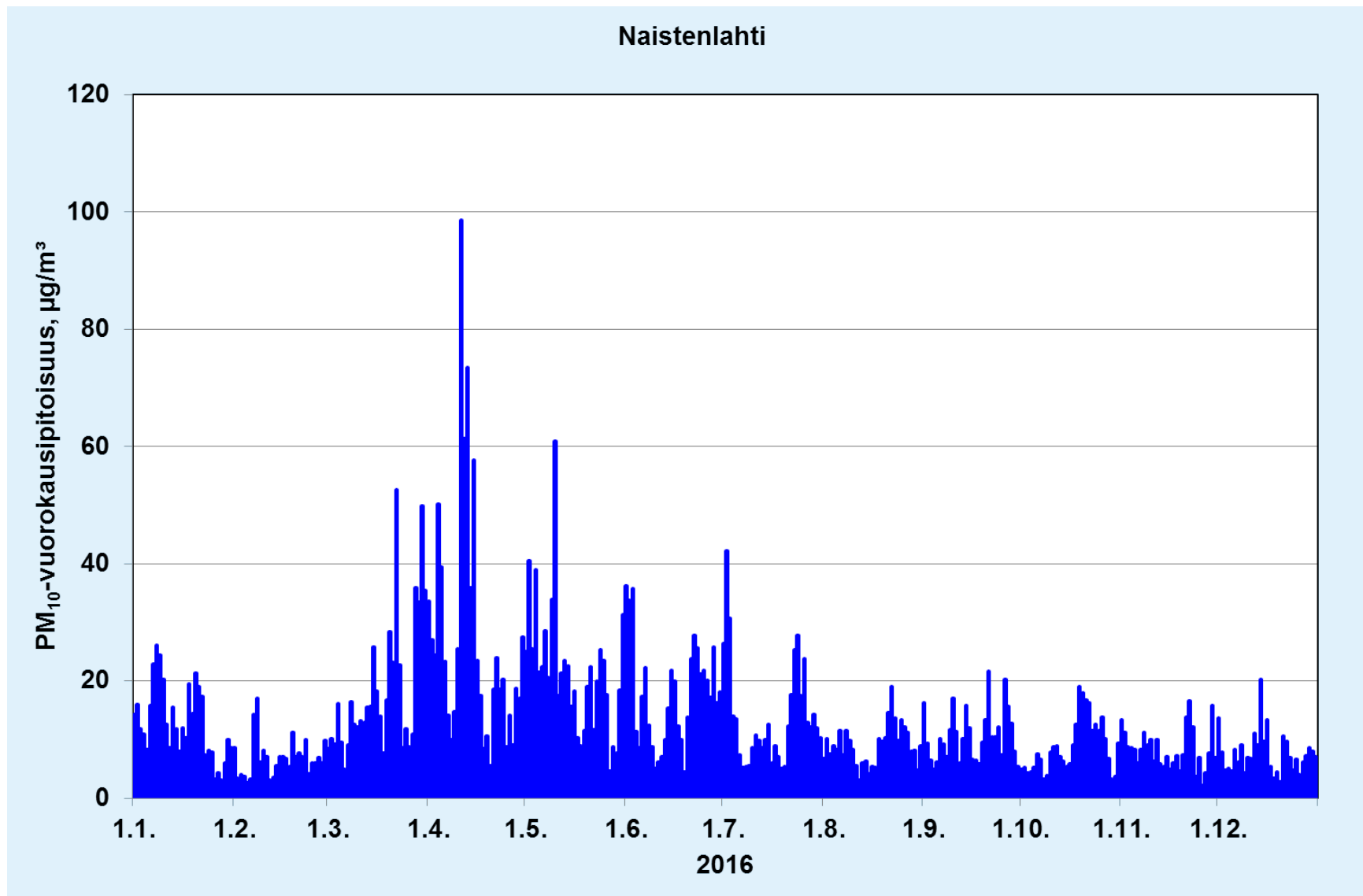
Liitekuva 12. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



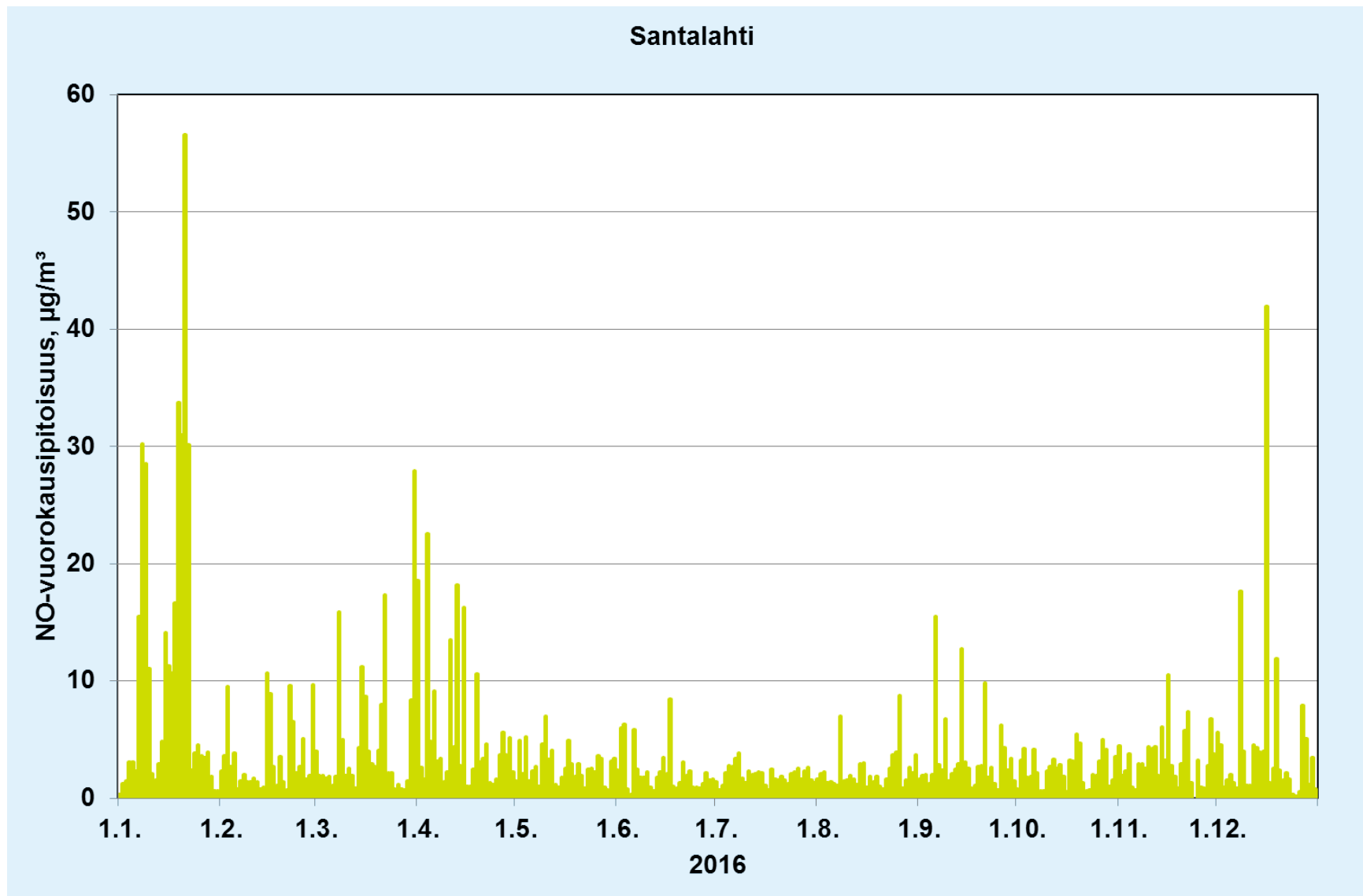
Liitekuva 13. Typen oksidien (NO_x) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



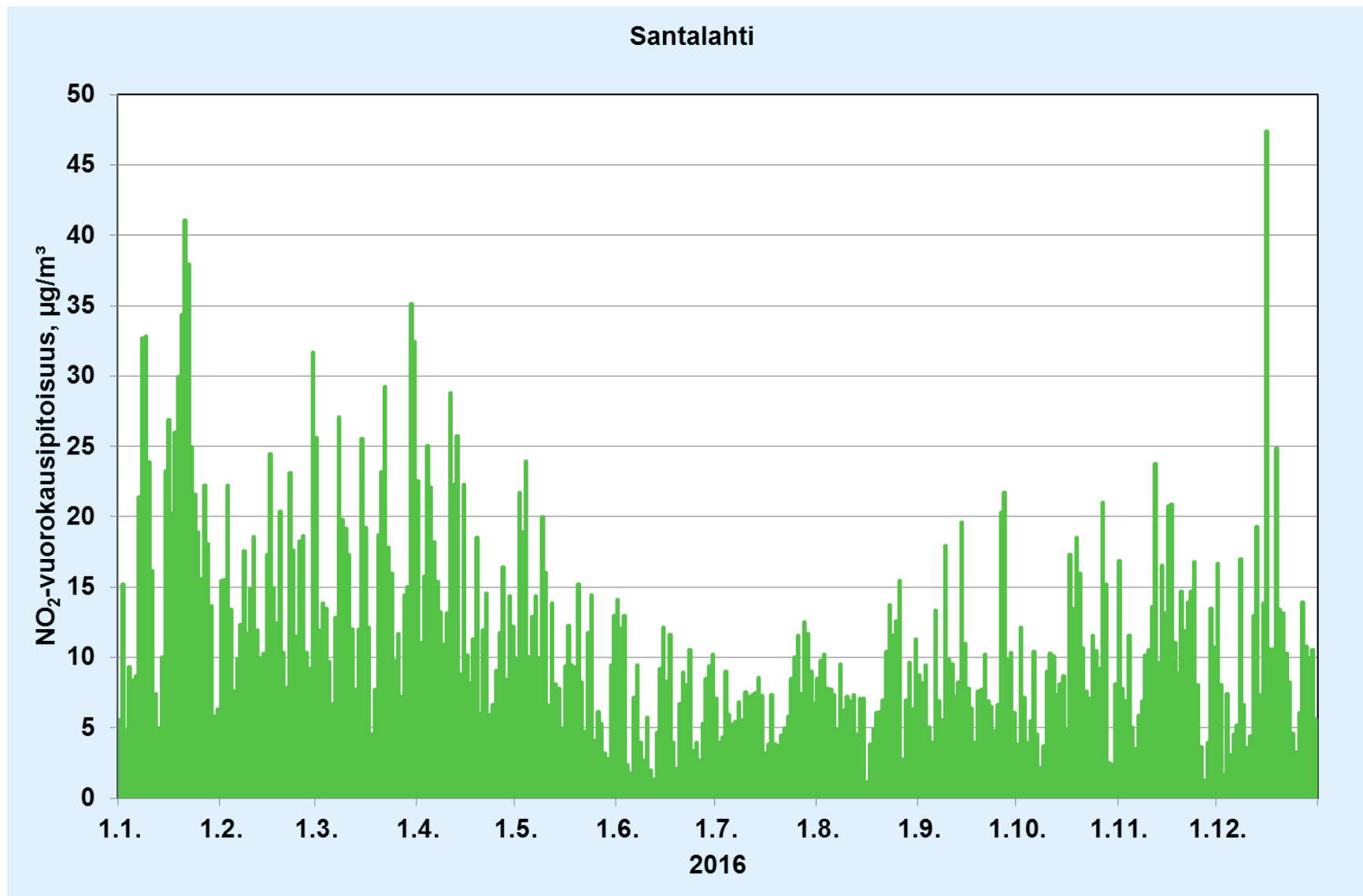
Liitekuva 14. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



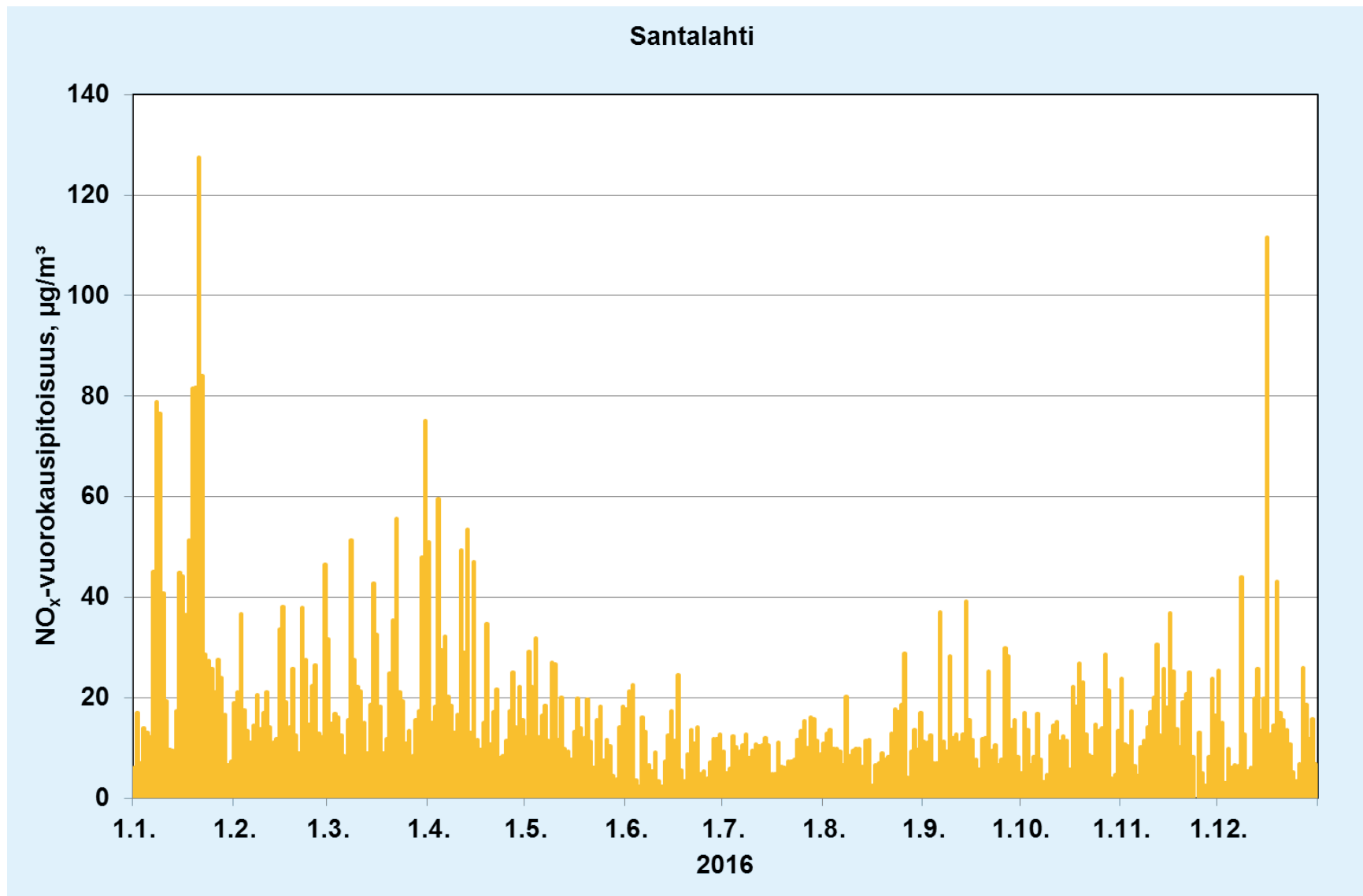
Liitekuva 15. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



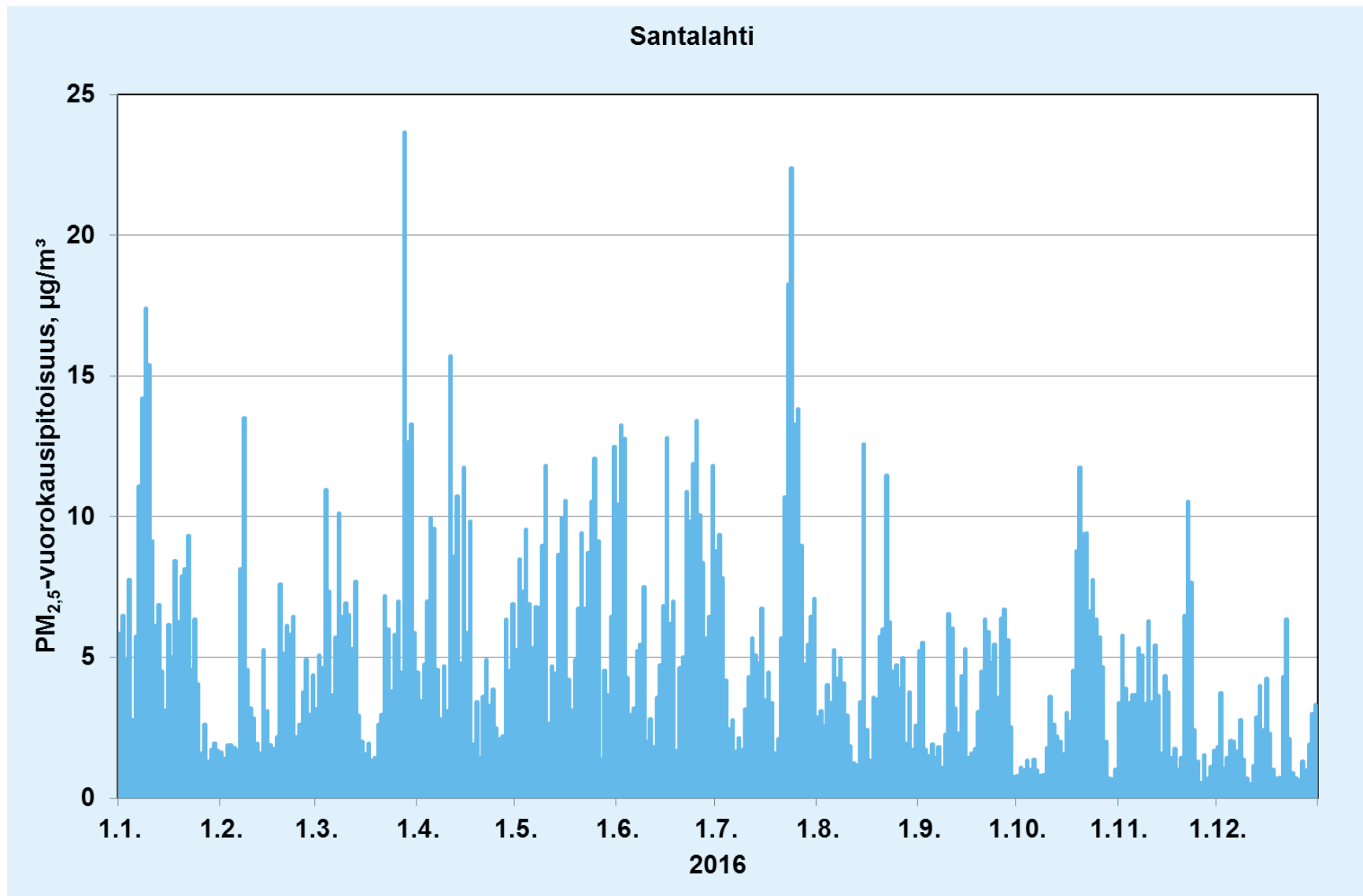
Liitekuva 16. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



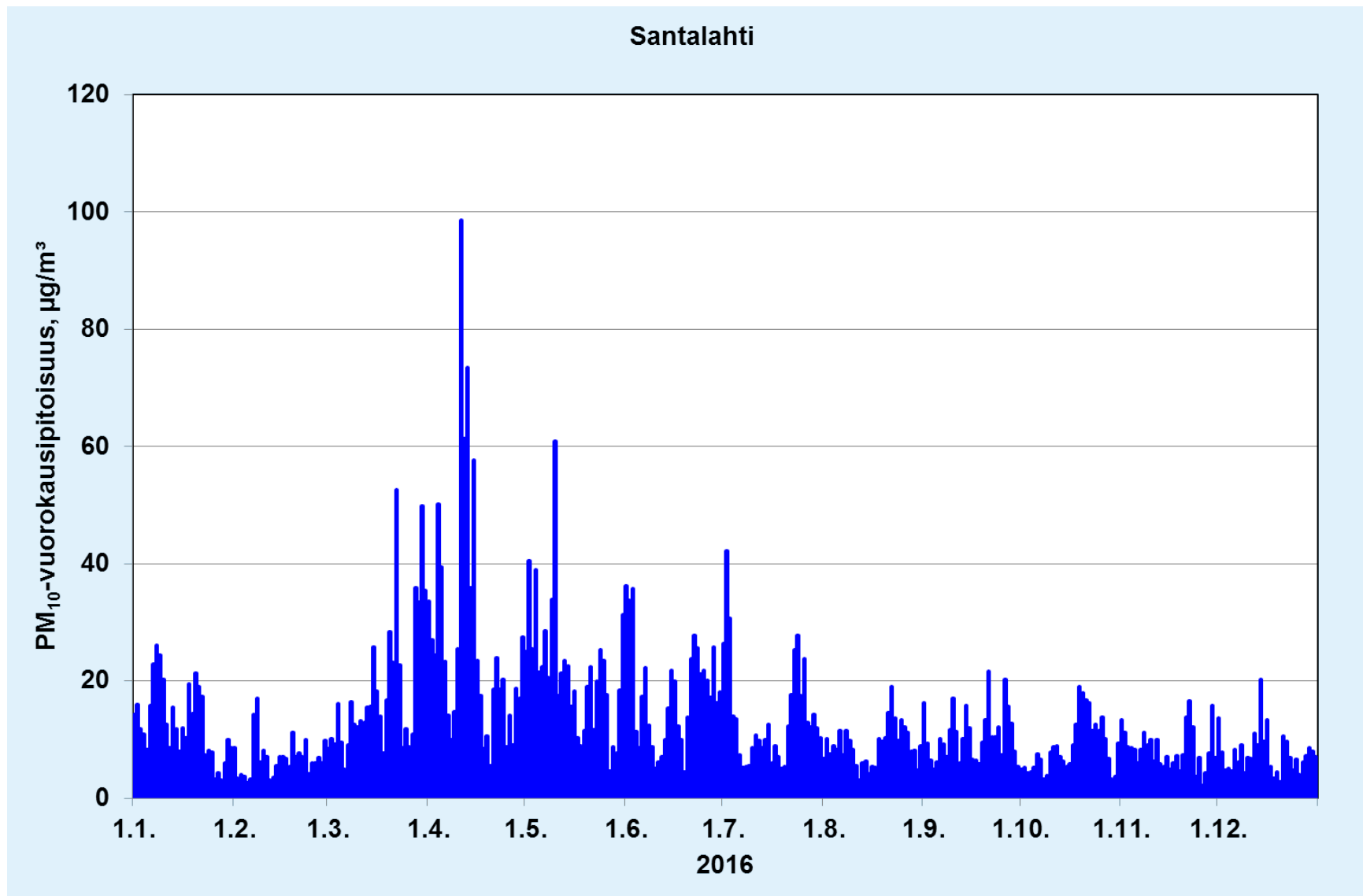
Liitekuva 17. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



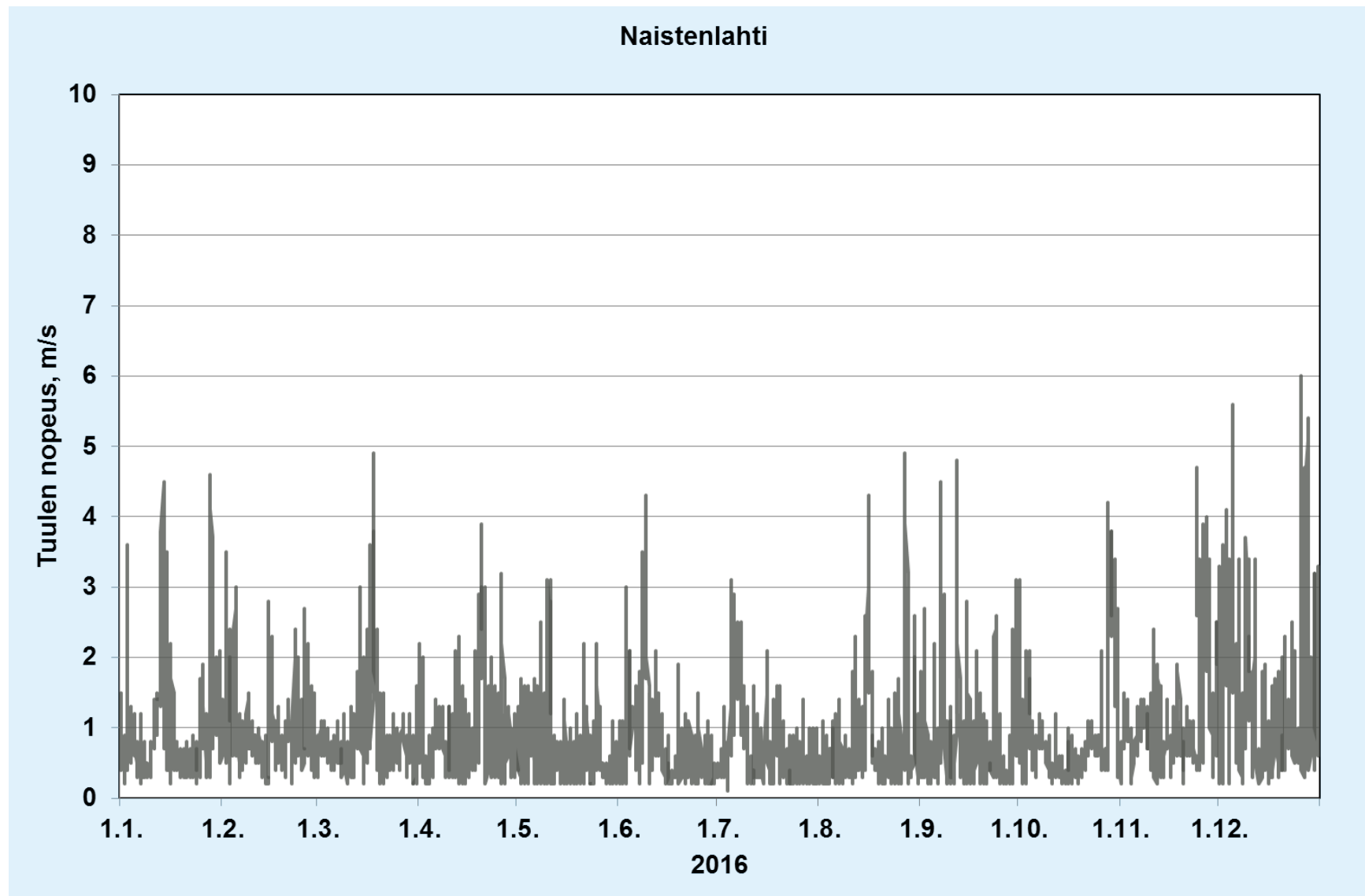
Liitekuva 18. Typen oksidien (NO_x) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



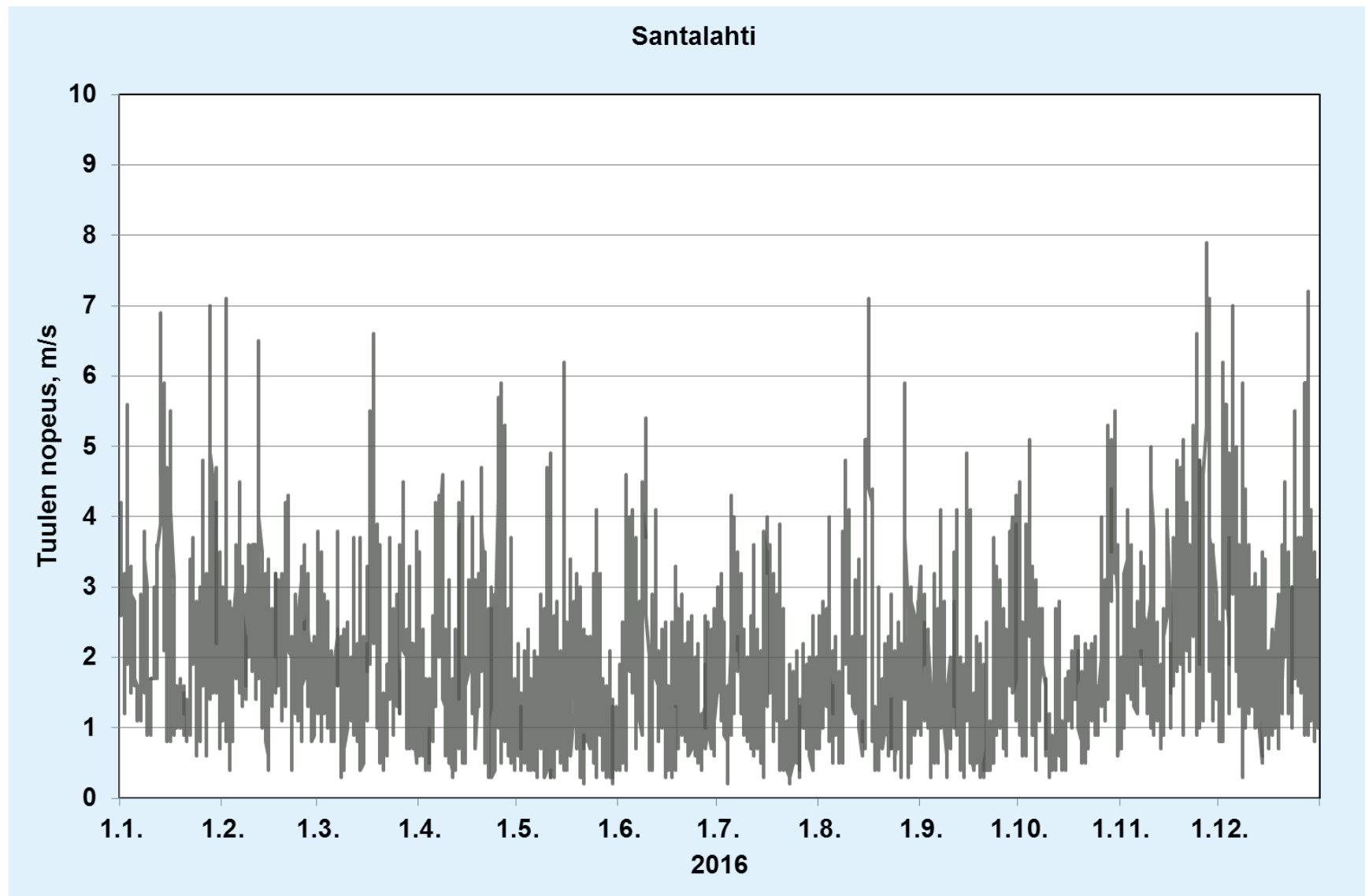
Liitekuva 19. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



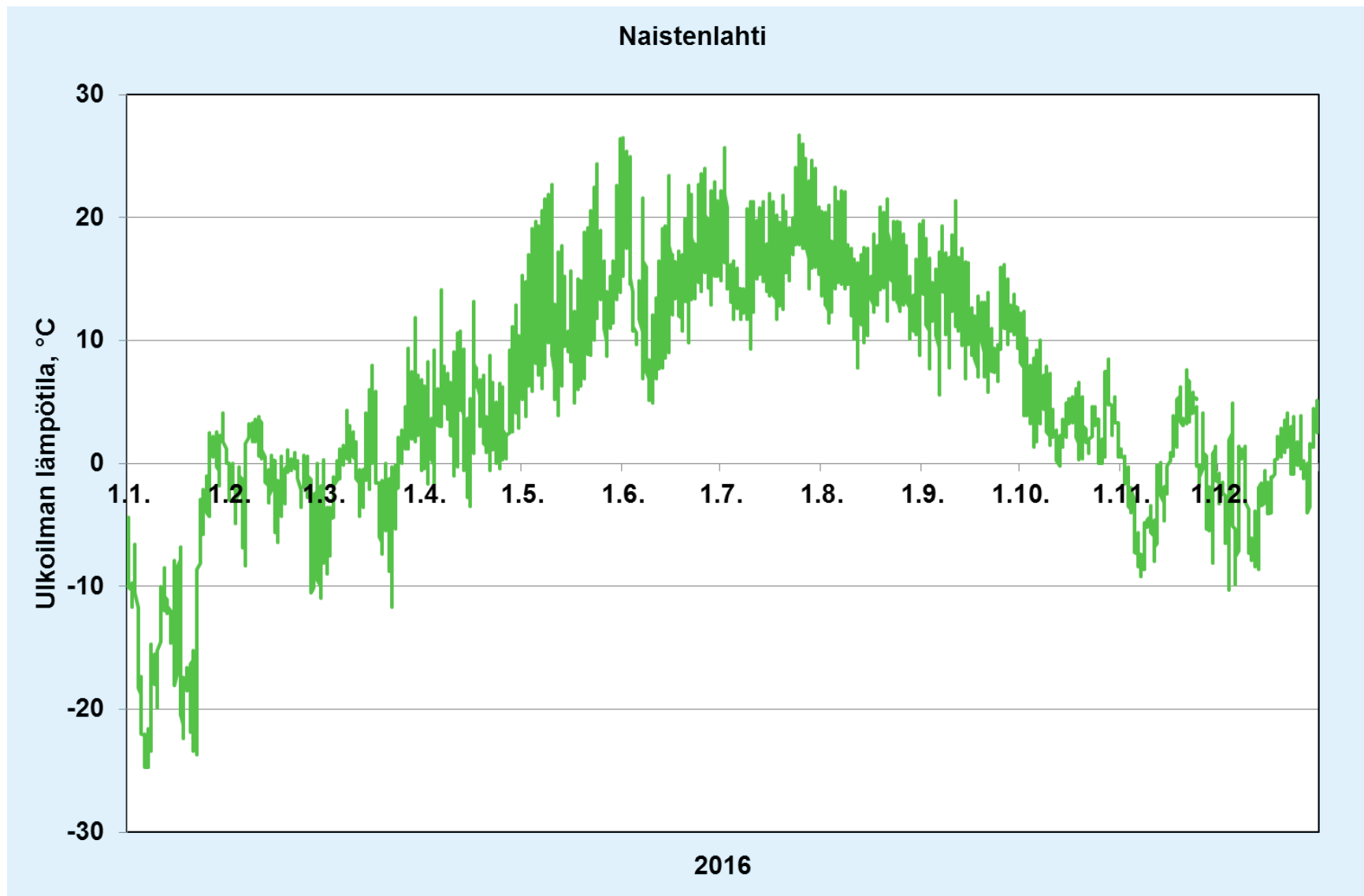
Liitekuva 20. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



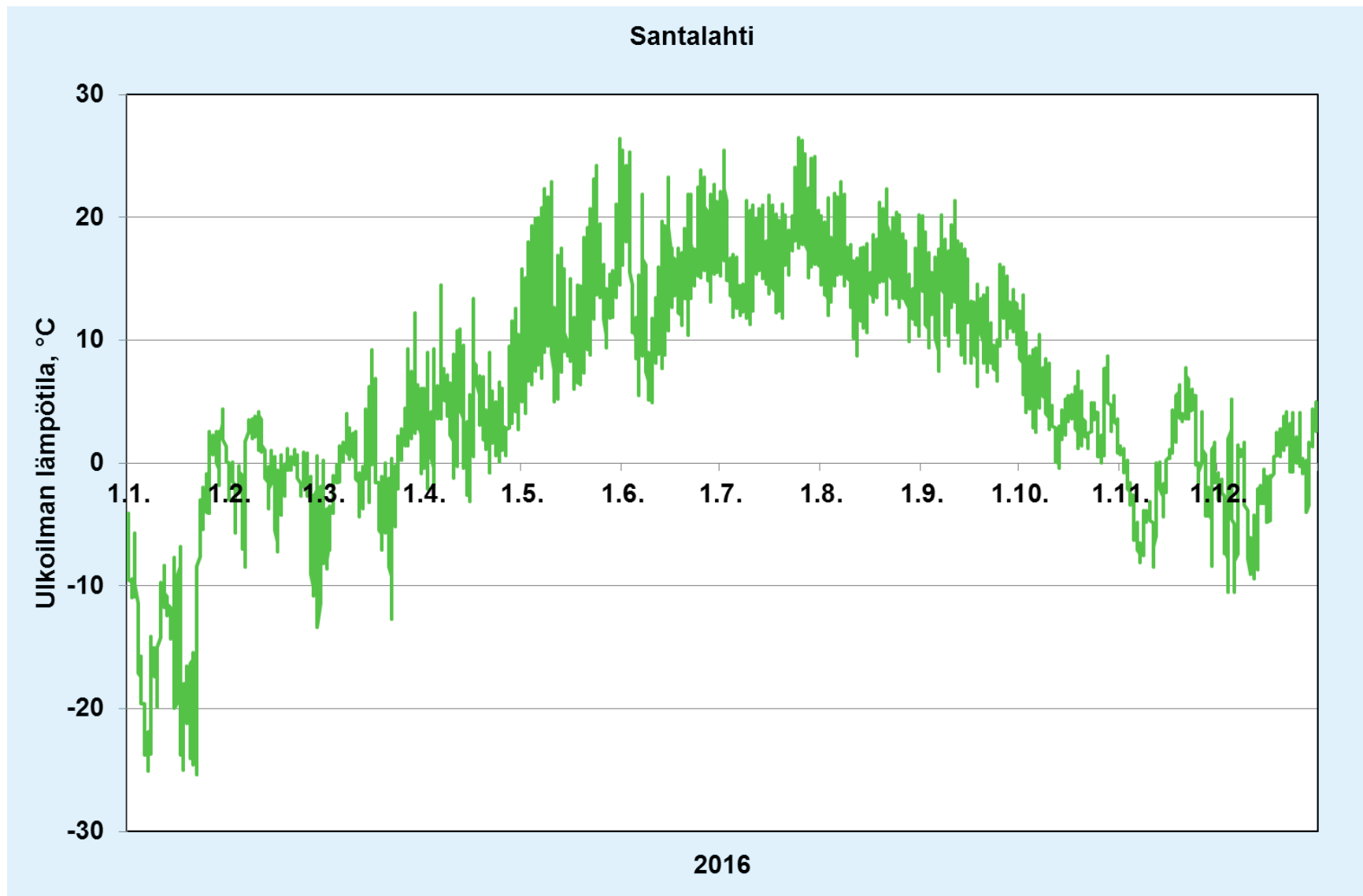
Liitekuva 21. Tuulen nopeuden tunti-arvot (m/s) Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



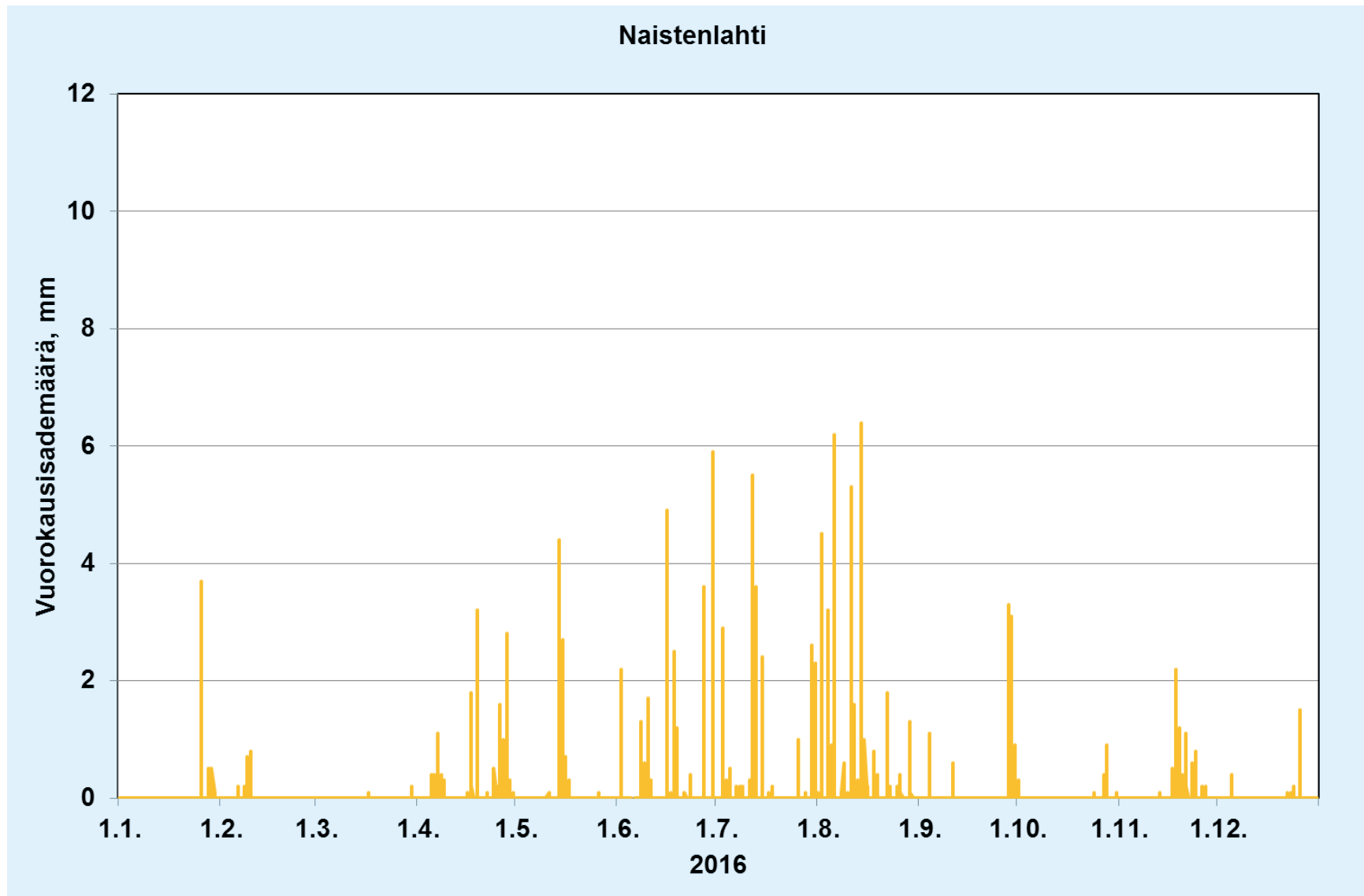
Liitekuva 22. Tuulen nopeuden tunti-arvot (m/s) Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



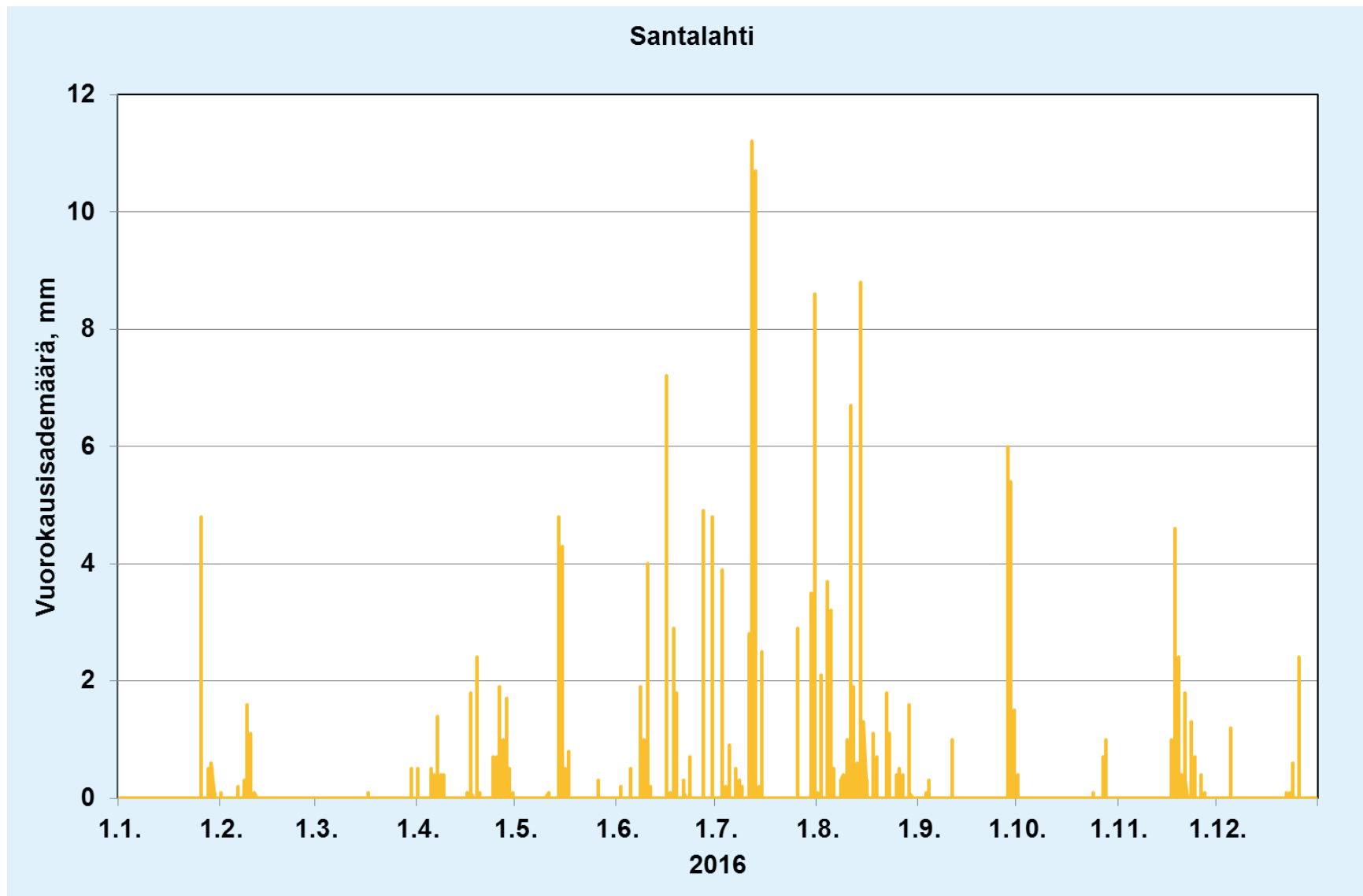
Liitekuva 23. Ulkoilman lämpötilan tuntiarvot (°C) Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



Liitekuva 24. Ulkoilman lämpötilan tuntiarvot (°C) Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



Liitekuva 25. Vuorokausisademäärät (mm) Naistenlahdessa 1.1.–31.12.2016.



Liitekuva 26. Vuorokausisademäärät (mm) Santalahdessa 1.1.–31.12.2016.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

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

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

