



ILMATIETEEN LAITOS

# ILMANLAATUMITTAUKSET TORNION RUOHOKARISSA JA HAAPARANNAN RIEKKOLASSA



Kuva: Tornion kaupunki

*Pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten,  
arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2013*

ASiantuntijapalvelut  
ILMANLAATU JA ENERGIA 2014

**ILMANLAATUMITTAUKSET  
TORNION RUOHOKARISSA JA  
HAAPARANNAN RIEKKOLASSA**

**Pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten,  
arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2013**

**Birgitta Komppula  
Helena Saari  
Risto Pesonen**

**ILMATIETEEN LAITOS  
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia  
Helsinki 14.3.2014**



# SISÄLLYSLUETTELO

|          |                                                                     |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>JOHDANTO</b>                                                     | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>TAUSTATietoJA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA</b>                          | <b>7</b>  |
| 2.1      | Hiukkaset                                                           | 7         |
| 2.2      | Arseeni ja metallit                                                 | 10        |
| <b>3</b> | <b>ILMANLAADUN OHJE-, RAJA- JA TAVOITEARVOT</b>                     | <b>14</b> |
| <b>4</b> | <b>OUTOKUMMUN TORNION TEHTAIDEN PÄÄSTÖT</b>                         | <b>17</b> |
| <b>5</b> | <b>TUTKIMUKSEN SUORITUS</b>                                         | <b>19</b> |
| <b>6</b> | <b>TUTKIMUKSEN TULOKSET</b>                                         | <b>22</b> |
| 6.1      | Mitatut hiukkaspitoisuudet (PM <sub>10</sub> ja PM <sub>2,5</sub> ) | 22        |
| 6.2      | Ilmanlaatuindeksi                                                   | 29        |
| 6.3      | Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet                     | 30        |
| <b>7</b> | <b>TUTKIMUKSEN TULOSTEN TARKASTELU</b>                              | <b>37</b> |
| 7.1      | Ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet                                | 37        |
| 7.2      | Raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet                    | 38        |
| 7.3      | Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin       | 38        |
| 7.4      | Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu                                    | 42        |
| 7.5      | Vertailua Tornion aikaisempien ilmanlaatumittausten tuloksiin       | 43        |
| 7.6      | Vertailua taustapitoisuuksiin                                       | 46        |
| <b>8</b> | <b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>                                 | <b>49</b> |
|          | <b>VIITELUETTELO</b>                                                | <b>53</b> |
|          | <b>LIITEKUVAT</b>                                                   |           |
|          | <b>LIITETAULUKOT</b>                                                |           |



## 1 JOHDANTO

Outokumpu Stainless Oy tilasi Ilmatieteen laitokselta Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa toteutettavat hiukkas-, arseeni- ja metallipitoisuuksien mittaukset vuosille 2013–2014. Tässä tutkimuksessa raportoidaan vuoden 2013 aikana suoritettujen ilmanlaatumittausten tulokset.

Mittauksia tehtiin 9.1.2013 - 31.12.2013 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten sekä alle 2,5 mikrometrin kokoisten ns. pienhiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkasanalysaattoreilla koko mittausjakson ajan. Samoissa mittauspisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä tammi-maaliskuussa 2013 ja elo-syyskuussa 2013. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa. Molemmissa mittauspisteissä seurattiin myös säätilaa pitoisuusmittausten tulosten analysointia varten.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tavoitteena oli kartoittaa erikokoisten hiukkasten pitoisuuksia ja väestön altistumista niille sekä hiukkasten sisältämille alkuaineille alueilla, jotka eivät ole välittömästi liikenteen ja taajama-alueiden muiden päästöjen vaikutuspiirissä. Mittauksin pyrittiin saamaan tietoa Tornion ja Haaparannan yleisestä taustailmanlaadusta sekä Outokummun Tornion tehtaiden vaikutuksesta siihen. Ilmatieteen laitos on tehnyt Torniossa aiemmin useita mittauksiin perustuneita ilmanlaatu tutkimuksia vuosina 1998, 2005 sekä 2011–2012 (*Saari et al, 1999; Saari et al., 2006; Alaviippola et al., 2012*).

Tässä tutkimuksessa mitattuja hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia on verrattu kotimaisiin ja ruotsalaisiin ilmanlaadun ohjearvoihin ja Suomessa ja Ruotsissa voimassa oleviin ilmanlaadun raja-arvoihin sekä Lapin puhtaalla tausta-alueella mitattuihin vastaavan jakson hiukkaspitoisuuksiin. Hiukkasten sisältämien arseenin, nikkelin ja kadmiumin pitoisuuksia on verrattu ko. epäpuhtauksien tavoitearvoihin ja pitoisuuksiin Lapin puhtaalla tausta-alueella.

Tilaajan yhdyshenkilönä tutkimuksessa toimivat Outokummun Tornion tehtailta ympäristöpäällikkö Juha Kekäläinen ja Mauri Jaako, joka hoiti hiukkaskeräinten suodatinten vaihdon ja lähetyksen Ilmatieteen laitokselle sekä osallistui muihin tutkimuksen kenttätöihin. Tornion kaupungin yhteyshenkilönä toimivat ympäristönsuojelusihteeri Kai Virtanen sekä ympäristötarkastaja Minna Karhunen ja Haaparannan kaupungin yhteyshenkilönä toimi ympäristötarkastaja Pekka Hanski.

Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet tutkijat Birgitta Komppula ja Helena Saari (tulosten käsittely ja raportointi), kehittämisspäällikkö Risto Pesonen (projektin suunnittelu ja johto sekä raportointi), tutkimusmestari Anne Nousiainen (näytehuolto), erikoistutkija Ulla Makkonen (analyysitulosten laskenta) sekä suunnittelija Kaj Lindgren ja tutkija Mika Vestenius (mittaustekniikka, kenttätö ja laadunvarmistus).

## Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

### Yksiköt:

|                          |                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $\mu\text{m}$            | mikrometri = millimetrin tuhannesosa                                   |
| $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | mikrogrammaa (=gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus) |
| $\text{ng}/\text{m}^3$   | nanogrammaa (=gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)  |
| $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | mikrogrammaa (=gramman miljoonasosaa) neliömetrille (laskeuma)         |
| $^\circ$                 | aste (tuulen suunta)                                                   |
| $\text{m}/\text{s}$      | 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                         |

### Lyhenteet:

|                   |                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{PM}_{10}$  | hengitettävät hiukkaset = alle 10 $\mu\text{m}$ :n kokoiset hiukkaset                          |
| $\text{PM}_{2,5}$ | pienhiukkaset = alle 2,5 $\mu\text{m}$ :n kokoiset hiukkaset                                   |
| TSP               | <u>T</u> otal <u>S</u> uspended <u>P</u> articles = kokonaisleijumaan kuuluvat hiukkaset       |
| Al                | alumiini                                                                                       |
| As                | arseeni                                                                                        |
| Cd                | kadmium                                                                                        |
| Co                | koboltti                                                                                       |
| Cr                | kromi                                                                                          |
| Cu                | kupari                                                                                         |
| Fe                | rauta                                                                                          |
| Mn                | mangaani                                                                                       |
| Ni                | nikkeli                                                                                        |
| Pb                | lyijy                                                                                          |
| V                 | vanadiini                                                                                      |
| Zn                | sinkki                                                                                         |
| ICP-MS            | induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria                                             |
| 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 TAUSTATIETOJA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

### 2.1 Hiukkaset

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

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

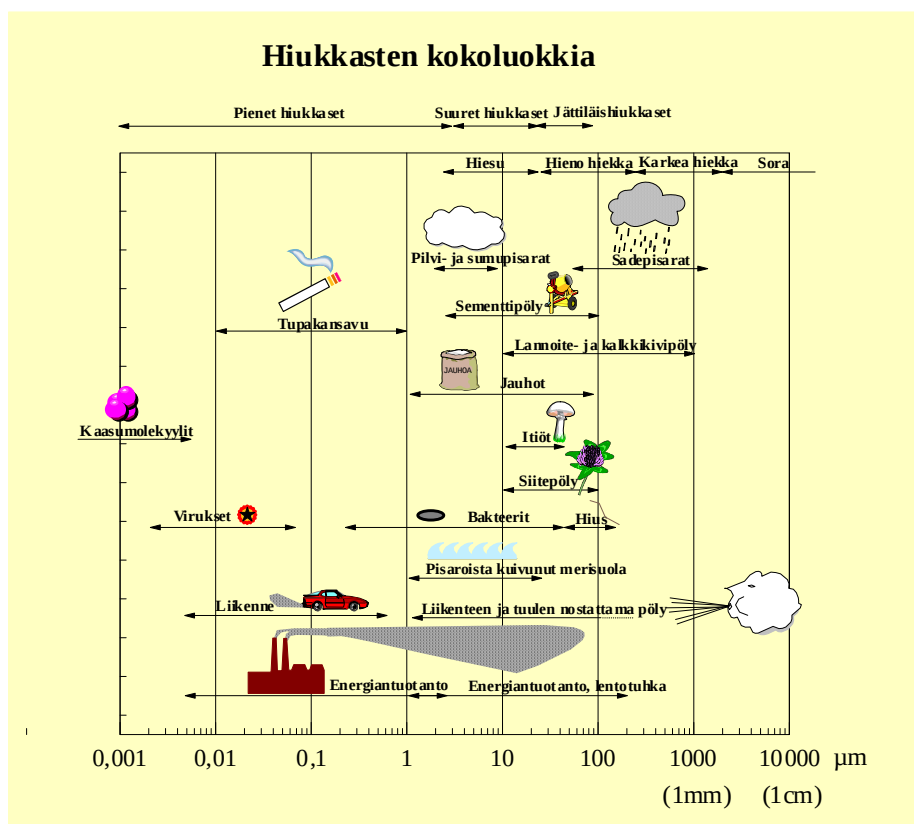
Terveysvaikutuksiltaan em. haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset keuhkorakkuloihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot. Pienhiukkasille, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä, on annettu vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo (Vna 38/2011). Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub> (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin 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 maa-aineksesta, meriaerosoleista ja orgaanisesta materiaalista, kuten kasvien osista ja siitepölyistä sekä niiden pinnalle kiinnittyneistä hiukkasista. Isoiksi hiukkasiksi luokitellaan halkaisijaltaan yli 2,5 mikrometrin kokoiset hiukkaset.

Ilmavirtausten mukana kulkeutuvia suurimpia hiukkasia kutsutaan jättiläishiukkasiksi (engl. giant particles). Kirjallisuudessa suurten ja jättiläishiukkasten välinen raja on hiukan häilyvä, mutta hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on yli 15–25 mikrometriä voitaneen kutsua jättiläishiukkasiksi. Ylärajana hiukkasille pide-



tään tavallisesti 100 mikrometriä. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä ( $\mu\text{m}$ ). Mikro ( $\mu$ ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1  $\mu\text{m}$  on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Palamisprosesseista peräisin olevat hiukkaset saattavat olla rikastuneita jonkin tietyn alkuaineen tai muun merkkiaineen suhteen. Esimerkiksi vanadiinia ja nikkeliä tulee ilmakehään öljynpoltosta, kaliumia orgaanisen materiaalin poltosta ja arseenia, molybdeenä, 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 keuhkosityövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuun huhtikuun tuulen ja liikenteen nostaman katupölyn vaikutuksesta maan-

pinnan kuivuessa, mutta pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa usein myös syys-marraskuussa. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kaupunkien keskustojen ulkopuolellakin pitoisuudet ovat olleet yli  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosikeskiarvoina (*Alaviippola & Pietarila, 2011*).

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 mittaustasemilla 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. Suomen kuntien ilmanlaadun mittausverkkojen tulosten mukaan raja-arvotason ylityksiä esiintyi vuonna 2013 yhteensä noin 300 (*Ilmanlaatuportaali, 2014*).

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

Edellä esitetyssä tarkastelussa ovat mukana kaukokulkeutuneista päästöistä aiheutuneet, normaalista kohonneiden hiukkaspitoisuuksien tilanteet. Vuorokausiraja-arvotason ylittymiseen mahdollisesti vaikuttavia kaukokulkeumaepisodeja esiintyy yleisesti lähes vuosittain maalis-huhtikuussa ja satunnaisemmin tammi-helmikuussa ja elo-syyskuussa. Yhden episodin kesto voi vaihdella sen vaikutusalueella alle tunnista useisiin päiviin. Arviolta noin puolet viime vuosien episodeista on johtunut Itä-Euroopan kulotuksista sekä maasto- ja metsäpaloista, joiden päästöt kohottavat hiukkaspitoisuuksia normaalista kaukokulkeumasta poikkeavalla tavalla. Tällaisia tilanteita on esiintynyt viime vuosina useasti, esimerkiksi Etelä-Suomessa heinäkuussa 2006 ja heinä-elokuussa 2010, jolloin Venäjän metsäpalojen savu ja kulkeutui Suomeen useiden viikkojen aikana. Pääasiallinen syy hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylityksiin maassamme on kuitenkin liikenteen ja tuulen nostattama katupöly, josta aiheutuva hiukkaspitoisuustilanne on huonoin keväisin.

## 2.2 Arseeni ja metallit

Arseenia ja metalleja pääsee ulkoilmaan sekä kaasuina että hiukkasiin sitoutuneina pääasiassa erilaisista metalliteollisuusprosesseista, energiantuotannosta, jätteenpoltosta ja liikenteestä sekä myös luonnollisista lähteistä, kuten metsäpalojen, tuulieroosion ja tulivuorten purkausten vaikutuksesta.

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.

Liikenteen metallipäästöistä oli Suomessa aiemmin tärkein lyijy, mutta lyijyllisen bensiinin myynnin loputtua sen aiheuttamat ilmanlaatuongelmat ovat väistyneet maassamme. Tästä syystä lyijyn tarkastelu tässä yhteydessä sivuutetaan. Lyijystä löytyy tarvittaessa runsaasti tietoa lähdekirjallisuudesta. Ulkoilman lyijypitoisuudelle on annettu kotimainen raja-arvo, joka koskee vuosikeskiarvoja. Tämä raja-arvo alittuu selkeästi kaikkialla Suomessa, eikä lyijy ole enää keskeinen ilmanlaatutekijä maassamme.

Seuraavassa käsitellään Tornion hiukkasnäytteistä analysoiduista alkuaineista kadmiumia, nikkeliä ja arseenia, joiden vuosikeskiarvopitoisuuksille on Suomessa säädetty tavoitearvot, ja jotka ovat tässä tutkimuksessa hiukkasnäytteistä määritetyistä terveys- ja ympäristövaikutuksiltaan merkittävimmät aineet. Myös kromista on esitetty seuraavassa lyhyt katsaus, koska ko. aine on keskeinen Outokummun Tornion tehtaiden teräksen valmistuksessa. Ulkoilman kromipitoisuuksille ei ole olemassa kotimaisia ohjearvoja eikä EU:n määrittelemiä raja- tai tavoitearvoja.

Euroopan unionin metallidirektiivin tausta-aineistoksi koottiin tietoja arseenin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuuksista eri puolilla Eurooppaa, mutta ne edustavat 1990-luvun puolenvälin ja loppupuolen tilannetta. Näitä tietoja on esitetty julkaisussa *EU, 2000*. Tässä Tornion mittauksia koskevassa raportissa verrataan arseenin ja metallien pitoisuuksia Ilmatieteen laitoksen Pallaksen Matorovan puhtaan ilman tausta-aseman vastaaviin arvoihin. Em. eurooppalaisiin pitoisuustietoihin viitataan vain suuntaa-antavasti seuraavassa tarkastelussa.

### **Kadmium**

Kadmium on pehmeä, hopeanvalkea metalli, joka höyrystyessään hapettuu nopeasti kadmiumoksidiksi. Monet epäorgaaniset kadmiumyhdisteet liukenevat hyvin veteen. Kadmium rikastuu pääasiassa ulkoilman pieniin hiukkasiin, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 mikrometri tai sitä pienempiä. Tämä on merkittävä seikka ulkoilman laadusta johtuvien terveysvaikutusten kannalta: em. hiukkasjake tunkeutuu tehokkaasti syvälle hengitysteihin.

Suomen kiinteiden päästölähteiden kadmiumyhdisteiden päästöt ovat 2000-luvun alkuvuosina vaihdelleet välillä noin 1,2–1,7 tonnia, josta suurin osa muodostui tehtyjen arvioiden mukaan metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Em. päästölähteiden kadmiumpäästöt ovat pienentyneet selvästi 1990-luvun alkuvuosien tasosta. Vuonna 2011 Suomen kadmiumpäästöjen määrä oli 1,3 tonnia (SYKE, 2013). Liikenteen kadmiumpäästöistä ei ole Suomessa tehty asianmukaisia arvioita. Tyypillinen ulkoilman

hiukkasten sisältämä kadmiumpitoisuus voi olla Euroopassa tausta-alueilla noin 0,1–0,5 ng/m<sup>3</sup> vuosikeskiarvoina ja vastaavasti korkeimmillaan noin 50 ng/m<sup>3</sup> lähellä teollisuuden päästölähteitä.

Ihmiset altistuvat kadmiumille hengitysilman, juomaveden ja ravinnon kautta. Koska kadmiumyhdisteet imeytyvät ruoansulatuskanavaan melko huonosti, on hengityselinten kautta saatu altistus terveysvaikutusten kannalta tärkeä, mutta nykyisin arvioidaan ravinnon ja juomaveden olevan merkittävin altistustie keskimääräisissä oloissa ainakin tupakoimattomille henkilöille. Tupakointi lisää merkittävästi kadmiumin altistusannosta. Juomaveden ja ravinnon mahdollinen kadmiumkuormitus huomioitiin Euroopan unionin raskasmetallien ja arseenin ilmanlaatuseurannan valmistelussa niin, että kadmiumlaskeumalle ehdotettiin tavoitearvoa. Alustavissa suunnitelmissa esiintyi vaihteluväli 2,5–5 mikrogrammaa neliömetrille päivässä, mikä vastaa noin 900–1 800 mikrogramman neliömetrin alalle vuodessa tulevaa laskeumaa. Tätä ehdotusta ei kuitenkaan sisällytetty ns. metallidirektiiviin. Suomen puhtailla tausta-alueilla kadmiumlaskeuman määrä on vuosittain keskimäärin noin 1–5 µg/m<sup>2</sup>.

Työympäristöjä koskeneissa terveysvaikutustutkimuksissa on aiemmin havaittu, että pitkäaikaiselle kadmiumille, ja erityisesti kadmiumoksidille, altistumiseen liittyy eturauhasen sekä ylähengitysteiden ja keuhkojen syöpien lisääntyminen. Korkeilla, pitkäaikaisilla työperäisillä kadmiumpitoisuuksilla on havaittu olevan yhteyttä myös krooniselle keuhkotulehdukselle ominaisiin oireisiin ja löydöksiin. Kadmium kertyy maksaan ja munuaisiin, joista se poistuu vasta vuosikymmenien kuluessa. Munuaisiin kertymiseen voi myös liittyä ko. elinten vajaatoimintaa. Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut kadmiumin ihmisille syöpävaaralliseksi. Myös Euroopan unionin luokittelun mukaan kadmium ja sen monet yhdisteet katsotaan syöpää aiheuttaviksi, mutta kadmiumin merkitystä eurooppalaisissa ulkoilmapitoisuuksissa syöpää aiheuttavana tekijänä ei ole yleisesti hyväksytty. Maailman terveysjärjestö, WHO, määrittelee kadmiumin pitkäaikaisvaikutuksien rajoittamista varten viimeksi esittämänsä ohjearvon lähtien kadmiumin väestölle aiheuttamista munuaisiin kohdistuvista haitoista.

### **Nikkeli**

Nikkeli on hopeanvalkoinen, kova metalli, joka esiintyy pääasiassa kaksiarvoisena sekä orgaanisissa että epäorgaanisissa yhdisteissä. Osa nikkeliyhdisteistä liukee veteen ja osa on käytännössä veteen liukenemattomia. Nikkeliä esiintyy yleisesti maaperässä ja sitä on rikastuneena raakaöljyyn. Nikkeliä käytetään runsaasti teräksen ja metallisekoitteiden tuotannossa. Muita käyttöalueita ovat muun muassa keramiikka, paristot, elektroniikka sekä lasin ja muovien värjäys. Toisin kuin kadmiumia nikkeliä esiintyy ulkoilmassa melko runsaasti myös ns. karkeissa hiukkasissa, jotka ovat kooltaan muutamasta mikrometristä ylöspäin.

Nikkeliä vapautuu ulkoilmaan pääasiassa polttoaineiden ja jäteöljyn poltossa sekä nikkelimalmin louhinnassa ja jalostuksessa. Ulkoilman tärkeitä nikkeliyhdisteitä ovat nikkelisulfaatti ja nikkelioksidi, joita syntyy esimerkiksi energiantuotannossa. Öljyn ja hiilen poltossa muodostuvat hiukkaset sisältävät em. lisäksi myös monimutkaisia metallioksiedeja ja metalliteollisuuden päästöissä esiintyy myös metallista nikkeliä. Suomen kiinteiden päästölähteiden nikkeliyhdisteiden päästöt olivat 2000-luvun puolivälissä noin 25 tonnia, josta suurin osa muodostui metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Myös nikkelillä on tapahtunut kadmiumin tapaan päästöjen selvää pienenemistä

viime vuosikymmenien aikana. Vuodelle 2011 arvioitu Suomen nikkelin kokonaispäästö on 19,8 tonnia (SYKE, 2013). Liikenteen nikkelpäästöistä ei Suomessa ole tehty asianmukaisia arvioita.

Tyypillinen ulkoilman hiukkasten sisältämä nikkelpitoisuus on Euroopan puhtailla tausta-alueilla noin  $0,2\text{--}2\text{ ng/m}^3$  vuosikeskiarvoina ja vastaavasti korkeimmillaan noin  $50\text{ ng/m}^3$  lähellä teollisuuden päästölähteitä.

Euroopan unionin luokittelun mukaan useat nikkeliyhdisteet on todettu syöpää aiheuttaviksi ja monet nikkeliyhdisteet arvioitu mahdollisiksi karsinogeeneiksi. Luokun ottamatta metallista nikkeliä, myös Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut nikkeliyhdisteet ihmisille syöpävaarallisiksi. Maailman terveysjärjestö, WHO, määrittelee viimeksi esittämänsä nikkelin ohjearvon lähtien nikkelin ihmisille aiheuttamasta keuhkosityöpäriskistä. Kun otetaan huomioon ulkoilman nikkelpitoisuuksien taso, merkittävin nikkelialtistus saadaan Suomessa ja koko Euroopassa yleensä ruoan välityksellä. Keuhkoihin kohdistuvassa altistuksessa tupakoinnilla on erittäin suuri merkitys: tupakoitsijan saama annos voi olla jopa monikymmenkertainen tupakoimattoman henkilön saamaan nähden. Nikkelin aiheuttamia yleisiä terveyshaittoja ovat myös allergiset kontakti-ihottumat, hengitysteihin kohdistuvat vaikutukset, limakalvojen ärsytys sekä elimistön immuuni- ja puolustusjärjestelmään kohdistuvat vaikutukset.

### **Arseeni**

Arseeni esiintyy ympäristössä kolmi- tai viisiarvoisina epäorgaanisina, vesiliukoisina ja heikosti vesiliukoisina suoloina sekä kaasumaisina epäorgaanisina ja orgaanisina arseeniyhdisteinä. Luonnossa arseeni on sulfidina monien kaivannaismetallien sulfidien yhteydessä. Arseeni esiintyy kadmiumin tapaan pääasiassa ulkoilman pienissä hiukkasissa, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 mikrometri tai sitä pienempiä.

Arseenin keskeisiä päästölähteitä ovat metallien sulatus ja energiantuotanto, lähinnä hiilivoimalat. Suomen kiinteiden päästölähteiden arseeniyhdisteiden päästöiksi on arvioitu 2000-luvun alkupuolella noin 1–4 tonnia vuodessa, josta pääosa muodostui metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Arseenin aiempien vuosien päästöarvioihin sisältyy runsaasti epävarmuustekijöitä, mutta voitaneen ehkä todeta, että arseenin päästöt ovat vähentyneet maassamme viime vuosikymmenien aikana voimakkaammin kuin kadmium- ja nikkelpäästöt. Vuoden 2011 kokonaispäästöiksi Suomessa on arvioitu 3,4 tonnia (SYKE, 2013). Liikenteen arseenipäästöistä ei Suomessa ole tehty asianmukaisia arvioita.

Ulkoilman hiukkasten sisältämän arseenipitoisuuden on arvioitu olevan Euroopan puhtailla tausta-alueilla noin  $0,2\text{--}1,5\text{ ng/m}^3$  vuosikeskiarvoina ja vastaavasti noin  $0,5\text{--}3\text{ ng/m}^3$  kaupunkitausta- ja liikennealueilla sekä teollisuuden päästöympäristöissä korkeimmillaan noin  $50\text{ ng/m}^3$ .

Arseenille altistutaan pääasiallisesti ruoansulatuskanavan kautta ruoan ja juomaveden välityksellä. Eurooppalaisissa arvioissa on esitetty, että vain alle 1 % kokonaisannoksesta saataisiin normaalioloissa hengitysilmaasta. Työperäisissä altistuksissa, joissa arseenipitoisuudet ovat merkittävästi korkeampia kuin ulkoilmassa, on arseenin todettu lisäävän sydänkuoleman riskiä, aiheuttavan maksasairauksia, ruoansulatuskanavan, keskus- ja ääreishermoston oireita, allergisia ja muita iho-

oireita sekä vaikuttavan verisolujen muodostumiseen luuytimessä. On riittävä näyttö siitä, että epäorgaaniset arseeniyhdisteet ovat ihmisille iho- ja keuhkosyöpää aiheuttavia aineita. Tämä on todettu muun muassa Kansainvälinen syöpätutkimuskeskuksen, IARC:n ja Maailman terveysjärjestön, WHO:n luokituksissa. Hengitysteitse saatavien arseeniannosten kannalta keuhkosyöpä on em. merkittävin pitkäaikaisen altistumisen lopputila.

### **Kromi**

Kromi on harmaa, kova metalli, joka esiintyy luonnossa useimmiten kolmenarvoisena. Kromia tuotetaan ferrokromina, kaliumkromaattina sekä natriumkromaattina ja -dikromaattina, joita käytetään muun muassa kromiväriaineiden tuotannossa, nahan parkitsemisessa ja ruostumisen estossa.

Kromia vapautuu ulkoilmaan maaperästä joko luonnostaan tai kaivostoiminnan seurauksena sekä erityisesti kromia tuottavista teollisuuslaitoksista. Kromi esiintyy hiukkasissa, joiden koko on useimmiten alle 2 mikrometriä. Hengitysteiden kautta tapahtuvassa altistumisessa ja haitallisten vaikutusten kannalta tärkein kromiyhdiste on kuudenarvoinen kromi (VI). Sille altistuminen on ollut merkittävintä kromin tuotannossa, hitsauksessa sekä kromia sisältävistä tuotteista tapahtuvan höyrystymisen yhteydessä. Kolmenarvoista kromia (III) pidetään ihmisille ja eläimille hyödyllisenä hivenaineena. Kontakti maaperän orgaanisiin aineksiin lisää kuudenarvoisen kromin pelkistymistä kolmenarvoiseksi. Sen sijaan orgaanisen kolmenarvoisen kromin hapettuminen takaisin kuudenarvoiseksi kromiksi on hyvin hidas prosessi ja näin ollen kuudenarvoisen kromin muodostuminen on vähäistä.

Työympäristöjä koskevissa tutkimuksissa on havaittu, että pitkäaikaiseen korkeiden pitoisuuksien kromi (VI) -altistukseen liittyy keuhkosyövän ja nenän sivuonteloiden syövän lisääntyminen. Suurissa työpaikkapitoisuuksissa kromi (VI) on todettu hengitysteitä ja ihoa ärsyttäväksi. Samoin kromi (VI) voi aiheuttaa allergista kontakti-ihottumaa ja astmaa. Kromi (III) on selvästi kromi (VI):ta vähemmän ärsyttävä eikä esimerkiksi sille altistuvilla ferrokromitehtaiden työntekijöillä ole osoitettu keuhkosyövän lisääntymistä. Eläimillä tehdyissä hengitystiealtistuksissa kromi (VI) on aiheuttanut keuhkokasvaimia, kun taas kromi (III) ja kromimetalli eivät ole ilmenneet eläinkokeissa syöpää aiheuttaviksi.

Kansainvälisen syöpätutkimuskeskuksen, IARC:n, mukaan kromi (VI) on korkeina pitoisuuksina tunnettu syövän aiheuttaja ihmisessä, mutta näyttö kromi (III) -yhdisteiden ja kromimetallin syöpävaarallisuudesta ihmisessä on riittämätön. Outokummun Tornion tehtaat on selvittänyt aiemmin omissa tutkimuksissaan, että tehtaan ferrokromi- ja ruostumattoman terästuotannon päästöissä kromi olisi merkittävältä osaltaan haitattomassa tai vähemmän haitallisessa kolmiarvoisessa muodossa.

### 3 ILMANLAADUN OHJE-, RAJA- JA TAVOITEARVOT

*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 määriteltä valtionneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (Vnp 480/1996, ks. taulukko 1).

*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 määriteltä ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011, ks. taulukko 2).

*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 antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoituksen tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Arviointikynnykset on määriteltä ilmanlaatu- ja ns. metalliasetuksessa (Vna 38/2011; Vna 164/2007, ks. taulukot 3 ja 4).

*Tavoitearvolla* tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Tässä työssä tutkituista aineista arseenin, nikkelin ja kadmiumin tavoitearvo määritellään ilmassa olevan pitoisuuden vuosittaisena keskiarvona hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) näytteissä. Tavoitearvot on määriteltä valtioneuvoston ns. metalliasetuksessa (Vna 164/2007, ks. taulukko 4).

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

Koska ilmanlaatumittauksia tehtiin tässä tuktimuksessa myös Haaparannan Riekkolassa, huomioidaan ohje-, raja- ja tavoitearvotarkasteluissa tilanne em. ilmanlaatu-kriteerien suhteen Ruotsin lainsäädännössä. Ruotsin ilmanlaatua hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien suhteen säätelevät maan ohjearvot, jotka ovat samat kuin Suomen alueella sovellettavat EU-raja-arvot (ks. taulukko 2). Hiukkaspitoisuuden raja-arvot ovat samat sekä Suomessa että Ruotsissa. Sama koskee myös arsee-

nin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuuksia koskevia Euroopan unionin direktiivin mukaisia tavoitearvoja: samat tavoitearvot ja arviointikynnykset ovat voimassa molempien maiden lainsäädännössä. Tämä tarkoittaa, että seuraavassa esitetyt arviot Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tuloksista suhteessa ilmanlaatuksikriteereihin soveltuvat sekä Suomen että Ruotsin puolen alueiden ilmanlaadusta tehtävien päätelmien tekoon.

Taulukko 1. Ulkoilman hiukkaspitoisuuksien ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vnp 480/1996).

| Ulkoilman epäpuhtaus                         | Ohjearvo<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Tilastollinen määrittely                                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ ) | 70                                   | Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo                      |
| Kokonaisleijuma (TSP)                        | 120<br>50                            | Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste<br>Vuosikeskiarvo |

Taulukko 2. Ulkoilman hiukas- ja lyijypitoisuuksien raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 38/2011).

| Ulkoilman epäpuhtaus                         | Keskiarvon<br>laskenta-aika | Raja-arvo <sup>1)</sup><br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Sallittujen ylitusten määrä<br>kalenterivuodessa<br>(vertailujakso) | Ajankohta, josta<br>lähtien raja-arvot<br>ovat olleet<br>voimassa |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ ) | 24 tuntia                   | 50                                                  | 35                                                                  | 1.1.2005                                                          |
|                                              | kalenterivuosi              | 40                                                  | -                                                                   | 1.1.2005                                                          |
| Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2,5}$ )          | kalenterivuosi              | 25                                                  | -                                                                   | 1.1.2010                                                          |
| Lyijy (Pb)                                   | kalenterivuosi              | 0,5                                                 | -                                                                   | 15.8.2001                                                         |

1) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 3. Ilmanlaadun arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ), pienhiukkasten ( $\text{PM}_{2,5}$ ) ja lyijyn (Pb) pitoisuuksille (Vna 38/2011).

| Aine              | Keskiarvon<br>laskenta-aika                   | Alempi<br>arviointikynnys<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Ylempi<br>arviointikynnys<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| $\text{PM}_{10}$  | kalenterivuosi                                | 20                                                        | 28                                                        |
| $\text{PM}_{10}$  | 24 tuntia (saa ylittyä 35 krt/kalenterivuosi) | 25                                                        | 35                                                        |
| $\text{PM}_{2,5}$ | kalenterivuosi                                | 12                                                        | 17                                                        |
| Pb                | kalenterivuosi                                | 0,25                                                      | 0,35                                                      |



Taulukko 4. Arseenin (As), kadmiumin (Cd) ja nikkelin (Ni) tavoitearvot ja arviontikynnykset pitoisuuksien vuosikeskiarvoille (Vna 164/2007).

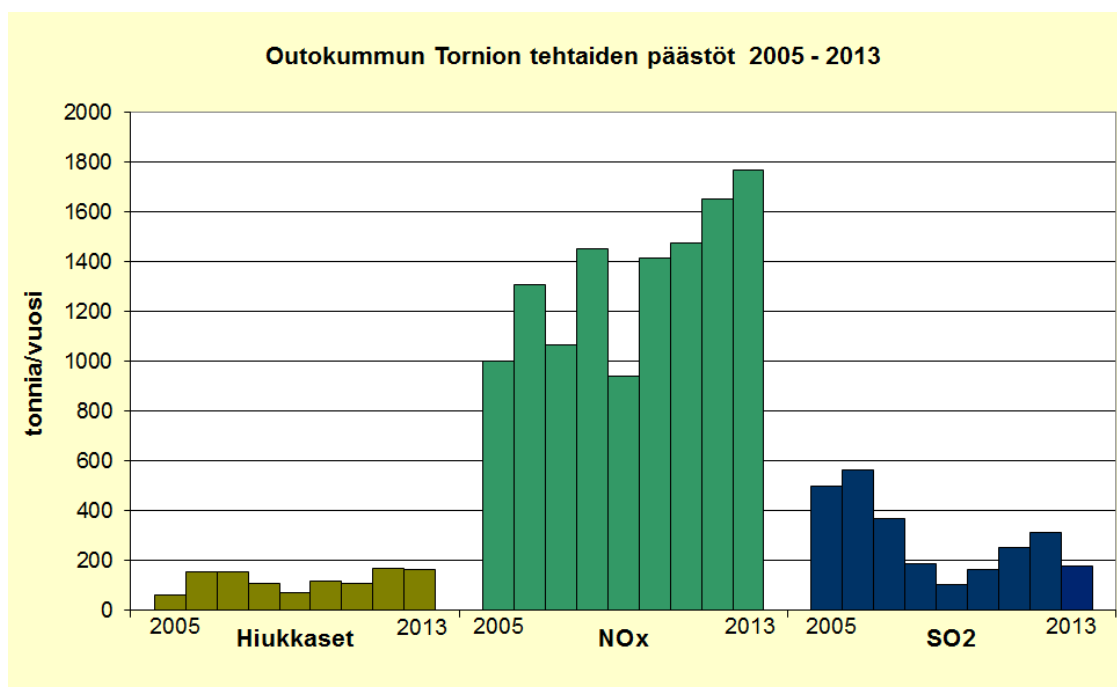
| Aine | Keskiarvon laskenta-aika | Tavoitearvo (ng/m <sup>3</sup> ) | Alempi arviontikynnys (ng/m <sup>3</sup> ) | Ylempi arviontikynnys (ng/m <sup>3</sup> ) | Ajankohta, josta lähtien tavoitearvot ovat olleet voimassa |
|------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| As   | kalenterivuosi           | 6                                | 2,4                                        | 3,6                                        | 1.1.2013                                                   |
| Cd   | kalenterivuosi           | 5                                | 2                                          | 3                                          | 1.1.2013                                                   |
| Ni   | kalenterivuosi           | 20                               | 10                                         | 14                                         | 1.1.2013                                                   |

#### 4 OUTOKUMMUN TORNION TEHTAIDEN PÄÄSTÖT

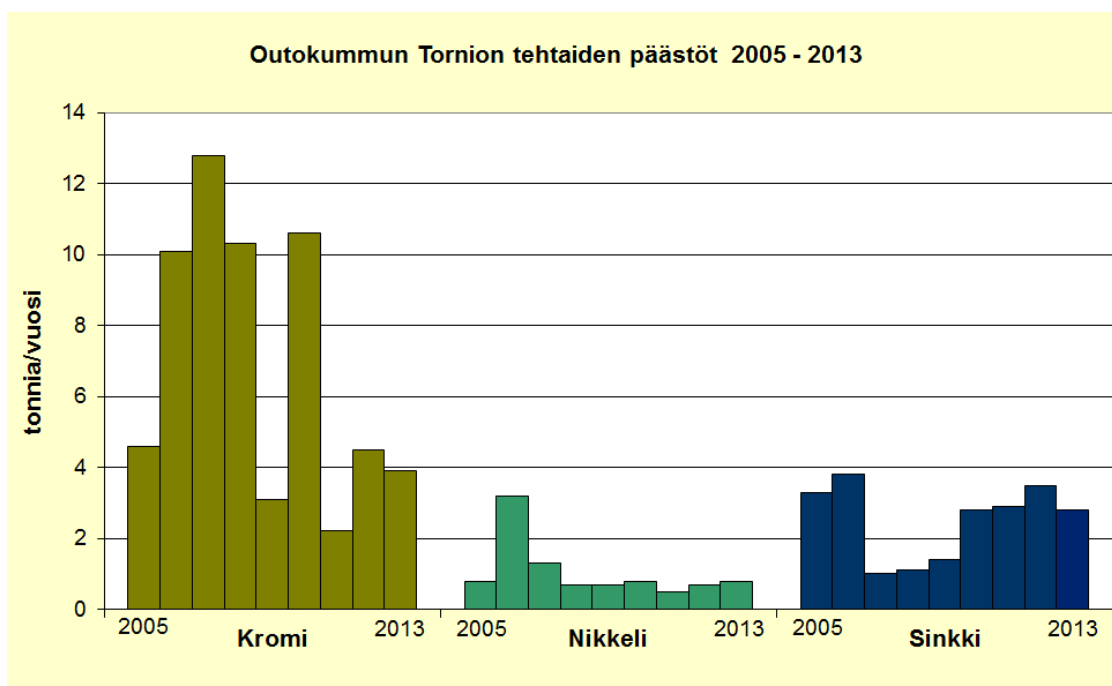
Outokummun Tornion tehtaiden päästöt olivat vuonna 2013: rikkidioksidi 177 tonnia, typen oksidit 1 767 tonnia ja hiukkaset 164 tonnia. Lisäksi Tornion tehtailla muodostui vuonna 2013 noin 3,9 tonnia kromipäästöjä, 0,8 tonnia nikkelpäästöjä ja 2,8 tonnia sinkkipäästöjä.

Vuonna 2011, jolloin Ilmatieteen laitos edellisen kerran mittasi ilmanlaatua Torniossa, Outokummun Tornion tehtaiden päästöt olivat: rikkidioksidi 250 tonnia, typen oksidit 1 474 tonnia ja hiukkaset 105 tonnia. Vuoden 2011 metallipäästöt olivat: kromi 2,2 tonnia, nikkeli 0,5 tonnia ja sinkki 2,9 tonnia.

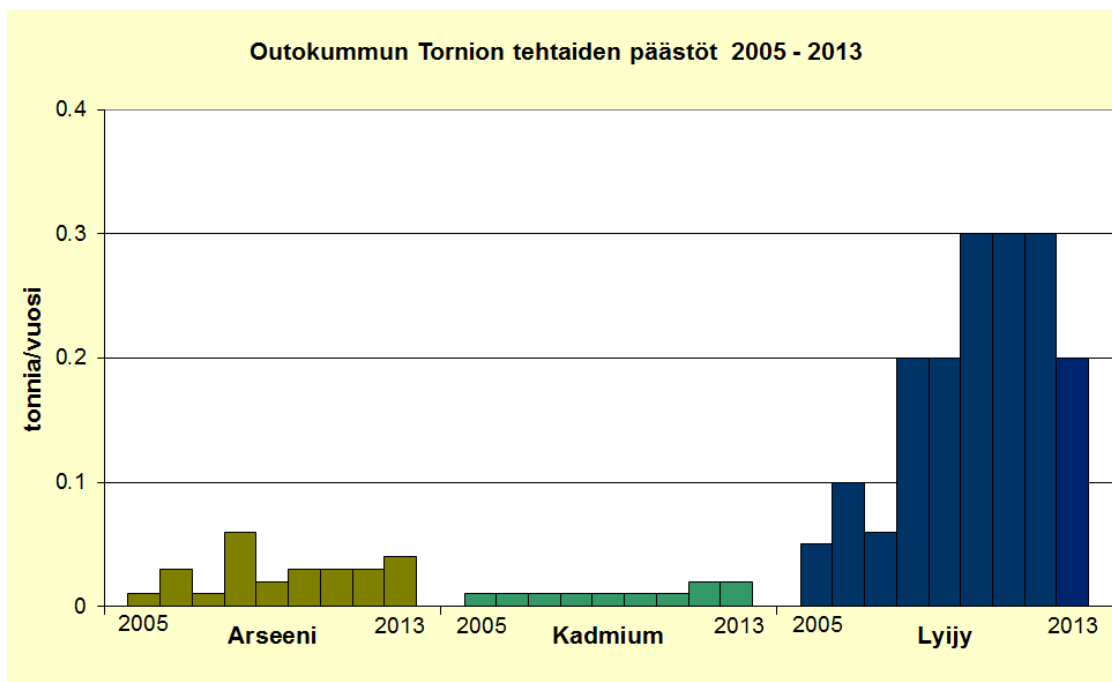
Kuvissa 2–4 on esitetty Outokummun Tornion tehtaiden rikkidioksidi-, typenoksidi-, hiukkas-, kromi-, nikkeli-, sinkki-, arseeni-, kadmium- ja lyijypäästöjen kehitys vuosina 2005–2013. Päästöjen vuotuiset vaihtelut ovat olleet melko suuria. Erityisesti kromipäästöt ovat vaihdelleet paljon vuosittain.



Kuva 2. Outokummun Tornion tehtaiden hiukkas-, typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöt vuosina 2005 - 2013. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.



Kuva 3. Outokummun Tornion tehtaiden kromi-, nikkeli- ja sinkkipäästöt vuosina 2005 - 2013. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.



Kuva 4. Outokummun Tornion tehtaiden arseeni-, kadmium- ja lyijypäästöt vuosina 2005 - 2013. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.

## 5 TUTKIMUKSEN SUORITUS

Ilmanlaatumittauksia tehtiin 9.1.2013 - 31.12.2013 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkanalysoitsajilla koko mittausjakson ajan. Pienhiukkaspitoisuuksien mittaukset lopetettiin 8.1.2014, kun oli saatu riittävästi tietoa Tornio-Haaparanta -alueen pienhiukkasten pitoisuustasosta vuoden pituiselta jaksolta. Pienhiukkaspitoisuudet raportoidaan tässä yhteydessä koko vuoden pituiselta jaksolta 9.1.2013 – 8.1.2014, jotta voidaan tehdä asianmukaiset vertailut pienhiukkaspitoisuuden vuosiraja-arvoon.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaadun tarkkailupisteissä mitattiin myös tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta noin 5 metrin korkeudelta maanpinnasta. Hengitettävien hiukkasten jatkuvatoimisten pitoisuusmittausten näytteenotto tapahtui mittauskopin katolta noin 4–5 metrin korkeudelta maan pinnasta.

Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä kerättiin hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausinäytteitä pientehokeräimillä hiukkasten alkuainekoostumuksen määrittäjänsä varten. Näytteitä kerättiin tammi-maaliskuussa 2013 ja elo-syyskuussa 2013 referenssimenetelmän EN 12341:1999 mukaisesti. Käytetty menetelmä on ns. vertailu- eli referenssimenetelmä hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä myös arseenin, kadmiumin, nikkelin ja PAH-yhdisteiden määrittäjänsä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet ns. metallidirektiivin (2004/107/EY) mukaan. Ko. direktiivi on saatettu voimaan Suomen lainsäädäntöön asetuksella helmikuussa 2007 (Vna 164/2007). Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa.

Keräimillä tehdyissä hengitettävien hiukkasten näytteiden otossa suodatinnäytteiden keräys kesti vuorokauden (noin klo 00 - 24) ja näytteitä otettiin joka neljäs päivä. Näytteistä määritettiin arseeni, kadmium, nikkeli, kromi, lyijy, sinkki, alumiini, koboltti, kupari, rauta, mangaani ja vanadiini Suomen ympäristökeskuksen kemian laboratoriossa. Hiukkasnäytteille tehtiin ennen analyysiä ns. totaalihiujutus. Analyysit tehtiin SFS-EN 14 902:2006 -standardin mukaan, joka on Euroopan komission antaman metallidirektiivin mukainen menetelmä arseenille, kadmiumille ja nikkelille. Menetelmä sisältää näytteiden typpihappohajotuksen mikroaaltouunissa. Menetelmällä päästään erittäin pieniin pitoisuuksiin.

Suomen ympäristökeskuksen kemian laboratorion laatujärjestelmä on standardin EN ISO/IEC 17025:2005 mukainen ja sen arseeni- ja metallianalyysit on akkreditoitu vesinäytteille. Suomen ympäristökeskuksen kemian laboratorio on Mittatekniikan keskuksen (FINAS) akkreditoima testauslaboratorio T003. Analysoidut alkuaineet, mittausalueet ja mittausepävarmuudet on esitetty liitetaulukossa 1.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittauksissa käytetyt jatkuvatoimiset mittausmenetelmät ja laitteet sekä keräys- ja analyysimenetelmät on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Ruohokarissa esiintyi loka-joulukuussa 2013 sähkökatkoja, jotka aiheuttivat vikatilanteita hiukkaslaitteisiin ja aineistoa jouduttiin ajoittain hylkäämään. Riekkolan pienhiukkaslaite rikkoutui toukokuussa ja se korvattiin vastaavanlaisella laitteella. Mittausaineistoa jäi puuttumaan jaksolta 17. - 21.5.2013.

Taulukko 5. Tornion ja Haaparannan jatkuvatoimiset ilmanlaadun ja sään mittausmenetelmät ja -laitteet.

| Mitattava komponentti                    | Mittausmenetelmä                            | Mittalaite              |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| Hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset | $\beta$ -säteilyn absorptio + valon sironta | Thermo Model 5030 SHARP |
| Meteorologiset tiedot                    |                                             | Vaisala WXT             |

*Hengitettävät hiukkaset ( $PM_{10}$ ):*

Mittaukset tehtiin seuraavan standardin mukaisesti: ISO 10473:2000 Ambient air – Measurement of the mass of particulate matter on filter medium – Beta-ray absorption method.

Taulukko 6. Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten keräys- ja analyysimenetelmät.

| Mitattava komponentti                            | Keräysmenetelmä                                    | Keräys-aika | Analyysimenetelmä |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------------|
| Arseeni ja metallit hengitettävissä hiukkasissa* | Pientehokeräin, esierotin (10 $\mu$ m)<br>Suodatin | 1 vrk       | ICP-MS            |

\*) Hengitettävien hiukkasten näytteet kerättiin EN 12341-standardin mukaisella vertailumenetelmällä.

Tornion Ruohokarin mittauspiste sijaitsee Ruohokarin saaren eteläosassa avoimella paikalla voimalinjojen alapuolella (ks. kuva 5). Ruohokarin rannoilla on vapaa-ajan mökkejä ja muutamia ympärivuotisesti asuttuja taloja. Päälystetty Ruohokarintie päättyy saaren eteläkärkeen, joten sitä pitkin kulkee vain vähäistä kiinteistöihin suuntautuvaa liikennettä. Mittauskopin viereinen pieni tie on hiekkatie. Lähin kesämökki sijaitsee 60 metriä mittausasemasta pohjoiseen. Muut mökit sijaitsevat noin 100 metrin etäisyydellä pohjoisen ja kaakon välisellä sektorilla. Tornion Outokummun tehtaat sijoittuvat mittauspisteen lounaispuolelle noin 5,5 kilometrin etäisyydelle.

Haaparannan Riekkolan mittauspiste sijaitsee Haaparannan kaupungin vapaa-ajantoimen omistaman rakennuksen vieressä (ks. kuva 6). Rakennusta käytetään harvakseltaan esim. kokousten ja koululaisten hiihtokilpailujen aikana. Piha-alue on osittain nurmipäälysteinen ja osittain hiekkakenttää. Rakennuksessa on tulisija, mutta se ei ole käytössä. Sen sijaan pihapiirissä on mittauspisteen luoteispuolella rakennuksen takana laavu, jonka tulentekopaikan savut vaikuttivat ajoittain mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin. Tornion Outokummun tehtaat sijaitsevat noin 5 km mittauspisteestä kaakkoon.

Mittauspisteiden sijainti kartalla käy ilmi kuvasta 7. Mittauspisteet pyrittiin valitsemaan sellaisilta alueilta, että lähilähteet, kuten liikenne tai asuinrakennusten tulisijojen käyttö, eivät vaikuttaisi pitoisuuksiin, vaan mittauksilla voitaisiin seurata Tornion yleistä taustailmanlaatua ja Outokummun tehtaiden mahdollista vaikutusta pitoisuuksiin.



Kuva 5. Tornion Ruohokarin mittauspiste.



Kuva 6. Haaparannan Riekkolan mittauspiste.



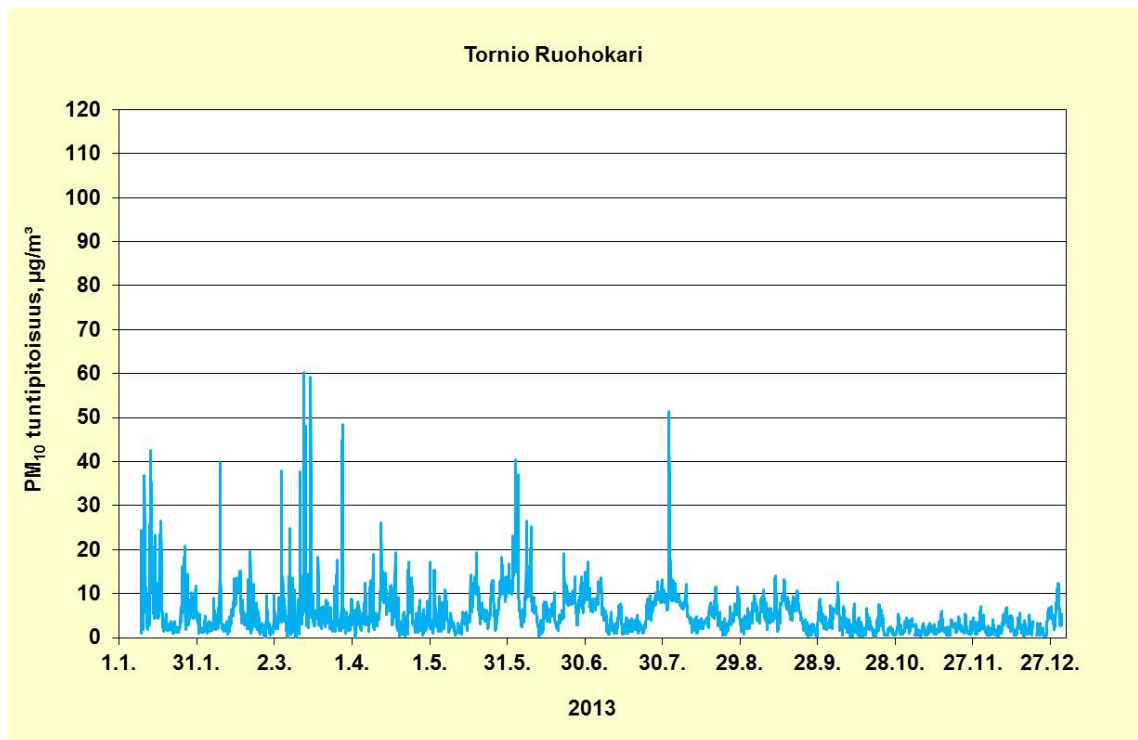


Kuva 7. Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteiden sijainnit. Ruohokarin mittauspiste sijaitsee Outokummun Tornion tehtaiden alueesta noin 5,5 km koilliseen ja Riekkolan mittauspiste noin 5 km luoteeseen.

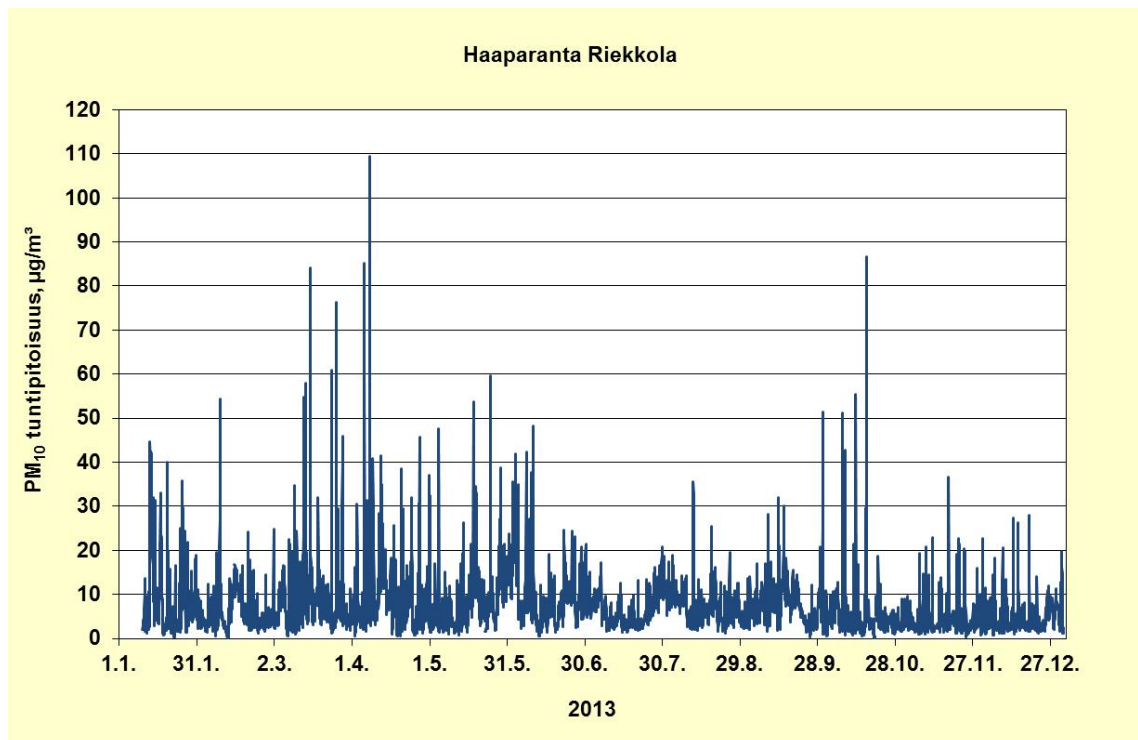
## 6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

### 6.1 Mitatut hiukkaspitoisuudet ( $PM_{10}$ ja $PM_{2,5}$ )

Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä jaksolla 9.1.-31.12.2013 mitatut hengitettävien hiukkasten tunti- ja vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvissa 8–11. Ajanjaksolla 9.1.2013 – 8.1.2014 mitatut pienhiukkasten tunti- ja vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvissa 12–15. Taulukoissa 7–10 tulokset on esitetty kuukausittaisina tunti- ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina. Tuulen nopeuden, ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmanpaineen tunti-arvot on esitetty liitekuvin 1–8.

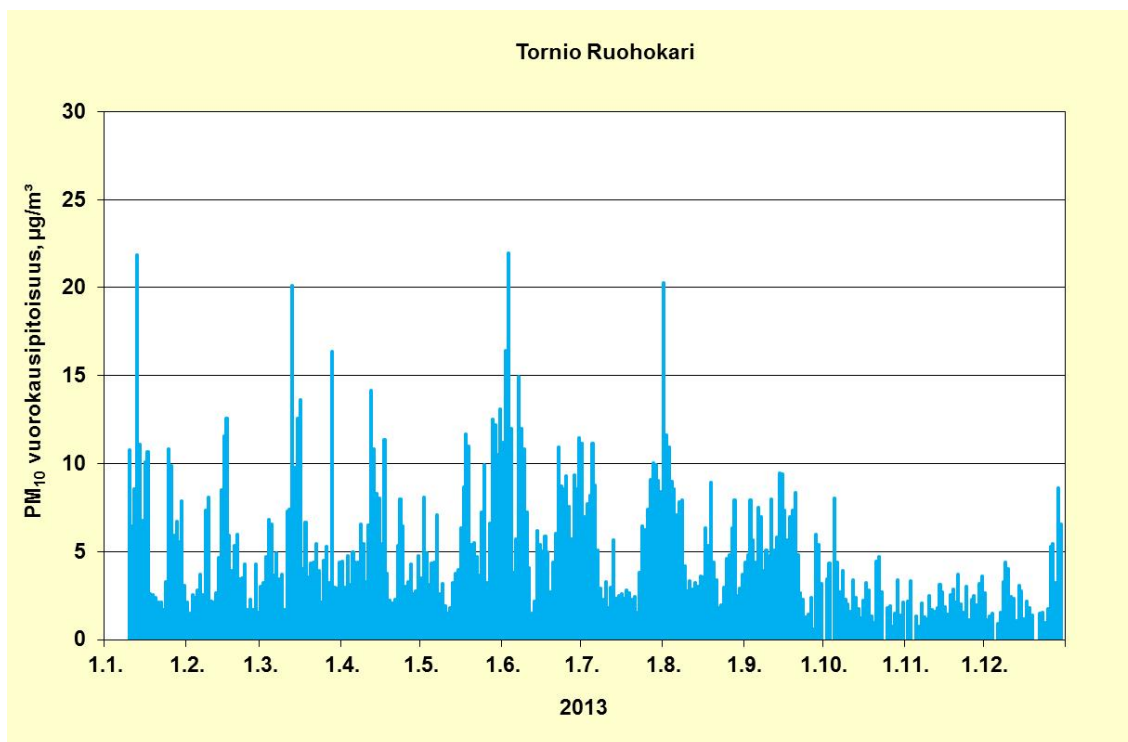


Kuva 8. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) tuntipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 9.1. - 31.12.2013.

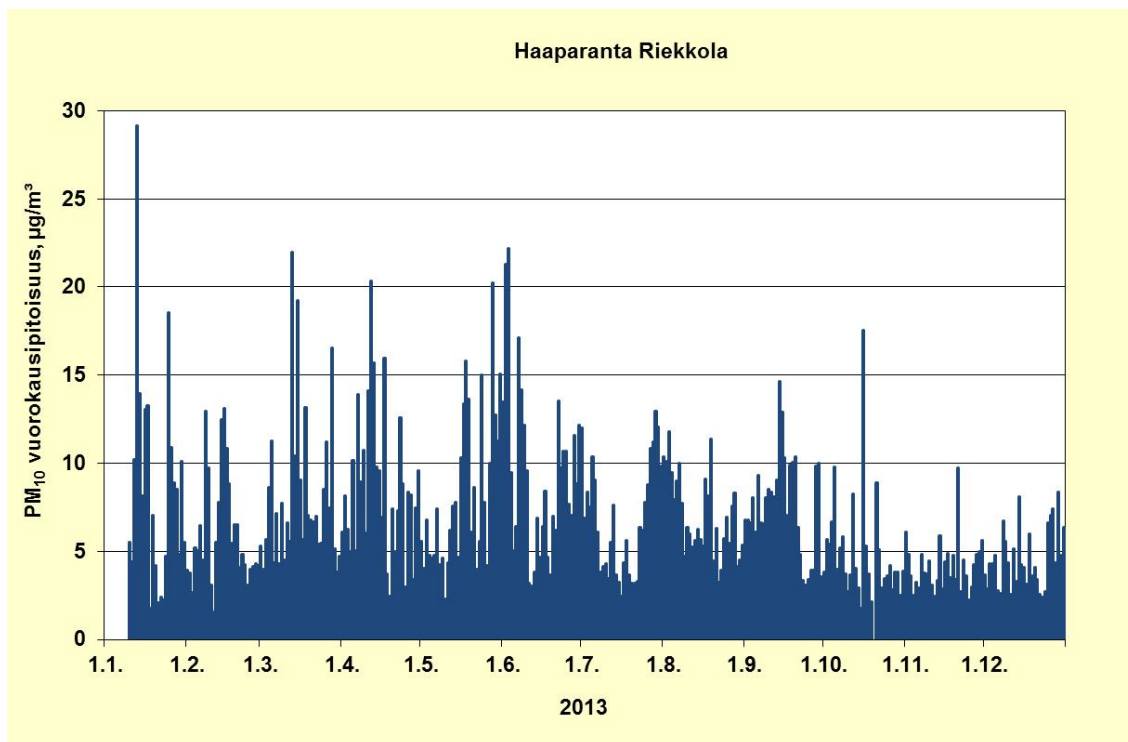


Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) tuntipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 9.1. - 31.12.2013.

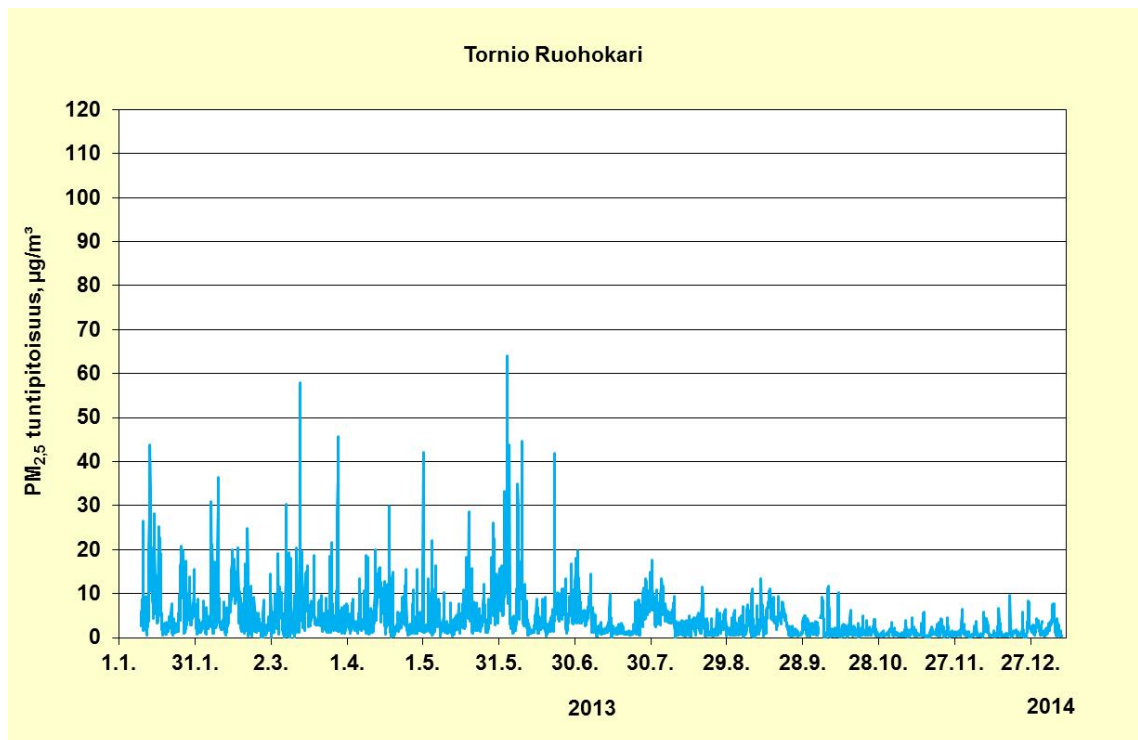




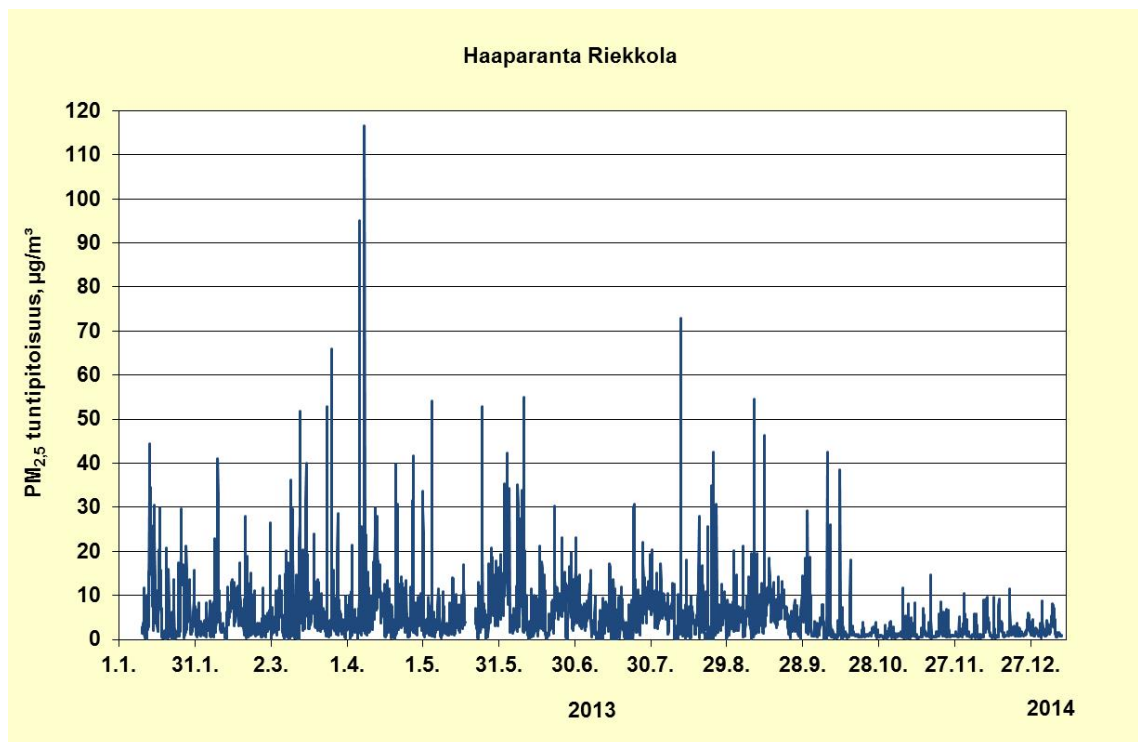
Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) vuorokausipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 9.1. - 31.12.2013.



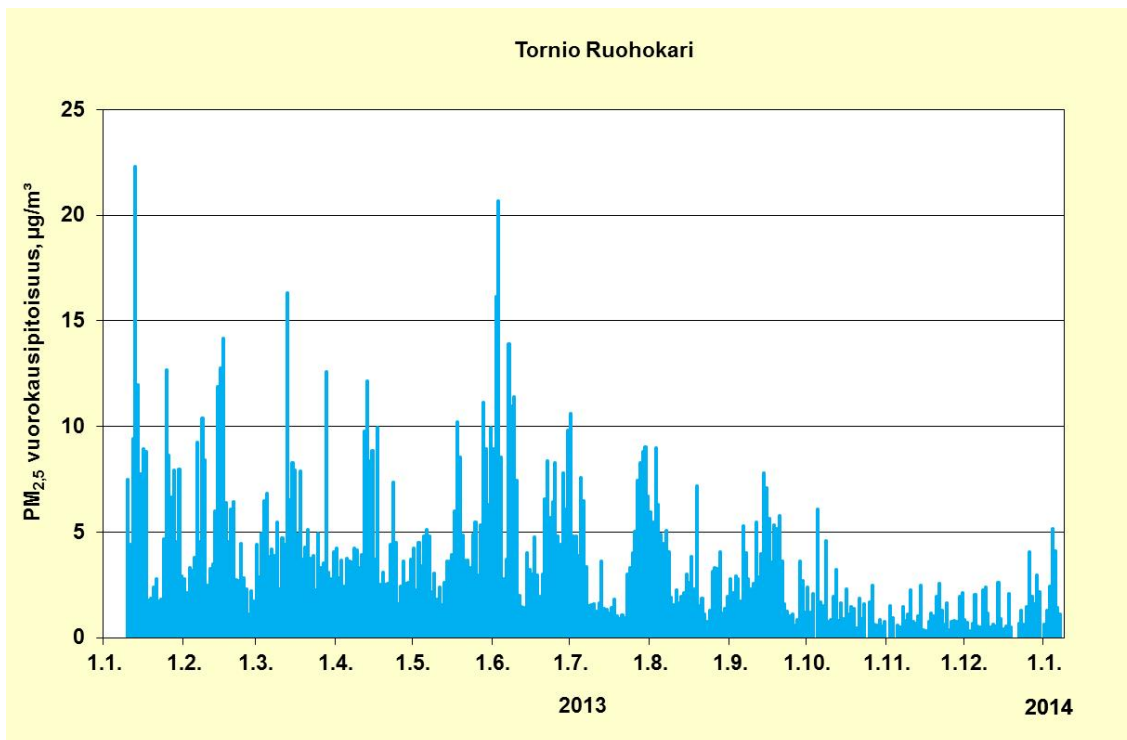
Kuva 11. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) vuorokausipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 9.1. - 31.12.2013.



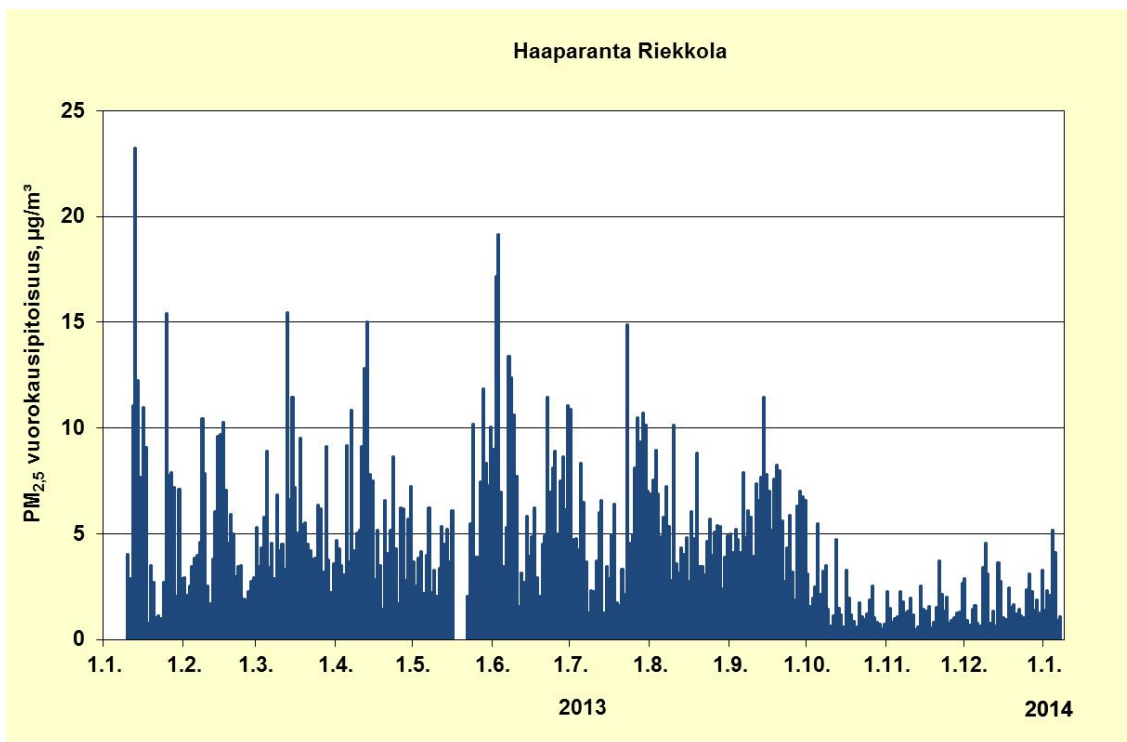
Kuva 12. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) tuntipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.



Kuva 13. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) tuntipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.



Kuva 14. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) vuorokausipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.



Kuva 15. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) vuorokausipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.

Taulukko 7. Tornion Ruohokarin mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuudet jaksolla 9.1. - 31.12.2013.

| 2013                  |      |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| PM <sub>10</sub>      | 1    | 2    | 3    | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   |
| TUNTIARVOJEN          |      |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      |
| lukumäärä             | 538  | 671  | 743  | 720 | 743  | 720 | 744 | 744 | 720 | 702  | 695  | 687  |
| määrä (%)             | 72,3 | 99,9 | 99,9 | 100 | 99,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 94,4 | 96,5 | 92,3 |
| keskiarvo (µg/m³)     | 6,9  | 4,3  | 6,0  | 5,3 | 6,1  | 8,2 | 5,5 | 5,7 | 5,3 | 2,8  | 2,2  | 2,7  |
| 99. % -piste (µg/m³)  | 32   | 15   | 44   | 18  | 16   | 28  | 13  | 23  | 12  | 10   | 6    | 11   |
| korkein arvo (µg/m³)  | 43   | 40   | 60   | 26  | 19   | 40  | 17  | 51  | 14  | 13   | 7    | 12   |
| VRK-ARVOJEN           |      |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      |
| lukumäärä             | 23   | 28   | 31   | 30  | 31   | 30  | 31  | 31  | 30  | 28   | 28   | 27   |
| 2. kork. arvo (µg/m³) | 11   | 12   | 16   | 11  | 13   | 16  | 11  | 11  | 9   | 5    | 4    | 7    |
| korkein arvo (µg/m³)  | 22   | 13   | 20   | 14  | 13   | 22  | 11  | 20  | 9   | 8    | 4    | 9    |

Taulukko 8. Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuudet jaksolla 9.1. - 31.12.2013.

| 2013                  |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |     |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|
| PM <sub>10</sub>      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12  |
| TUNTIARVOJEN          |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |     |
| lukumäärä             | 528  | 669  | 743  | 716  | 742  | 720 | 744 | 744 | 720 | 736  | 719  | 744 |
| määrä (%)             | 71,0 | 99,6 | 99,9 | 99,4 | 99,7 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98,9 | 99,9 | 100 |
| keskiarvo (µg/m³)     | 8,6  | 6,0  | 8,1  | 8,7  | 8,2  | 9,4 | 6,7 | 7,0 | 7,6 | 4,9  | 4,1  | 4,6 |
| 99. % -piste (µg/m³)  | 40   | 22   | 48   | 37   | 32   | 35  | 17  | 17  | 21  | 30   | 20   | 18  |
| korkein arvo (µg/m³)  | 45   | 54   | 84   | 109  | 60   | 48  | 21  | 36  | 51  | 87   | 37   | 28  |
| VRK-ARVOJEN           |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |     |
| lukumäärä             | 22   | 28   | 31   | 30   | 31   | 30  | 31  | 31  | 30  | 30   | 30   | 31  |
| 2. kork. arvo (µg/m³) | 19   | 13   | 19   | 16   | 16   | 21  | 12  | 11  | 13  | 10   | 6    | 8   |
| korkein arvo (µg/m³)  | 29   | 13   | 22   | 20   | 20   | 22  | 13  | 12  | 15  | 18   | 10   | 8   |

Taulukko 9. Tornion Ruohokarin mittauspisteessä mitatut pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) pitoisuudet jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.

|                       | 2013 |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      | 2014 |
|-----------------------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| PM <sub>2,5</sub>     | 1    | 2    | 3    | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   | 1    |
| <b>TUNTIARVOJEN</b>   |      |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      |      |
| lukumäärä             | 535  | 671  | 742  | 720 | 743  | 720 | 744 | 744 | 720 | 714  | 695  | 707  | 174  |
| määrä (%)             | 71,9 | 99,9 | 99,7 | 100 | 99,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96,0 | 96,5 | 95,0 | 23,4 |
| keskiarvo (µg/m³)     | 6,8  | 5,2  | 5,3  | 4,5 | 4,8  | 6,7 | 3,9 | 3,2 | 3,3 | 1,7  | 1,2  | 1,3  | 2,3  |
| 99. % -piste (µg/m³)  | 32   | 20   | 30   | 18  | 18   | 37  | 14  | 11  | 10  | 10   | 5    | 7    | 8    |
| korkein arvo (µg/m³)  | 44   | 36   | 58   | 30  | 42   | 64  | 20  | 14  | 13  | 12   | 7    | 10   | 8    |
| <b>VRK-ARVOJEN</b>    |      |      |      |     |      |     |     |     |     |      |      |      |      |
| lukumäärä             | 22   | 28   | 31   | 30  | 31   | 30  | 31  | 31  | 30  | 29   | 28   | 28   | 7    |
| 2. kork. arvo (µg/m³) | 13   | 13   | 13   | 10  | 10   | 16  | 9   | 7   | 7   | 5    | 2    | 3    | 4    |
| korkein arvo (µg/m³)  | 22   | 14   | 16   | 12  | 11   | 21  | 11  | 9   | 8   | 6    | 3    | 4    | 5    |

Taulukko 10. Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä mitatut pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) pitoisuudet jaksolla 9.1.2013 - 8.1.2014.

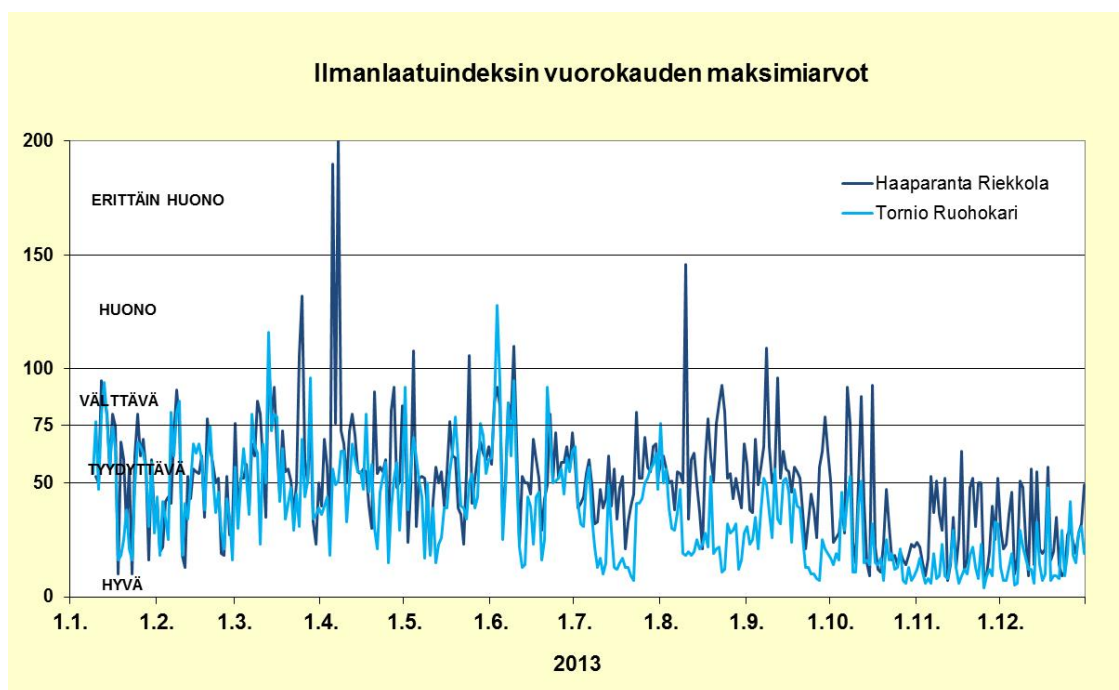
|                       | 2013 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |     | 2014 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|
| PM <sub>2,5</sub>     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11   | 12  | 1    |
| <b>TUNTIARVOJEN</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |     |      |
| lukumäärä             | 527  | 671  | 743  | 716  | 643  | 716  | 729  | 732  | 719  | 744 | 719  | 744 | 179  |
| määrä (%)             | 70,8 | 99,9 | 99,9 | 99,4 | 86,4 | 99,4 | 98,0 | 98,4 | 99,9 | 100 | 99,9 | 100 | 24,1 |
| keskiarvo (µg/m³)     | 6,6  | 4,6  | 5,6  | 5,9  | 5,2  | 7,4  | 5,7  | 5,2  | 6,0  | 1,8 | 1,5  | 1,8 | 2,3  |
| 99. % -piste (µg/m³)  | 34   | 23   | 34   | 31   | 19   | 33   | 21   | 24   | 19   | 10  | 7    | 9   | 7    |
| korkein arvo (µg/m³)  | 45   | 41   | 66   | 117  | 54   | 55   | 31   | 73   | 54   | 42  | 15   | 11  | 8    |
| <b>VRK-ARVOJEN</b>    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |     |      |
| lukumäärä             | 22   | 28   | 31   | 30   | 26   | 30   | 31   | 31   | 30   | 31  | 30   | 31  | 7    |
| 2. kork. arvo (µg/m³) | 15   | 10   | 11   | 13   | 10   | 17   | 11   | 9    | 8    | 5   | 3    | 4   | 4    |
| korkein arvo (µg/m³)  | 23   | 10   | 15   | 15   | 12   | 19   | 15   | 10   | 11   | 5   | 4    | 5   | 5    |

## 6.2 Ilmanlaatuindeksi

Torniossa ja Haaparannalla mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella on laskettu ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatutilannetta (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono). Indeksien laskennassa käytetään hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksia. Kuvassa 16 on esitetty yhteenveto vuoden 2013 vuorokauden maksimi-indeksi-arvoista. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan.

Tornion Ruohokarissa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 72 %, tyydyttävää 21 % ja välttävää 6 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa kahtena päivänä (alle 1 % päivistä). Huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat pienhiukkaspitoisuudet 13.3.2013 ja 3.6.2013. Maaliskuun 13. päivän aamuna ilmanlaatua on heikentänyt inversiotilanne, koska ilma on ollut hyvin tyyntä ja lämpötila on ollut -25 astetta. Hiukkaspäästöt ovat todennäköisesti peräisin laajemmalla alueella eikä yhtä lähdeä voida osoittaa. Kesäkuun 3. päivä oli hellepäivä, jolloin ilmanlaatua on todennäköisesti heikentänyt läheisten kesämökkien puunpoltosta johtuneet savut.

Haaparannan Riekkolassa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 48 %, tyydyttävää 38 % ja välttävää 11 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa kahdeksana päivänä ja erittäin huonoa kahtena päivänä (yhteensä 3 % päivistä). Ilmanlaatu oli huonoa 13.3., 24.3., 25.3., 4.5., 24.5., 9.6., 10.8 ja 8.9. sekä erittäin huonoa 5.4 ja 7.4. Ilmanlaatua heikensivät kaikkina edellä mainittuina päivinä pienhiukkasten korkeat pitoisuudet. Useimmin huonoa ja erittäin huonoa ilmanlaatua aiheuttivat mittausaseman pihapiirissä olevan laavun tulentekopaikan savut. Lumien sulettua pihapiirin hiekkakentästä on voinut myös nousta pölyä ilmaan. 13.3. ilmanlaatu heikkeni inversion vuoksi. Toukokuun 24. päivänä tuulen suunta oli huonon ilmanlaadun aikaan kaakosta eli Outokummun tehtaiden suunnalta.



Kuva 16. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa vuonna 2013.

### 6.3 Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet

Tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013 Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä oli samanaikaisesti hiukkaskeräimet, joilla kerättiin hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausinäytteitä joka neljäs päivä. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa. Näytteistä analysoitiin arseeni-, kadmium-, kromi-, nikkeli-, lyijy-, sinkki-, alumiini-, koboltti-, kupari-, rauta-, mangaani- ja vanadiumpitoisuudet. Ilmanlaadun kannalta tärkeimpien metallien ja arseenin tulokset on esitetty taulukoissa 11 ja 12, joihin on koottu mittausjakson keskiarvo, suurin ja pienin arvo sekä hajonta. Kaikkien analysoitujen metallien pitoisuustulokset on esitetty näytteittäin liitetaulukoissa 2–3 ja kuvissa 17–28.

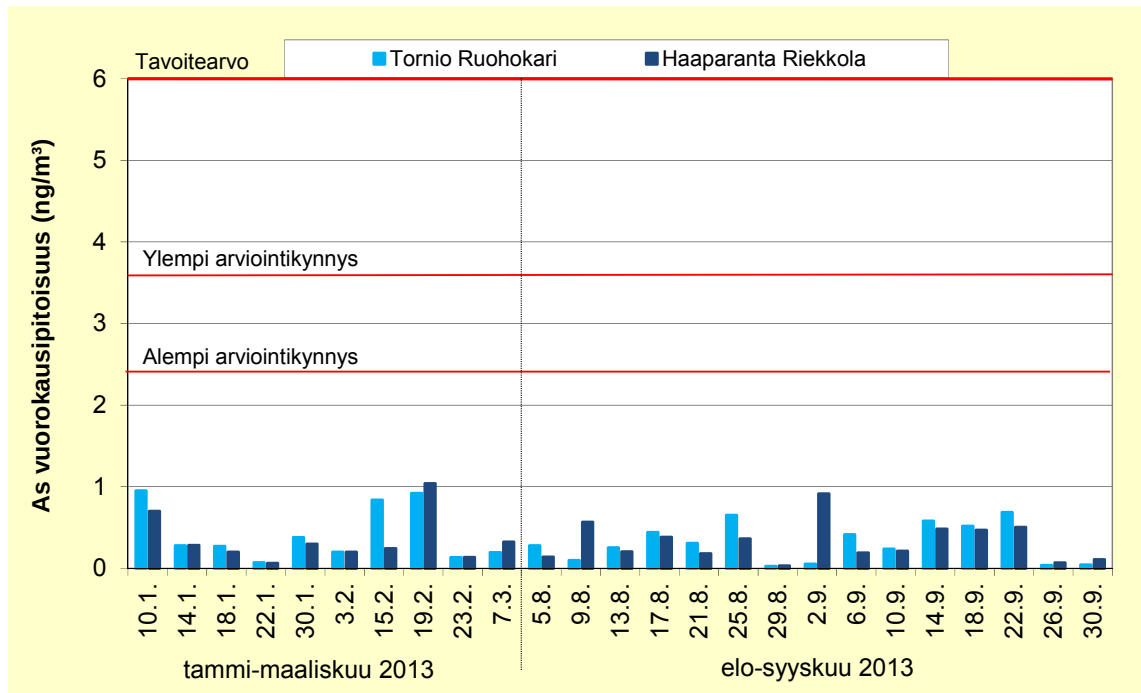
Tornion Ruohokarissa mitatut metallien vuorokausipitoisuuksien keskiarvot ovat suurempia kuin Haaparannan Riekkolassa. Tähän vaikuttaa se, että Outokummun tehtaat sijaitsevat Ruohokarin asemalta katsoen lounaan suunnassa. Koska lounaistuulet ovat vallitsevia tuulia, on terästehtaan metallipäästöjen vaikutus havaittavissa Ruohokarin hiukkasnäytteissä useammin kuin Riekkolassa.

Taulukko 11. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet Tornion Ruohokarin tutkimuspisteessä tammi-maaliskuun ja elo-syyskuun 2013 vuorokausinäytteissä.

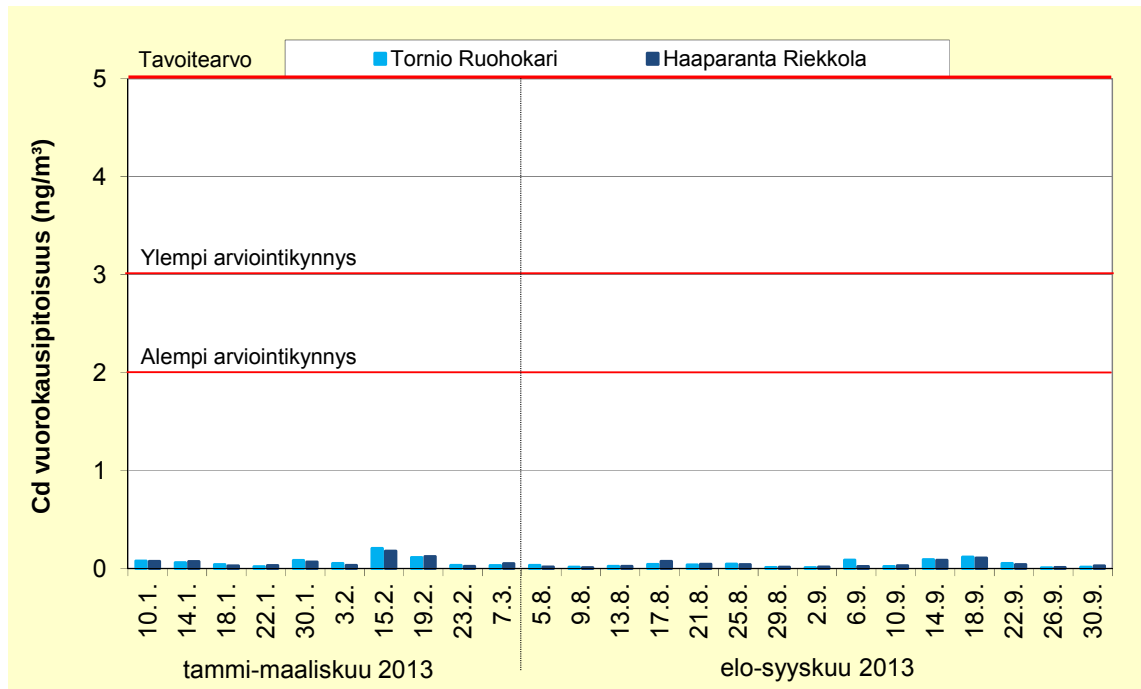
| PM <sub>10</sub><br>Tornio Ruohokari | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> | Cr<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Zn<br>ng/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Keskiarvo                            | 0,35                    | 0,052                   | 14                      | 2,3                     | 2,4                     | 19                      |
| Minimi                               | 0,02                    | 0,008                   | 0,03                    | 0,006                   | 0,07                    | 0,8                     |
| Maksimi                              | 0,95                    | 0,20                    | 98                      | 8,4                     | 12                      | 119                     |
| Hajonta                              | 0,28                    | 0,04                    | 22                      | 2,7                     | 2,6                     | 29                      |

Taulukko 12. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteessä tammi-maaliskuun ja elo-syyskuun 2013 vuorokausinäytteissä.

| PM <sub>10</sub><br>Haaparanta Riekkola | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> | Cr<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Zn<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Keskiarvo                               | 0,33                    | 0,048                   | 9,0                     | 1,3                     | 1,6                     | 9,6                     |
| Minimi                                  | 0,03                    | 0,008                   | 0,02                    | 0,04                    | 0,14                    | 2,1                     |
| Maksimi                                 | 1,04                    | 0,18                    | 59                      | 6,8                     | 5,5                     | 46                      |
| Hajonta                                 | 0,26                    | 0,04                    | 15                      | 1,8                     | 1,4                     | 9,0                     |

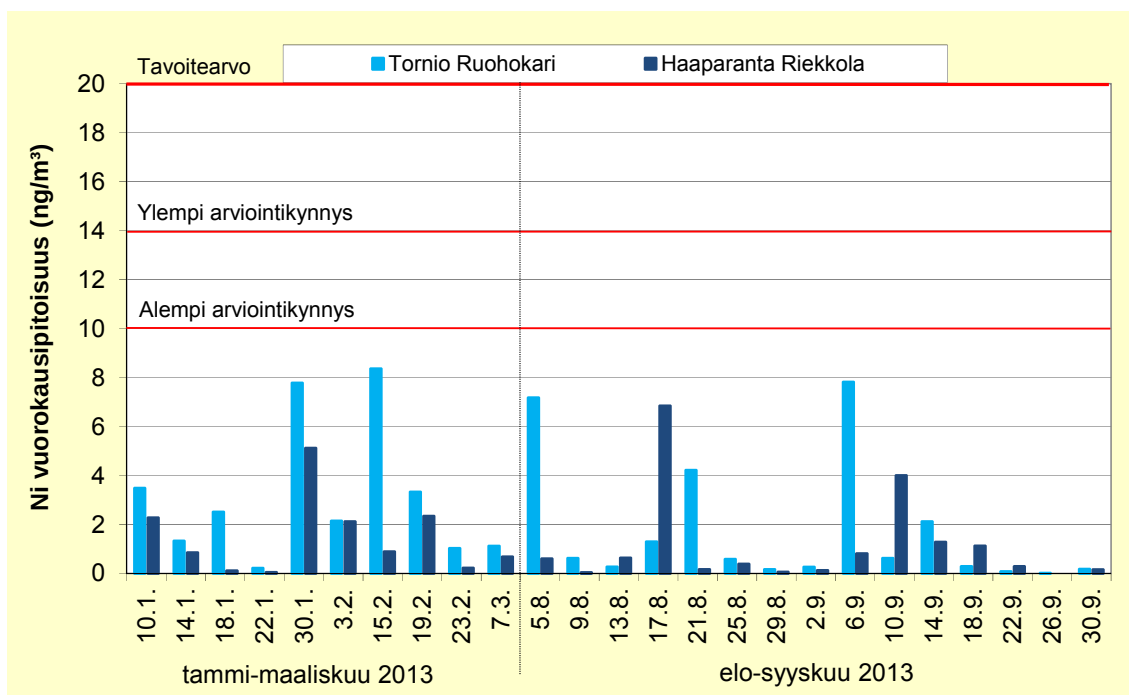


Kuva 17. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt arseenipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.

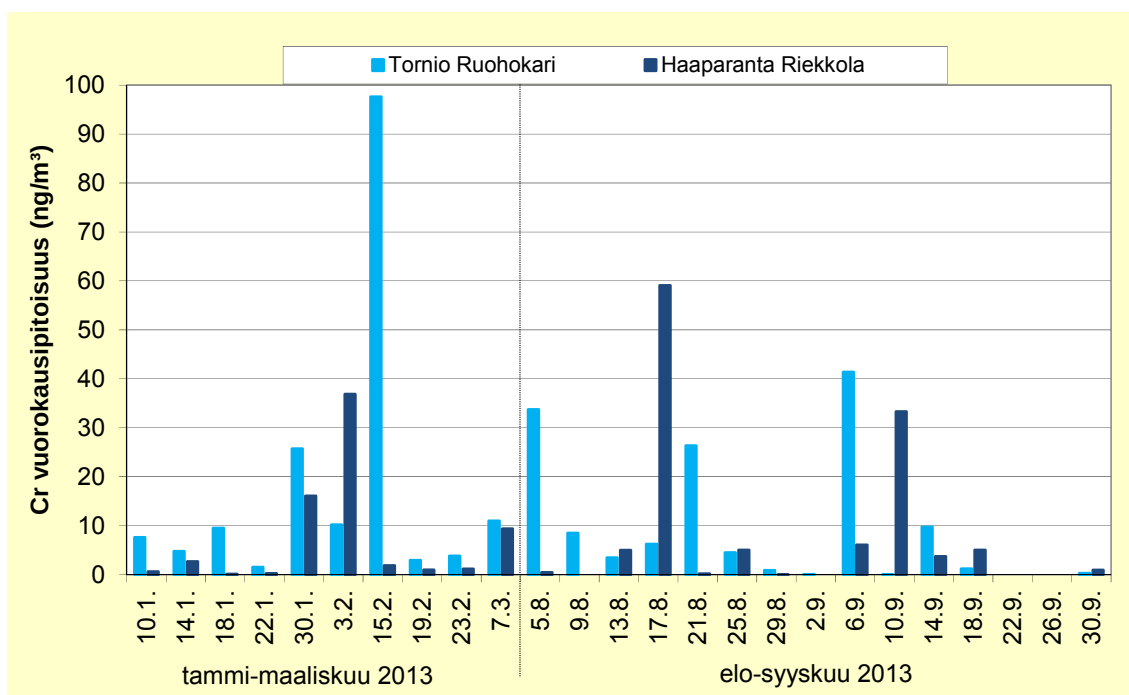


Kuva 18. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt kadmiumpitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.

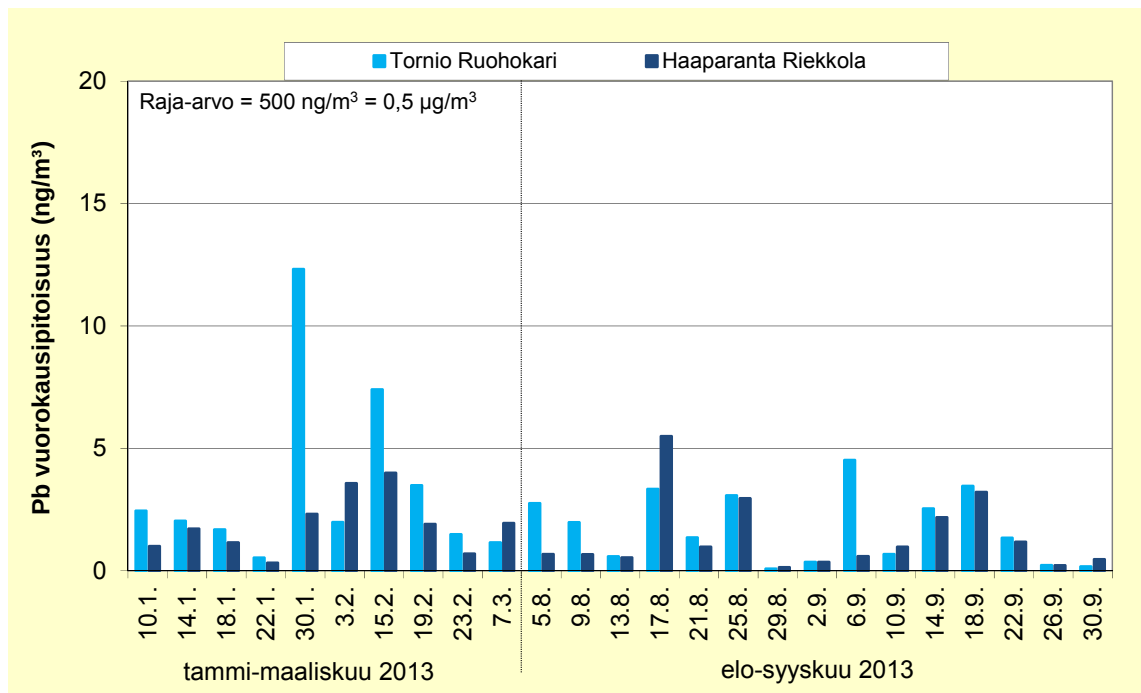




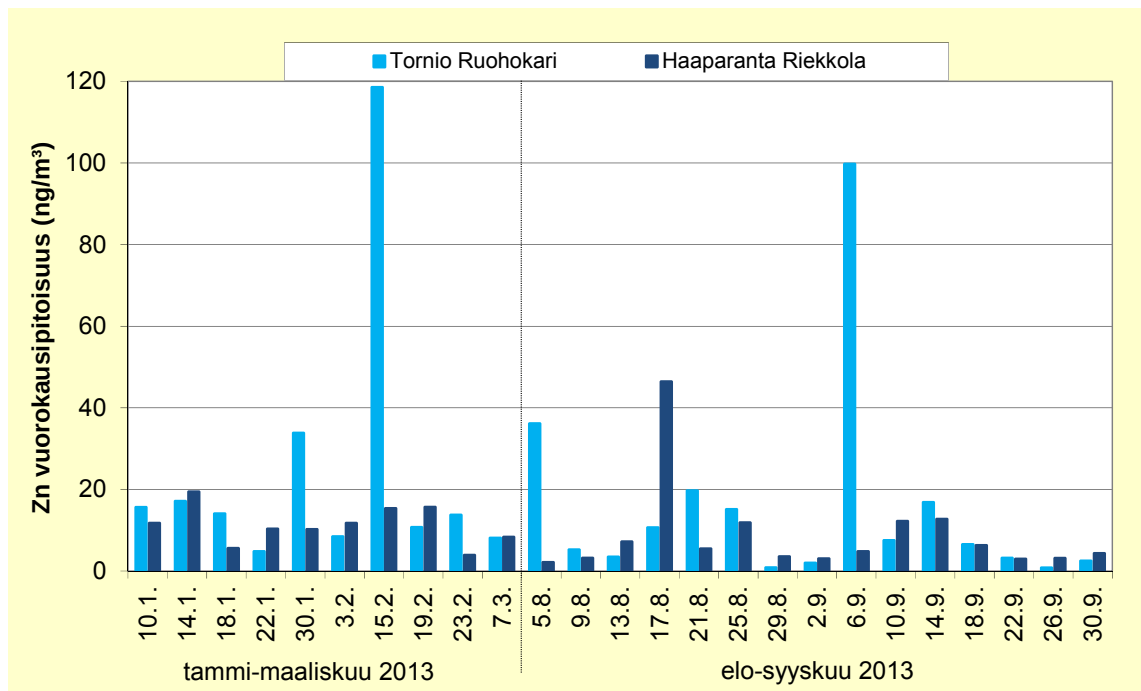
Kuva 19. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt nikkelpitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



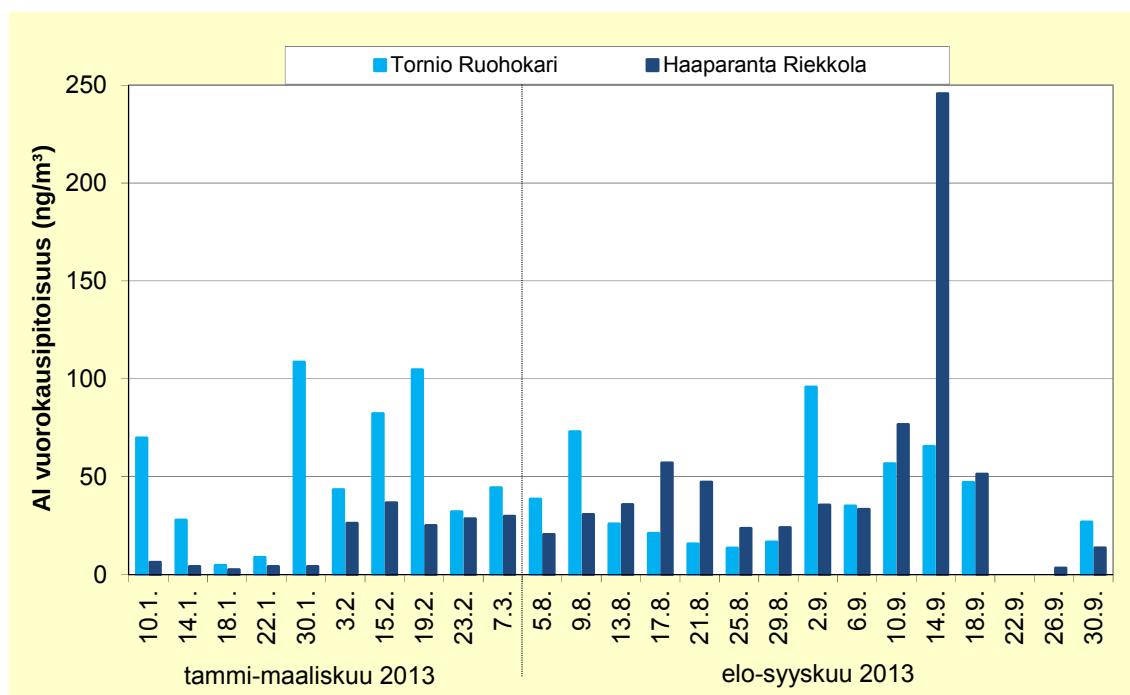
Kuva 20. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt kromipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



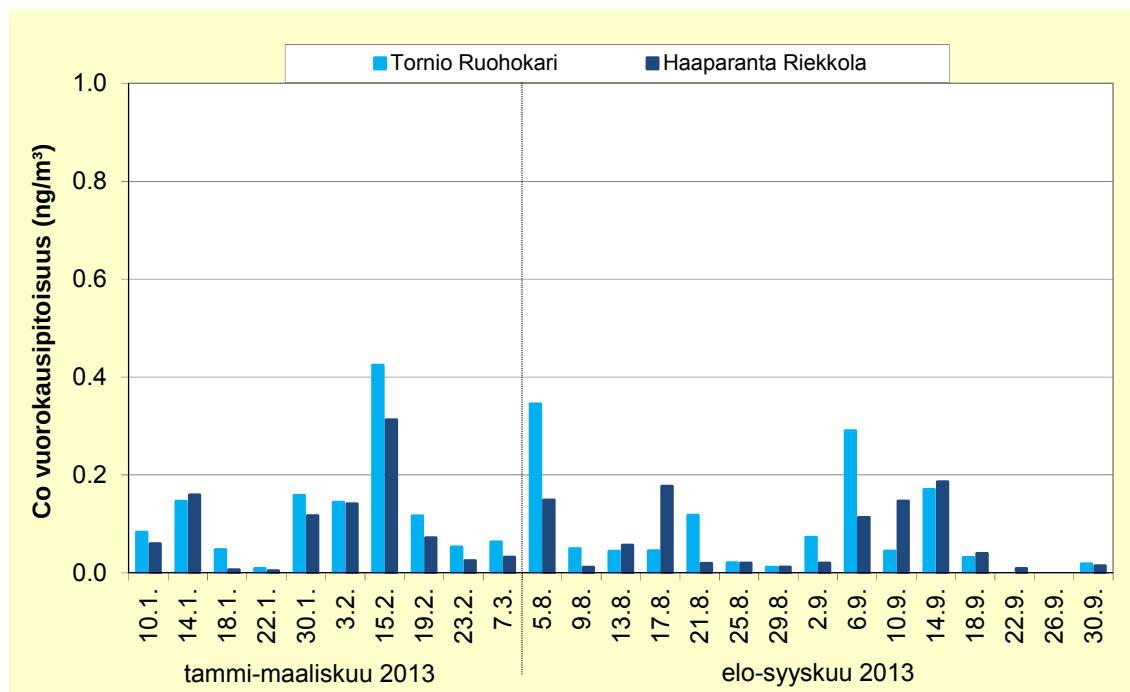
Kuva 21. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt liijypitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013. Liijyn raja-arvo vuosikeskiarvolle on 0,5 µg/m³ = 500 ng/m³, ylempi arviointikynnys on 0,35 µg/m³ = 350 ng/m³ ja alempi arviointikynnys on 0,25 µg/m³ = 250 ng/m³.



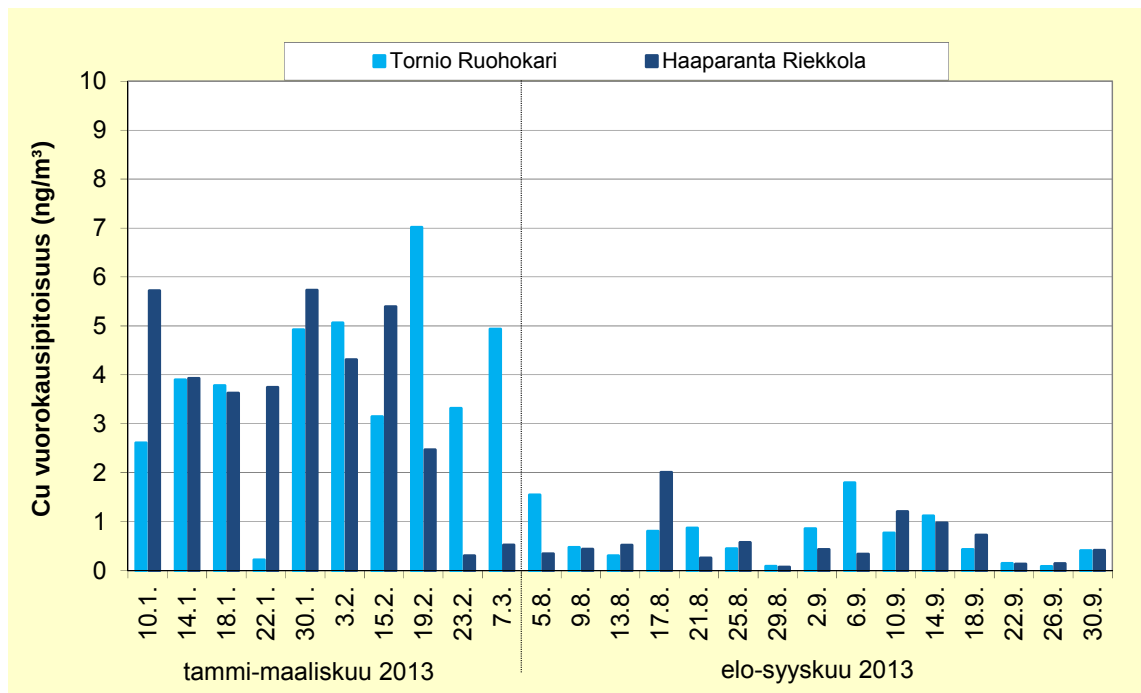
Kuva 22. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt sinkkipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



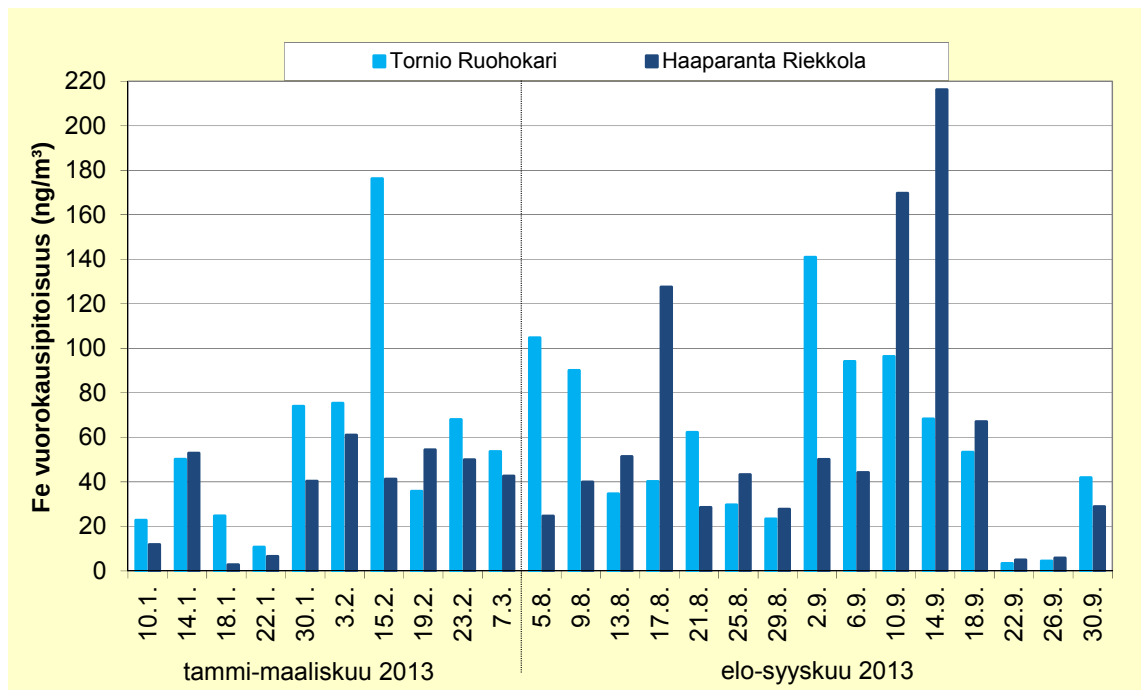
Kuva 23. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt alumiinipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



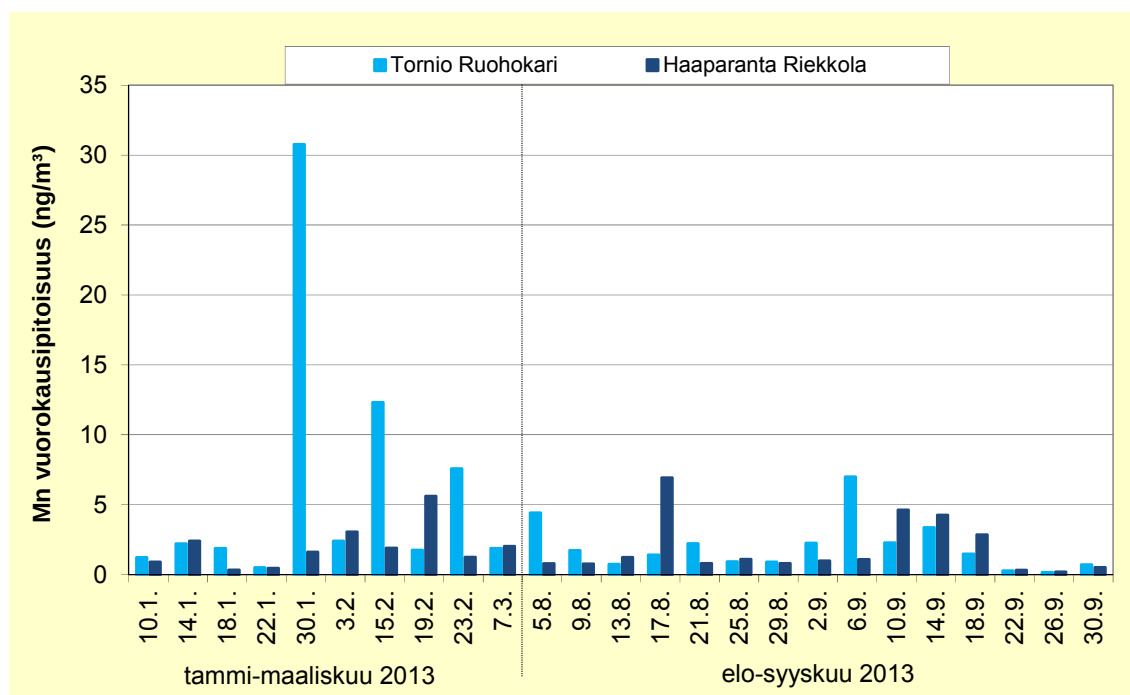
Kuva 24. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt kobolttipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



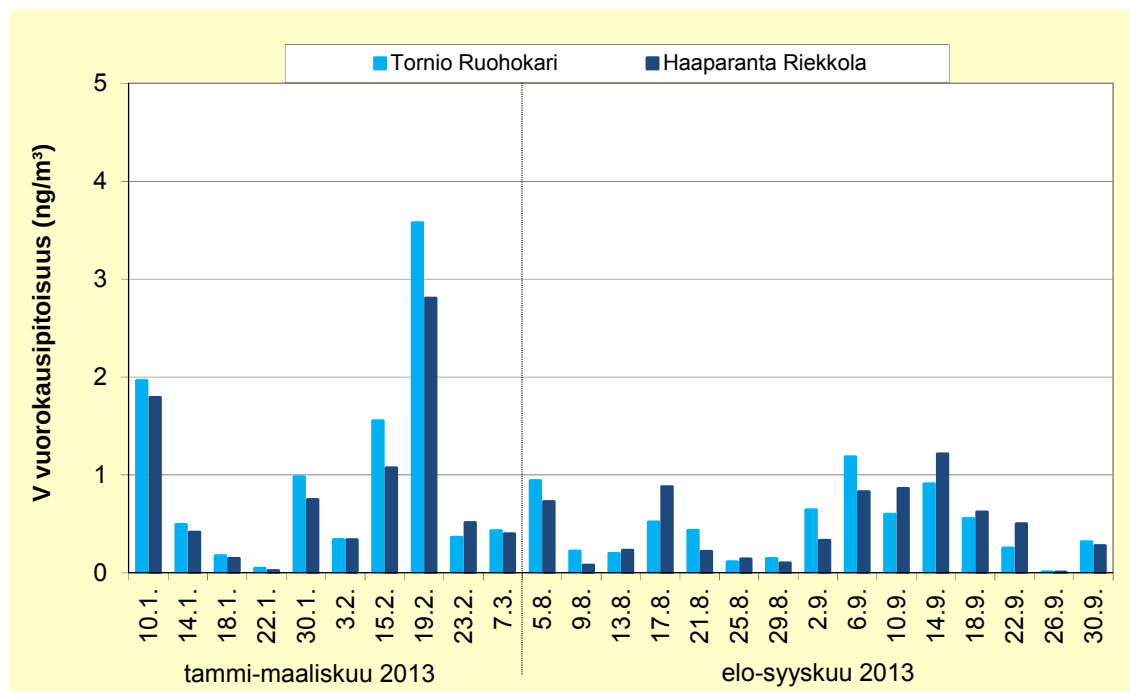
Kuva 25. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt kuparipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



Kuva 26. Hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>) määritetyt rautapitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



Kuva 27. Hengitettävistä hiukkasista ( $PM_{10}$ ) määritetyt mangaanipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.



Kuva 28. Hengitettävistä hiukkasista ( $PM_{10}$ ) määritetyt vanadiinipitoisuudet Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013.

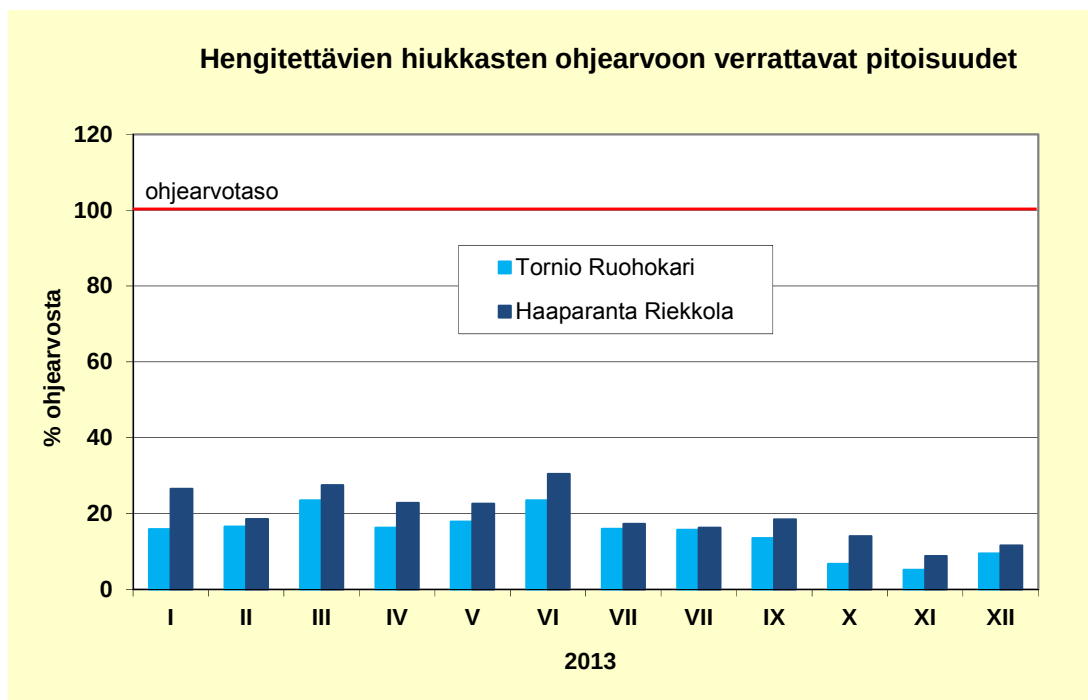
## 7 TUTKIMUKSEN TULOSTEN TARKASTELU

### 7.1 Ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet

Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa mitattuja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on verrattu kotimaiseen ohjearvoon kalenterikuukausittain vuonna 2013 taulukossa 13 ja kuvassa 29. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle annettu vuorokausiohjearvo ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) alittui selvästi Tornion ja Haaparannan mitauspisteissä vuonna 2013.

Taulukko 13. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Torniossa ja Haaparannalla vuonna 2013.

| 2013            | PM <sub>10</sub>                             |                                                 |
|-----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                 | Tornio Ruohokari<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Haaparanta Riekkola<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Tammikuu        | 11                                           | 19                                              |
| Helmikuu        | 12                                           | 13                                              |
| Maaliskuu       | 16                                           | 19                                              |
| Huhtikuu        | 11                                           | 16                                              |
| Toukokuu        | 13                                           | 16                                              |
| Kesäkuu         | 16                                           | 21                                              |
| Heinäkuu        | 11                                           | 12                                              |
| Elokuu          | 11                                           | 11                                              |
| Syyskuu         | 9                                            | 13                                              |
| Lokakuu         | 5                                            | 10                                              |
| Marraskuu       | 4                                            | 6                                               |
| Joulukuu        | 7                                            | 8                                               |
| <b>Ohjearvo</b> | <b>70</b>                                    | <b>70</b>                                       |



Kuva 29. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa vuonna 2013.

## 7.2 Raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden raja-arvot eivät ylittyneet Tornio-Haaparanta -alueella. Tornion Ruohokarin mittauspisteen mittausjakson keskiarvo oli  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (13 % raja-arvosta) ja Haaparannan Riekkolan  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (17 % raja-arvosta), kun vastaava vuosiraja-arvo on  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle on asetettu vuorokausiraja-arvo  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Raja-arvo katsotaan ylittyneeksi, jos tätä korkeampia vuorokausikeskiarvoja esiintyy yli 35 kpl kalenterivuoden aikana. Tornion ja Haaparannan tausta-alueilla ei mitattu yli  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n pitoisuuksia vuonna 2013. 36. suurin vuorokausikeskiarvo oli Torniossa  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Haaparannalla  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tämän tarkastelun tulokset ovat pitäviä myös suhteutettuina ruotsalaisiin raja-arvoihin, jotka ovat samat kuin Suomessakin.

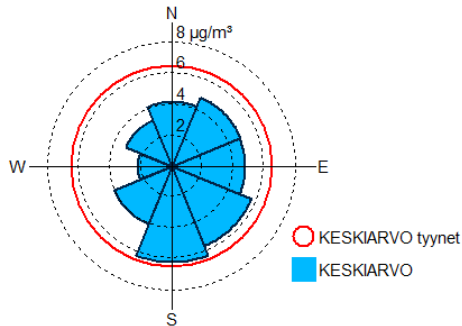
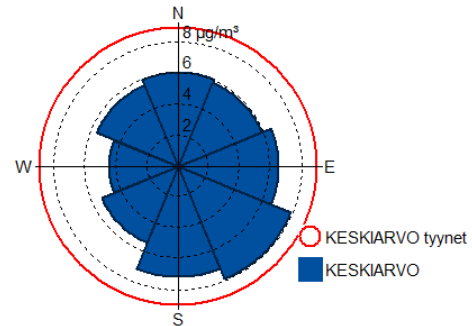
Pienhiukkasten vuosipitoisuuden raja-arvo alittui selvästi Tornio-Haaparanta -seudun tausta-alueilla ajanjaksolla 9.1.2013–8.1.2014. Tornion Ruohokarin mittauspisteen mittausjakson keskiarvo oli  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16 % raja-arvosta) ja Haaparannan Riekkolan  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (19 % raja-arvosta), kun vastaava vuosiraja-arvo on  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hengitettävälle hiukkasille ja pienhiukkasille on annettu ilmanlaatuasetuksessa 38/2011 terveyshaittojen ehkäisemiseksi arviointikynnykset (taulukko 3), jotka määrittelevät ilmanlaadun seurannan tasoa ja tarvetta (jatkuvat mittaukset / suuntaantavat mittaukset / muut menetelmät) tarkasteltavassa kohteessa tai paikkakunnalla. Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä tässä tutkimuksessa havaitut hengitettävien hiukkasten vuorokausi- ja vuosikeskiarvopitoisuudet sekä pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet jäivät alle alemman arviointikynnyksen.

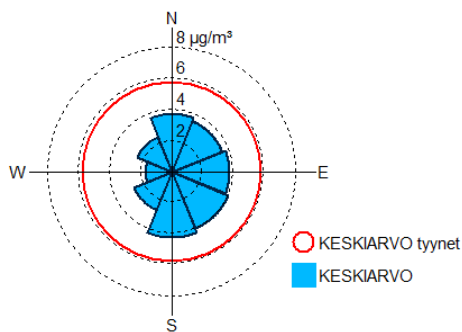
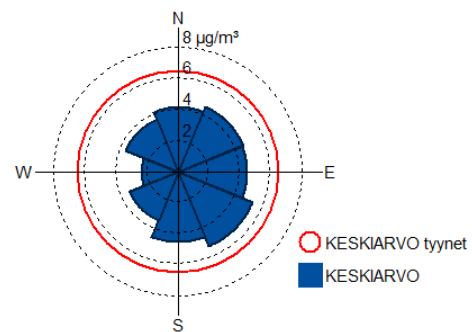
Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta (alle 0,5 %). Arseenin, nikkelin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuudet alittivat niille annetut tavoitearvot. Tammi-maaliskuun ja elo-syyskuun 2013 mittausjaksojen keskiarvopitoisuudet olivat Tornion Ruohokarissa arseenille 6 %, kadmiumille 1 % ja nikkelimille 11 % vastaavista tavoitearvoista. Haaparannan Riekkolassa arseenipitoisuudet olivat 6 %, kadmiumipitoisuudet 1 % ja nikkeli-pitoisuudet 6 % tavoitearvoista. Pitoisuusvertailussa käytetyt tavoitearvot ovat samat sekä Suomessa että Ruotsissa. Asianmukainen vertaaminen tavoitearvoihin edellyttäisi näytteiden satunnaisotantaa läpi kalenterivuoden. Mittausjaksojen tammi-maaliskuu ja elo-syyskuu 2013 arseenin, kadmiumin ja nikkelin keskiarvopitoisuudet alittivat ko. aineille annettujen tavoitearvojen lisäksi myös ylempien ja alemmien arviointikynnysten tasot (taulukko 4). Yksittäiset mitatut vuorokausipitoisuudetkin alittivat alemman arviointikynnyksen tason. Hiukkasten kromipitoisuudelle ei ole annettu ohje-, raja- tai tavoitearvoja.

## 7.3 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvissa 30–31 on havainnollistettu hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien riippuvuutta tuulensuunnasta Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien arvoa eri tuulensuunnilla. Pitoisuusruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa epäpuhtauden tuntipitoisuuksien keskiarvoa ko. tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien arvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Kuvassa 33 on kuvattu yksittäisten hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien riippuvuutta tuulen suunnasta.

Tornio Ruuhokari PM<sub>10</sub>Haaparanta Riekkola PM<sub>10</sub>

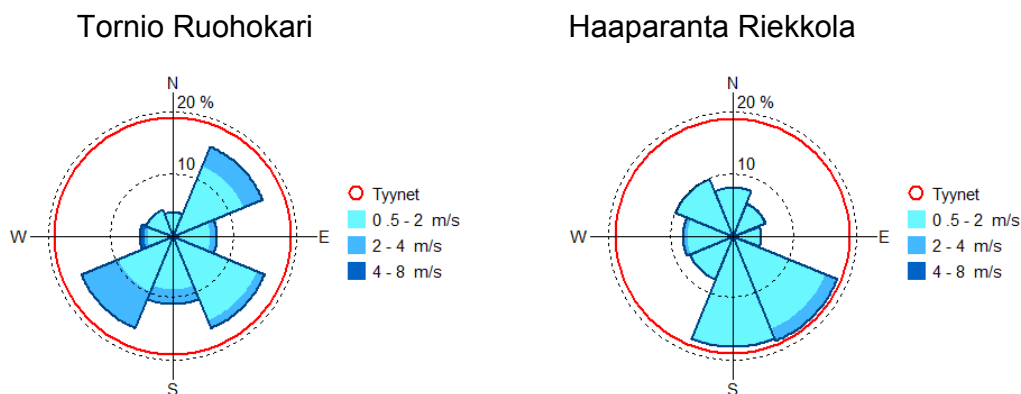
Kuva 30. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä. Outokummun Tornion tehtaات sijaitsevat Tornion tutkimuspisteeseen nähden noin 5,5 km lounaaseen ja Haaparannan tutkimuspisteeseen nähden noin 5 km kaakkoon.

Tornio Ruuhokari PM<sub>2,5</sub>Haaparanta Riekkola PM<sub>2,5</sub>

Kuva 31. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä. Outokummun Tornion tehtaات sijaitsevat Tornion tutkimuspisteeseen nähden noin 5,5 km lounaaseen ja Haaparannan tutkimuspisteeseen nähden noin 5 km kaakkoon.

Tuuliruusut Tornion ja Haaparannan mittauspisteiden tuulista jaksolta 1.1. - 31.12.2013 on esitetty kuvassa 32. Tuulet on luokiteltu kahdeksaan tuulisektoriin sen mukaan, mistä päin on tuullut. Tuuliruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa ko. tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon. Haaparannan Riekkolassa vallitsevat tuulensuunnat olivat kaakko ja etelä ja tuulennopeudet olivat suojaisen sijainnin vuoksi alhaisia. Tornion Ruuhokarissa mittausaseman tuulet kanavoituvat koillis-lounas-suuntaisen voimalinja-aukion mukaisesti.



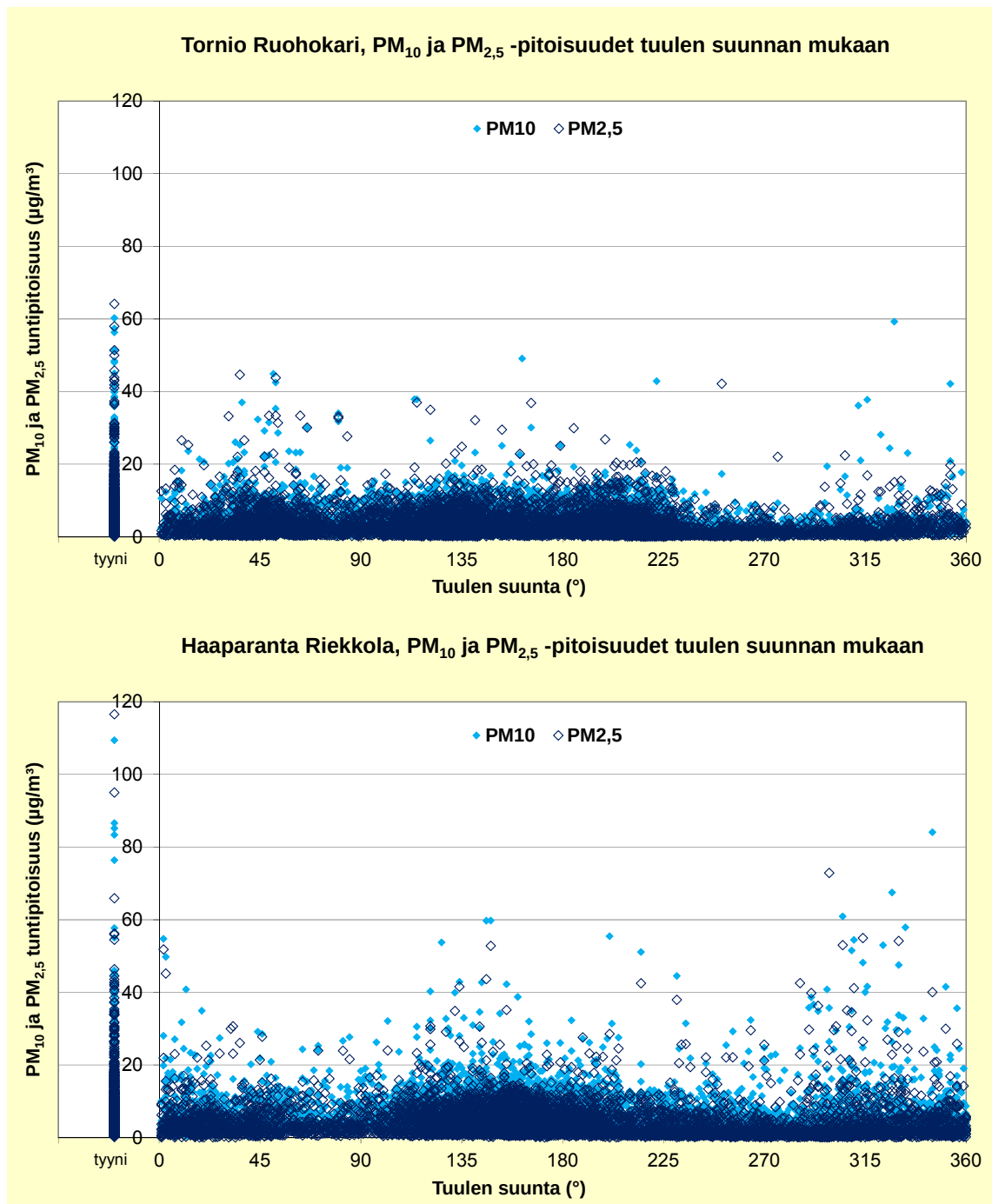


Kuva 32. Tuuliruusut Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä 1.1. - 31.12.2012 mitatuista tuulista.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, liikenteen sekä hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt. Yksittäisen lähteen vaikutusta hiukkaspitoisuuksiin on yleensä vaikea erottaa. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeumat, maan pinnasta tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta nouseva katupöly ja meteorologiset tekijät vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet nousevat yleensä korkeiksi tyynen tai heikkotuulisen sään aikana ja erityisesti ns. inversiutilanteissa, kun ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista myös pystysuunnassa.

Tornion Ruuhokarissa hiukkaspitoisuudet olivat verrattain alhaisia. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tyynellä säällä sekä etelä-kaakon puoleisilla tuulilla. Yksittäiset korkeimmat hiukkaspitoisuudet aiheutti todennäköisesti kesämökeille suuntautuva liikennöinti ja tulisijojen käyttö mökeillä. Kesämökkiasutusta on Ruuhokarin aseman itäpuolella pohjoisen ja etelän välisellä sektorilla (tuulen suunnat 0–180 astetta) (ks. kuva 33). Outokummun tehtaat sijaitsevat mittausaseman lounaispuolella. Lounaanpuoleisilla tuulilla hiukkaspitoisuudet eivät juurikaan olleet koholla.

Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tyynellä säällä. Suurimmat yksittäiset tuntiarvot esiintyivät tyynellä säällä sekä kaakon ja luoteen-pohjoisen puoleisilla tuulilla (ks. kuva 33). Kaakonpuoleisilla tuulilla esiintyneet kohonneet hiukkaspitoisuudet voivat olla peräisin Outokummun tehdasalueelta tai lähilähteistä, kuten päällystämättömän hiekkapihan pölyämisestä. Syy luoteenpuoleisilla tuulilla esiintyneisiin kohonneisiin hiukkaspitoisuuksiin ovat Riekkolan tulentekopaikan savut.

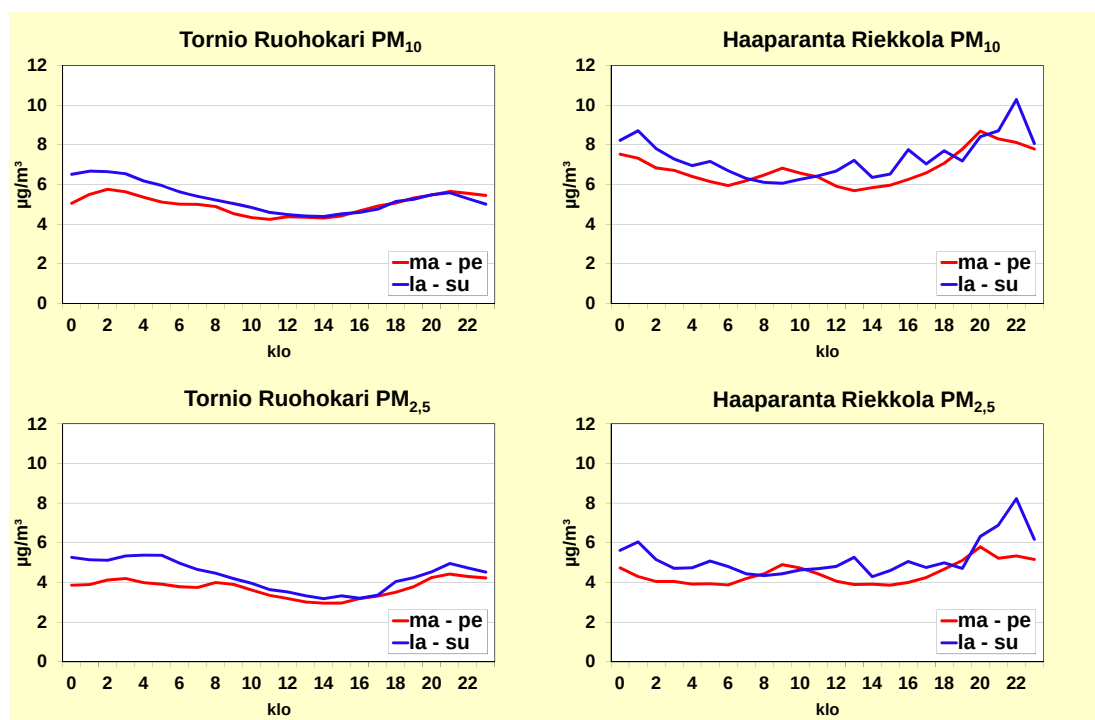


Kuva 33. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnan mukaan Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä.

Hiukkasnäytteistä tehtyjen metallianalyysien perusteella Outokummun tehtaiden vaikutus ilmanlaatuun oli havaittavissa erityisesti vuorokausina, jolloin mitattiin korkeimmat kromi-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet ja jolloin tuulen suunta oli tehdasalueelta mittausasemalle. Tornion Ruohokarissa metallipitoisuudet olivat korkeimmillaan 30.1., 15.2., 5.8., 21.8. ja 6.9., jolloin tuuli oli pääsääntöisesti lounaanpuoleinen. Haaparannan Riekkolassa korkeimmat metallipitoisuudet mitattiin 3.2., 17.8. ja 10.9., jolloin tuulensuunta oli kaakonpuoleinen.

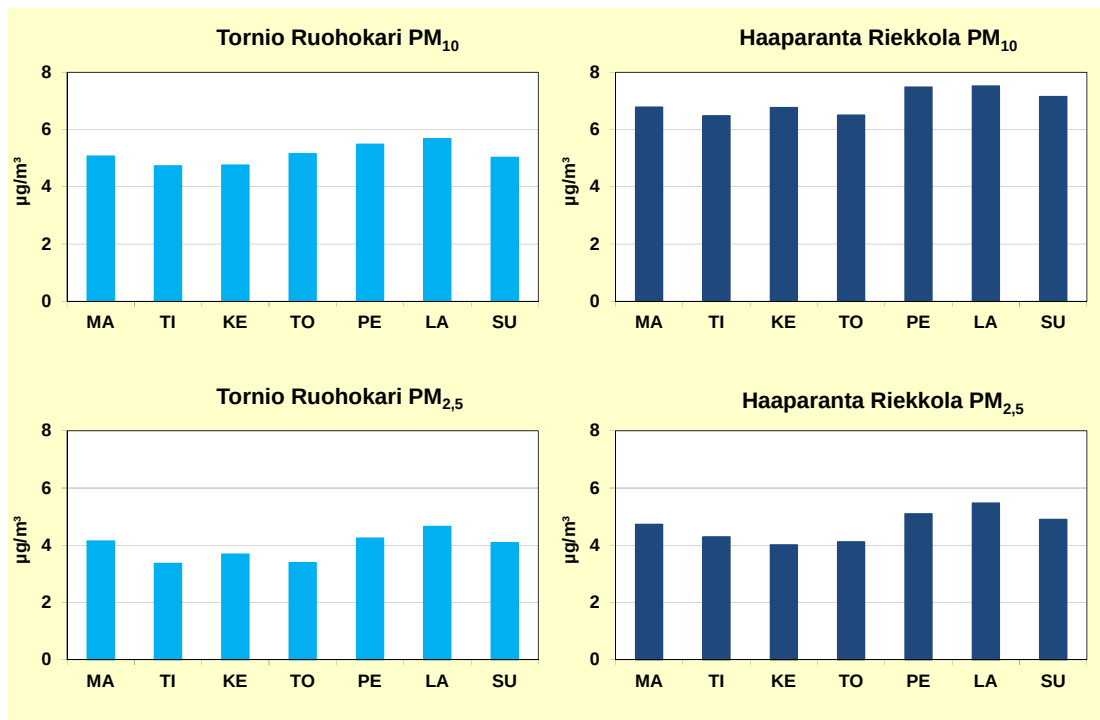
## 7.4 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvassa 34 on esitetty hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien vuorokauden sisäinen vaihtelu arkipäivisin ja viikonloppuisin. Hiukkaspitoisuudet ovat sekä Ruohokarissa että Riekkolassa viikonloppuisin hieman korkeampia kuin arkipäivisin, mihin vaikuttavat vapaa-ajan toiminnot mittausasemien ympäristöissä. Ruohokarissa on kesämökkiasutusta ja Riekkolassa tulentekopaikka pihapiirissä, jonka savut kohottivat hiukkaspitoisuuksia viikonloppuiltoina. Mittausasemat sijaitsevat sen verran etäällä taajamista ja liikenneväylistä, että hiukkaspitoisuuksien vaihtelussa ei ole havaittavissa autoliikenteen syklistä aiheutuvaa pitoisuuksien kohoamista ruuhka-aikoina vaan pitoisuudet ovat keskimäärin melko alhaisella tasolla jatkuvasti.



Kuva 34. Tornion ja Haaparannan mittauspisteiden hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien vaihtelu kelloajan mukaan.

Kuvassa 35 on esitetty hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien vaihtelu viikonpäivien mukaan. Hiukkaspitoisuudet ovat keskimäärin korkeimmillaan perjantaisin ja lauantaisin, mikä kertoo viikonlopun vapaa-ajan toimintojen vaikutuksesta mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin.

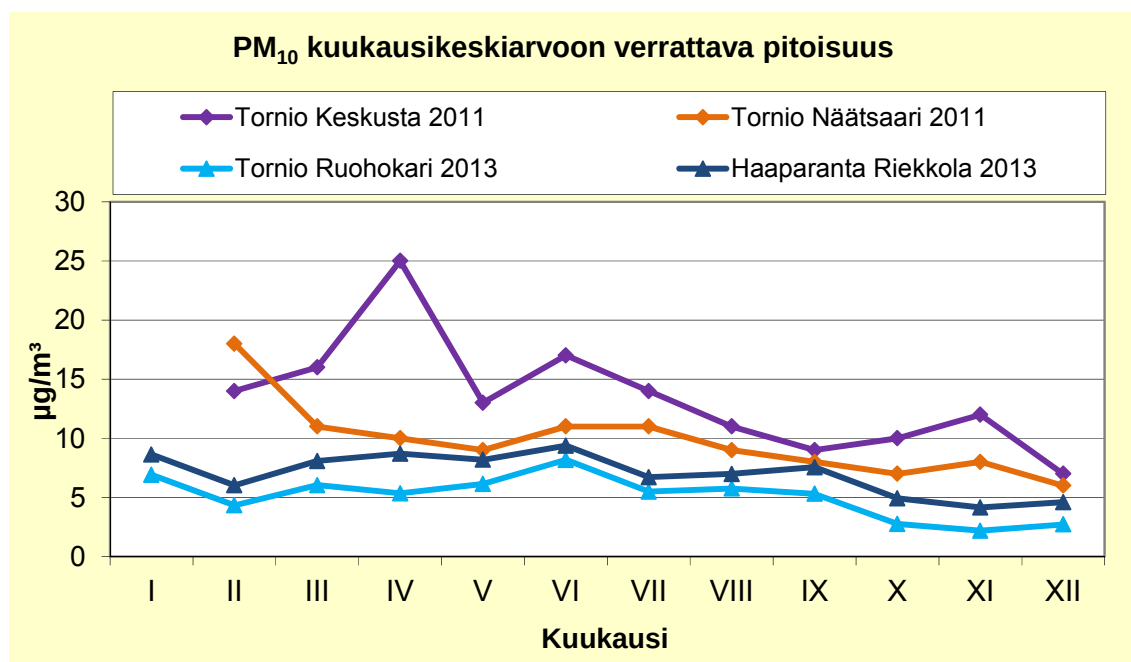


Kuva 35. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien vaihtelu viikonpäivien mukaan.

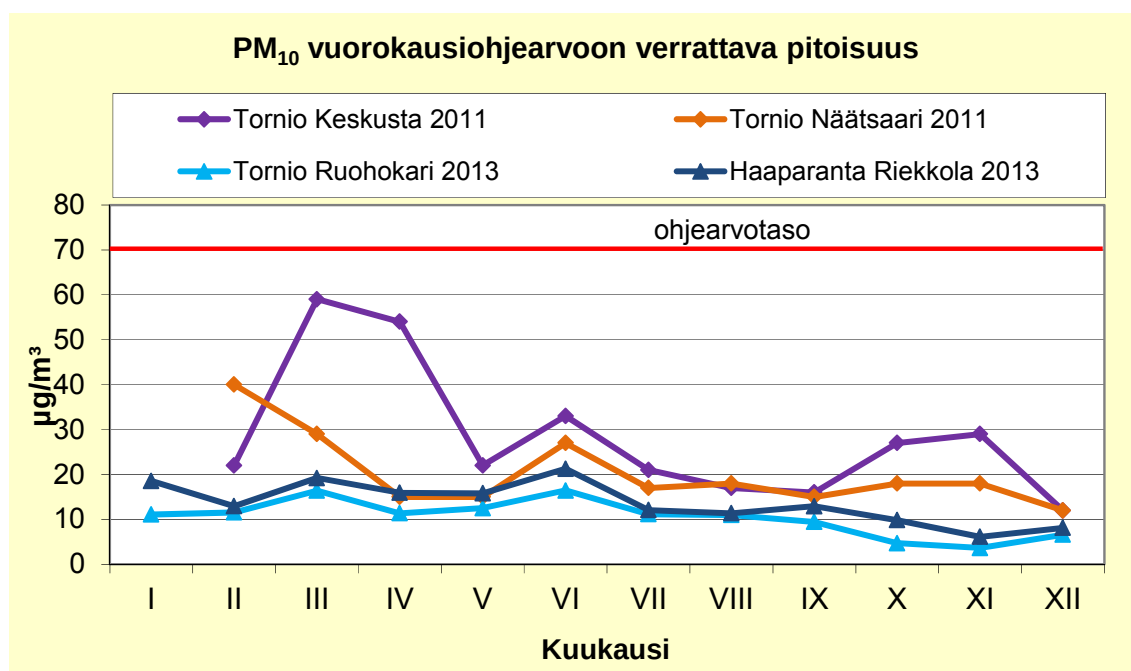
## 7.5 Vertailua Tornion aikaisempien ilmanlaatumittausten tuloksiin

Ilmatieteen laitos on mitannut hiukkas-, arseeni- ja metallipitoisuuksia Torniossa aikaisemmin vuosina 2005 ja 2011 (Saari et al., 2006; Alaviippola et al., 2012). Vuosina 2005 ja 2011 ilmanlaatumittauksia tehtiin Tornion Keskustassa ja Näätasaassa ja vuonna 2005 edellä mainittujen lisäksi myös Puuluodossa noin 2,5 km koilliseen Tornion Outokummun tehtaista. Vuoden 2013 ilmanlaatumittaukset Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa kuvaavat aikaisemmista mittauksista poiketen enemmänkin kaupunkialueen taustailmaa etäällä liikenteestä ja muista taajamien lähipäästölähteistä. Vuoden 2013 mittauksilla oli tarkoitus kartoittaa lähinnä Outokummun Tornion tehtaiden päästöjen vaikutuksia ympäristöön.

Kuvissa 36 ja 37 on verrattu vuonna 2013 Torniossa ja Haaparannalla mitattuja hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvopitoisuuksia ja ohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia Tornion vuoden 2011 pitoisuuksiin. Vertailusta saadaan suuntaa-antavaa tietoa hiukkasten pitoisuustasoista erilaisissa päästöympäristöissä. Tausta-alueilla Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa mitatut hiukkaspitoisuudet ovat pääosin alhaisempia kuin asuinalueella Tornion Näätasaassa vuonna 2011 mitatut pitoisuudet. Ruohokarin ja Riekkolan hiukkaspitoisuuksissa ei ole havaittavissa esimerkiksi kevään ja syksyn katupölykauden aiheuttamaa selkeää vuodenaikaisvaihtelua kuten Tornion Keskustassa. Ruohokarissa ja Riekkolassa mitatut hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vaihtelevat kuukausittain samansuuntaisesti, mutta Riekkolassa hiukkaspitoisuudet ovat olleet hieman suurempia kuin Ruohokarissa.



Kuva 36. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä vuonna 2013 sekä Tornion Keskustan ja Näätsaaren mittauspisteissä vuonna 2011.



Kuva 37. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä vuonna 2013 sekä Tornion Keskustan ja Näätsaaren mittauspisteissä vuonna 2011.

Taulukossa 14 on esitetty vuosina 2013, 2011 ja 2005 analysoitujen metallien vuorokausipitoisuuksien keskiarvoja. Vuoden 2013 mittauksissa Ruohokarissa ja Riekkolassa kromipitoisuudet ovat keskimäärin suurempia kuin vuosina 2005 ja 2011 Tornion keskustassa ja Näätsaaren mittauspisteissä.

toisuuksia on mitattu Tornion Puuluodossa vuonna 2005. Puuluoto sijaitsee selvästi lähempänä tehdasaluetta kuin muut mittauspisteet. Nikkeli-, sinkki- ja lyijypitoisuuksien keskiarvot ovat vuoden 2013 mittauksien mukaan pienempiä tai samaa tasoa kuin vuosina 2005 ja 2011 mitatut metallipitoisuudet keskustassa ja Näätsaassa.

Taulukko 14. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) näytteistä analysoidun kromin, nikkelin, sinkin ja lyijyn pitoisuuskeskiarvot Tornion Ruohokari- ja Haaparanta-Riekkolassa tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa vuonna 2013, Tornion Keskustassa ja Näätsaassa helmi-huhtikuussa ja elo-syyskuussa vuonna 2011 sekä Tornion Keskustassa, Näätsaassa ja Puuluodossa helmi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2005.

| Metallipitoisuuksien keskiarvo ng/m <sup>3</sup> | 2013             |                     | 2011            |                  | 2005            |                  |                 |
|--------------------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                                  | Tornio Ruohokari | Haaparanta Riekkola | Tornio Keskusta | Tornio Näätsaari | Tornio Keskusta | Tornio Näätsaari | Tornio Puuluoto |
| Kromi                                            | 14               | 9                   | 6               | 3                | 6               | 5                | 20              |
| Nikkeli                                          | 2                | 1                   | 3               | 2                | 3               | 2                | 12              |
| Sinkki                                           | 19               | 10                  | 19              | 26               | 15              | 12               | 30              |
| Lyijy                                            | 2                | 2                   | 3               | 4                | 4               | 3                | 6               |

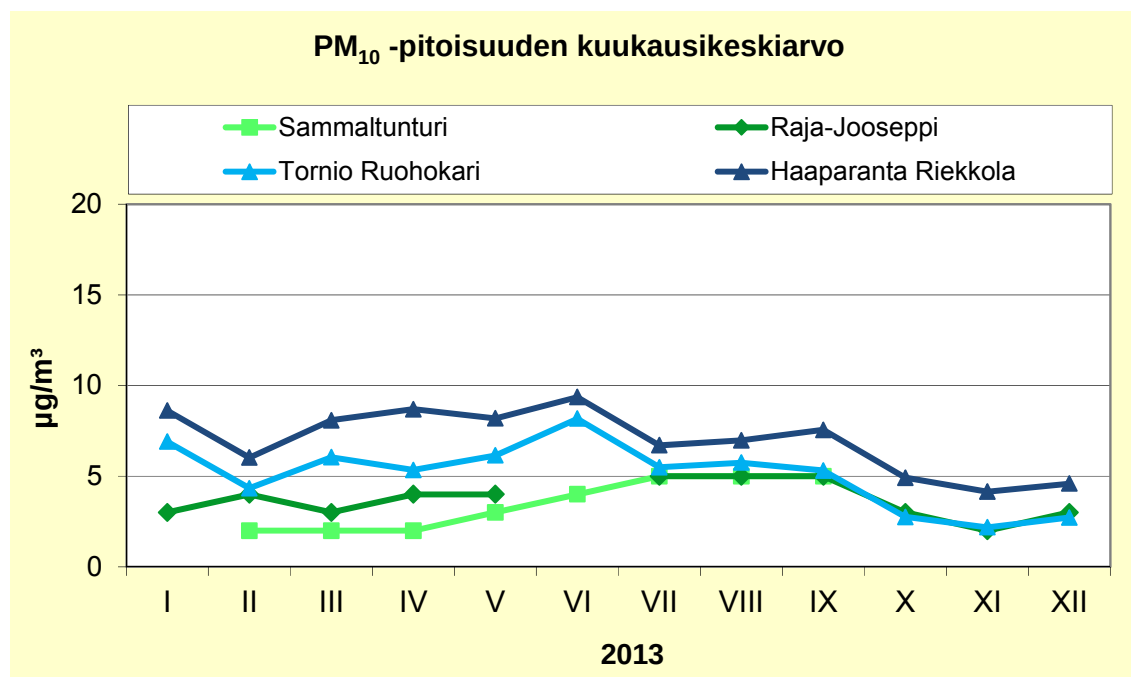
Mitatut korkeimmat yksittäiset kromipitoisuudet olivat vuonna 2013 suurempia kuin vuonna 2011. Tornion Ruohokari- ja Haaparanta-Riekkolassa suurin kromin vuorokausipitoisuus oli lähes 100 ng/m<sup>3</sup> ja Haaparanta-Riekkolassa lähes 60 ng/m<sup>3</sup>. Vuonna 2011 korkeimmat kromipitoisuudet olivat Tornion keskustassa alle 50 ng/m<sup>3</sup> ja Näätsaassa noin 20 ng/m<sup>3</sup>. Kromin keskiarvopitoisuuden kohoamiseen vuodesta 2011 vaikuttivat nämä muutamat selvästi normaalitasosta poikkeavat vuorokausipitoisuudet tämän tutkimuksen mittausjaksojen aikana. Kromipäästöt olivat vuonna 2013 77 % suuremmat kuin vuonna 2011. Kromipäästöt ovat kuitenkin vaihdelleet paljon vuosittain ja vuoden 2005 päästötasoon verrattuna vuoden 2013 kromipäästöt ovat 18 % pienempiä (vrt. kuva 3).

Yksittäiset nikkelin vuorokausipitoisuudet olivat vuonna 2013 pienempiä kuin vuosina 2011 ja 2005. Vuonna 2013 kaikki yksittäiset nikkelin vuorokausipitoisuudet alittivat alemman arviointikynnyksen tason. Vuonna 2011 esiintyi alemman ja ylemmän arviointikynnyksen tason ylityksiä neljänä päivänä, joista yhtenä päivänä myös tavoitearvon taso ylittyi Tornion Keskustassa. Myös vuonna 2005 esiintyi arviointikynnyksien ja yksi tavoitearvotasonkin ylitys. Yksittäiset korkeimmat sinkin vuorokausipitoisuudet olivat kaikkina tarkastelu vuosina samantasoisia, mutta yleisesti ottaen sinkkipitoisuudet olivat vuonna 2013 pienempiä kuin vuonna 2011 ja samaa tasoa kuin vuonna 2005. Myös lyijyn vuorokausipitoisuudet olivat vuoden 2013 tarkasteluissa selvästi pienempiä kuin aikaisemmin.

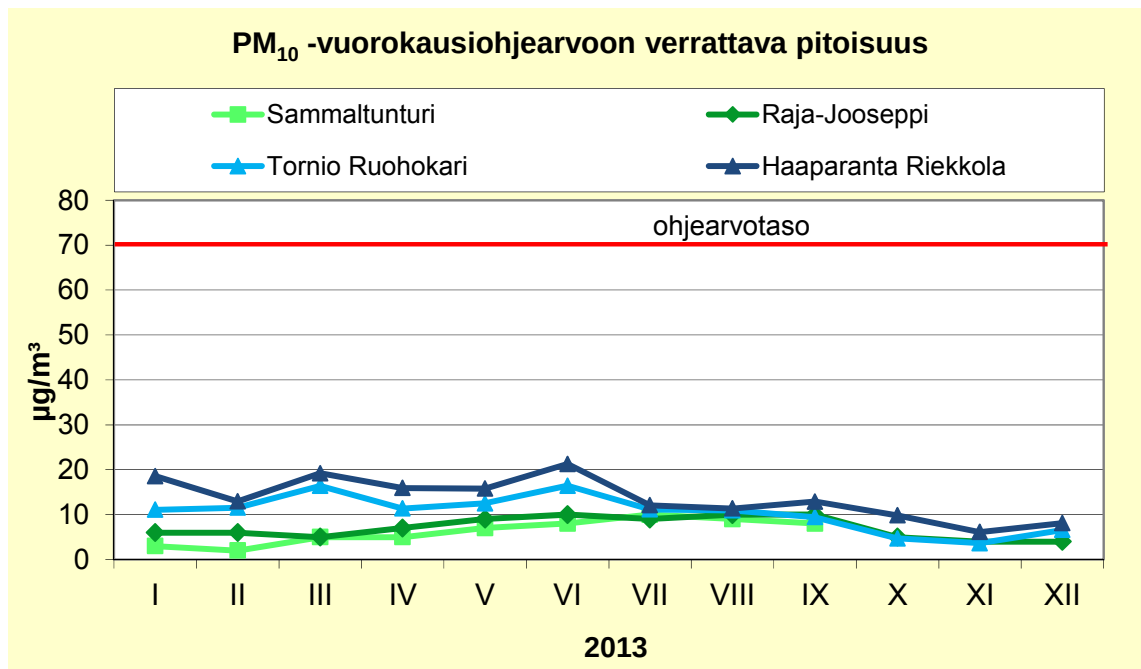
## 7.6 Vertailua taustapitoisuuksiin

Kuvissa 38–39 on verrattu hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvoja ja vuorokausiohjearvoon verrattavia pitoisuuksia Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa ja Lapin puhtailla tausta-alueilla vuonna 2013. Kuvassa 40 on verrattu tämän tutkimuksen pienhiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvoja tausta-alueen pitoisuuksiin. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämien Sammaltunturin, Matorovan ja Raja-Joosepin asemien pitoisuudet edustavat Lapin puhtaan taustailman laatua. Sammaltunturin ja Matorovan asemat sijaitsevat lähekkäin Pallastunturin alueella. Laiterikoista johtuen tausta-asemien aikasarjoissa on katkoksia.

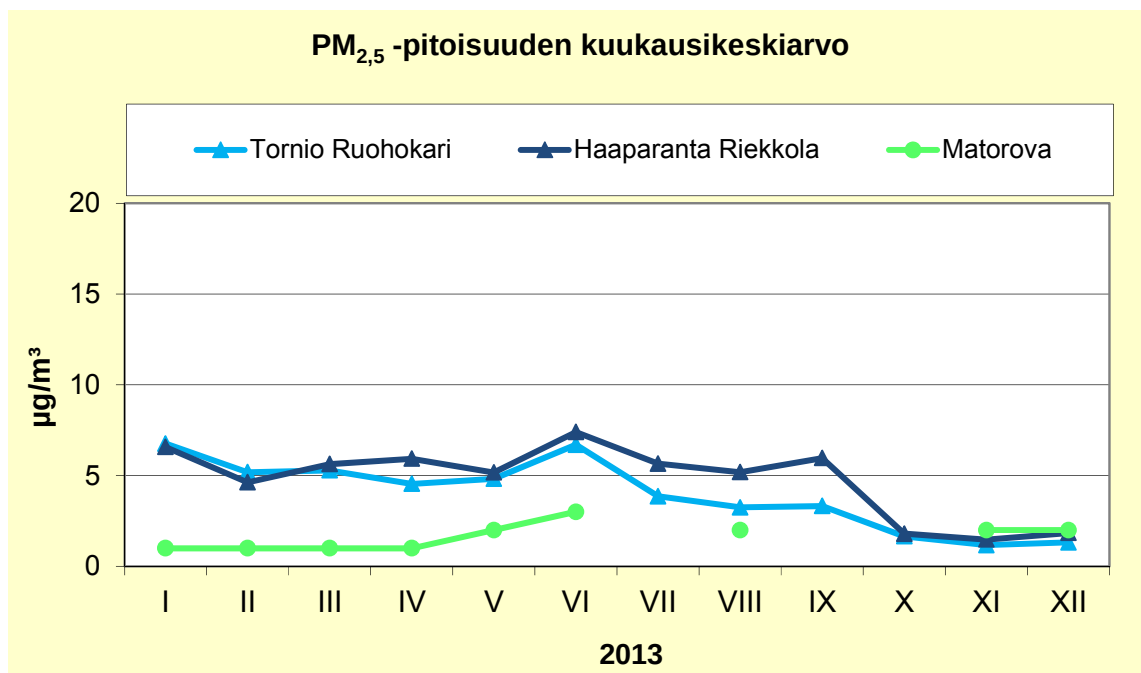
Vertailusta on havaittavissa, että Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä mitatut pitoisuudet ovat alkuvuodesta ja kevätpölykaudella hieman korkeampia kuin Lapin puhtailla tausta-alueilla. Sen sijaan syksyllä sekä lauhana ja sateisena loppuvuotena pitoisuudet ovat varsinkin Tornion Ruohokarissa puhtaan taustailman tasoisia. Ilmatieteen laitoksen Lapin tausta-asemilla hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet vuonna 2013 noin  $3\text{--}4\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet noin  $2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tornio-Haaparanta -alueella hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $5\text{--}7\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja pienhiukkaspitoisuuden keskiarvo  $4\text{--}5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Kuva 38. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvoja Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa ja Lapin puhtailla tausta-alueilla vuonna 2013.



Kuva 39. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavia pitoisuuksia Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa ja Lapin puhtailla tausta-alueilla vuonna 2013.



Kuva 40. Pienhiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvoja Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa ja Lapin puhtaalla tausta-alueella vuonna 2013.



Torniossa ja Haaparannalla mitattuja arseeni- ja metallipitoisuuksia on verrattu puhdasta tausta-aluetta edustavan Ilmatieteen laitoksen Matorovan tausta-aseman pitoisuuksiin. Taulukossa 15 on esitetty Matorovalla tammi-maaliskuussa ja elosyyskuussa 2013 tämän tutkimuksen metallimittausten aikaan kerätyistä hengitettävien hiukkasten viikkonäytteistä (22 kpl) analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet (*Ilmatieteen laitos, 2014*). Tornion Ruohokarin näytteiden keskimääräinen kromipitoisuus,  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on 68-kertainen ja Haaparannan Riekkolan kromipitoisuus,  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on noin 45-kertainen vastaavaan Pallaksella havaittuun keskiarvoon nähden. Ruohokarin näytteiden keskimääräinen nikkelipitoisuus,  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on noin 9-kertainen ja Riekkolan nikkelipitoisuus,  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on 5-kertainen vastaavaan Pallaksella havaittuun keskiarvoon nähden.

Taulukko 15. Ilmatieteen laitoksen Matorovan tausta-asemalla Pallaksella jaksoilla 2.1.-25.3.2013 sekä 29.7.-23.9.2013 havaitut arseenin ja metallien pitoisuudet.

| <b>Pallas<br/>Matorova</b> | <b>As<br/>ng/m<sup>3</sup></b> | <b>Cd<br/>ng/m<sup>3</sup></b> | <b>Cr<br/>ng/m<sup>3</sup></b> | <b>Ni<br/>ng/m<sup>3</sup></b> | <b>Pb<br/>ng/m<sup>3</sup></b> | <b>Zn<br/>ng/m<sup>3</sup></b> |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Keskiarvo                  | 0,15                           | 0,017                          | 0,20                           | 0,26                           | 0,54                           | 1,6                            |
| Minimi                     | 0,01                           | 0,002                          | 0,00                           | 0,03                           | 0,08                           | 0,2                            |
| Maksimi                    | 0,78                           | 0,080                          | 0,41                           | 0,77                           | 2,7                            | 6,1                            |

Torniossa mitattuja arseeni- ja metallipitoisuuksia on verrattu vain Suomen Lapin puhtaan alueen taustapitoisuuksiin, sillä päästöominaisuuksiltaan toisistaan poikkeavien metalliteollisuuspaikkakuntien ilman epäpuhtauspitoisuuksien vertaaminen toisiinsa ei ole yksikäsitteistä. Tornion terästeollisuuden päästöt, joissa on merkittävässä määrin kromia, poikkeavat selvästi esimerkiksi Raahan ja Kokkolan metalliteollisuuden vastaavista päästöistä. Tehtaiden ympäristössä esiintyviin hiukkasten sisältämien metallien pitoisuustasoihin vaikuttaa olennaisesti niiden lähteiden päästökorkeus, joista metallipäästöjä tulee ulkoilmaan samoin kuin kuonakasojen ja tehtaiden piha-alueiden pölyäminen ja muut hajapäästölähteet. Viimeksi mainittujen päästölähteiden merkittävimmät pitoisuusvaikutukset esiintyvät laitosten lähistöllä, joten mittausta paikan sijainti päästölähteisiin nähden vaikuttaa olennaisesti havaittaviin metallien pitoisuustasoihin. Myöskään pelkkien päästömäärien perusteella ei voida arvioida em. ilmanlaatuun liittyviä seikkoja.

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Outokumpu Stainless Oy tilasi Ilmatieteen laitokselta Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan hiukkas-, arseeni- ja metallipitoisuuksien mittaukset toteutettavaksi vuosina 2013–2014. Tässä tutkimuksessa raportoidaan vuoden 2013 aikana tehtyjen ilmanlaatumittausten tulokset.

Mittauksia tehtiin 9.1.2013 - 31.12.2013 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkasanalysaattoreilla koko mittausjakson ajan. Pienhiukkaspitoisuuksia mitattiin täyden vuoden ajan 9.1.2013 – 8.1.2014. Pienhiukkaspitoisuuksien mittaukset voitiin lopettaa, kun Tornio-Haaparanta -alueen pitoisuuksista oli saatu riittävästi tietoa. Hengitettävien hiukkasten mittaukset jatkuvat vielä vuoden 2014 ajan. Samoissa mittauspisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tavoitteena oli kartoittaa erikokoisten hiukkasten pitoisuuksia ja väestön altistumista niille sekä hiukkasten sisältämille alkuaineille alueilla, jotka eivät ole välittömästi liikenteen ja taajama-alueiden muiden päästöjen vaikutuspiirissä. Mittauksin pyrittiin saamaan tietoa Tornion ja Haaparannan ilmanlaadusta kauempana taajama- ja liikenneympäristöistä sekä Outokummun Tornion tehtaiden päästöjen vaikutuksesta siihen.

Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan alueilla hiukkasipitoisuudet olivat varsin matalia. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle annettu kotimainen vuorokausiohjearvo alittui selvästi Ruohokarin ja Riekkolan mittauspisteissä mittausjakson kaikkina kuukausina. Hiukkasipitoisuudet olivat Ruohokarissa korkeimmillaan maalisi- ja kesäkuussa 2013, jolloin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat 23 % ohjearvosta. Riekkolassa hiukkasipitoisuudet olivat hiukan korkeampia kuin Ruohokarissa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Riekkolassa korkeimmillaan vuoden 2013 kesäkuussa 30 % ohjearvosta.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille annetut raja-arvot eivät ylittyneet Torniossa tai Haaparannalla. Ruohokarin mittauspisteen mittausjakson keskiarvo oli  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Riekkolan  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosiraja-arvon ollessa  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle on annettu raja-arvo on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ja se katsotaan ylittyneeksi, jos taso ylittyy yli 35 vuorokautena kalenterivuoden aikana. Vuorokausikeskiarvopitoisuus  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan Tornion Ruohokarissa eikä Haaparannan Riekkolassa.

Myös pienhiukkasten vuosipitoisuuden raja-arvo alittui selvästi Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä ajanjaksolla 9.1.2013–8.1.2014. Tornion Ruohokarin mittauspisteen mittausjakson keskiarvo oli  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Haaparannan Riekkolan  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kun vastaava vuosiraja-arvo on  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kaikki edellä mainitut hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten ohje- ja raja-arvot ovat samat myös Ruotsissa.

Torniossa ja Haaparannalla mitatuista hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksista laskettiin ns. ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaatuilannetta. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Tornion Ruohokarissa

hyvää 72 %, tyydyttävää 21 % ja välttävää 6 % päivistä. Ilmanlaatu oli huono kahdena päivänä. Huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat pienhiukkasten korkeat pitoisuudet maaliskuisessa inversiotilanteessa sekä kesäkuussa, kun ilmanlaatua heikensivät mittauspaikan läheisiltä kesämökeiltä peräisin olevat savut. Haaparannan Riekkolassa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 48 %, tyydyttävää 38 % ja välttävää 11 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa kahdeksana päivänä ja erittäin huonoa kahtena päivänä. Ilmanlaatua heikensivät pienhiukkaspitoisuudet. Hiukkasten päästölähteinä olivat useimmiten mittausaseman lähellä sijaitsevalta laavulta mittauskopille kantautuneet savut. Yhtenä päivänä ilmanlaadun ollessa huono, kävi tuuli kaakosta Outokummun tehtaiden suunnalta.

Hiukkaspitoisuudet olivat viikonloppuisin hieman suurempia kuin arkipäivisin. Tämä on seurausta asemien sijainnista vapaa-ajantoimintojen läheisyydessä. Ruohokarissa on kesämökkiasutusta ja Riekkolassa hiukkaspitoisuuksia kohottivat ajoittain pihapiirin tulentekopaikan savut. Vapaa-ajan toimintojen vaikutukset näkyivät näissä kaupunkien tausta-alueilla, etäällä liikenneväylistä sijaitsevien mittausasemien mittauksissa, kun alueella ei ollut muita päästölähteitä. Outokummun tehtaiden vaikutus ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin osoittautui vähäiseksi.

Torniossa ja Haaparannalla vuonna 2013 hengitettävistä hiukkasista analysoitujen arseenin, nikkelin ja kadmiumin pitoisuuskeskiarvot alittivat selvästi vuosikeskiarvoille annetut tavoitearvot. Jotta pitoisuuksia voisi asianmukaisesti verrata tavoitearvoihin, tulisi näytteitä ottaa satunnaisotannalla läpi vuoden. Tornio-Haaparanta-alueella metallipitoisuuksia mitattiin tammi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 2013. Näiden mittausjaksojen keskiarvopitoisuudet olivat Tornion Ruohokarissa arseenille 6 %, kadmiumille 1 % ja nikkelille 11 % vastaavista tavoitearvoista. Haaparannan Riekkolassa arseenipitoisuudet olivat 6 %, kadmiumpitoisuudet 1 % ja nikkelipitoisuudet 6 % tavoitearvoista. Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta. Mittausjaksojen keskiarvopitoisuudet olivat kummassakin mittauspisteessä alle 0,5 % raja-arvosta. Pitoisuusvertailussa käytetyt tavoitearvot ja lyijypitoisuuden raja-arvo ovat samat sekä Suomessa että Ruotsissa. Hiukkasten kromipitoisuudelle ei ole annettu ohje-, raja- tai tavoitearvoja.

Kaikilla tutkimuksessa tarkastelluilla hiukkasten sisältämillä alkuaineilla esiintyi ajoittain muun muassa tuulensuunnista riippuen yksittäisiä normaalista pitoisuustasosta poikkeavia korkeampia vuorokausiarvoja. Kuitenkin kaikki mitatut arseenin, kadmiumin ja nikkelin vuorokausipitoisuudet alittivat tavoitearvotason sekä ylemmän ja alemman arviointikynnyksen tasot. On kuitenkin huomioitava, että em. vertailuarvot on määritetty ko. aineiden vuosikeskiarvopitoisuuksille.

Vuorokausina, jolloin mitattiin korkeimmat kromi-, nikkel- ja sinkkipitoisuudet Ruohokarin ja Riekkolan mittauspisteessä, oli tuulen suunta Outokummun tehtailla mittausasemille päin. Tornion Ruohokarissa Outokummun tehtaiden vaikutus on nähtävissä lounaanpuoleisilla tuulilla ja Haaparannan Riekkolassa kaakonpuoleisilla tuulilla. Ruohokarissa mitatut metallien vuorokausipitoisuuksien keskiarvot ovat vähän suurempia kuin Haaparannan Riekkolassa. Tähän vaikuttaa se, että Outokummun tehtailla sijaitsevat Ruohokarin asemalta katsoen lounaan suunnassa. Koska lounaistuulet ovat vallitsevia tuulia, on terästehtaan metallipäästöjen vaikutus havaittavissa Ruohokarin hiukkasnäytteissä useammin kuin Riekkolassa.

Ilmatieteen laitos on mitannut hiukas- ja metallipitoisuuksia Tornion Keskustassa ja Näätsaassa samanlaisin menetelmin aikaisemmin vuosina 2011 ja 2005. Vaik-

ka tässä tutkimuksessa mittauspisteet sijaitsevat eri paikoissa, voidaan tulosten perusteella arvioida suuntaa-antavasti ilman epäpuhtauksien kehitystä. Aikaisemmista mittauksista poiketen Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittaukset edustavat kaupunkien tausta-alueita etäällä liikenteen ja muiden päästölähteiden kuin Outokummun tehtaiden vaikutuksesta. Tämän vuoksi Ruohokarissa ja Riekkolassa mitatut hiukkaspitoisuudet ovat pääosin pienempiä kuin asuinalueella Näätsaassa ja selvästi alhaisemmalla tasolla kuin Tornion Keskustassa. On toki huomioitava, että eroon vaikuttavat päästötekijöiden lisäksi myös säättekijät, jotka vaihtelevat vuosittain.

Tornion seudun ilmanlaadun kannalta kiinnostavimmat ja keskeisimmät Outokummun Tornion tehtaiden päästöissä esiintyvät metallit ovat kromi, sinkki ja nikkeli. Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan metallimittausten mukaan kromipitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia kuin aikaisemmin Tornion keskustassa ja Näätsaassa mitatut pitoisuudet. Vuonna 2013 kromin vuorokausipitoisuuksien keskiarvo oli Ruohokarissa  $14 \text{ ng/m}^3$  ja Riekkolassa  $9 \text{ ng/m}^3$ . Vuonna 2011 vastaavat keskiarvot olivat Keskustassa  $6 \text{ ng/m}^3$  ja Näätsaassa  $3 \text{ ng/m}^3$ . Vuonna 2005 kromipitoisuuksien keskiarvo oli Keskustassa  $6 \text{ ng/m}^3$ , Näätsaassa  $5 \text{ ng/m}^3$  ja Puoluodossa  $20 \text{ ng/m}^3$ . Puoluoto sijaitsee selvästi lähempänä tehdasaluetta kuin muut mittauspisteet. Sinkin ja nikkelin keskiarvopitoisuudet olivat vuonna 2013 samalla tasolla tai pienempiä kuin aikaisemmin.

Lapin puhtaan alueen hiukkaspitoisuuksiin verrattuna Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat vuoden 2013 alkupuoliskolla hieman suurempia kuin taustapitoisuudet. Sen sijaan syksyllä ja loppuvuodesta hiukkaspitoisuudet olivat varsinkin Ruohokarissa Lapin puhtaiden tausta-alueiden tasoisia.

Lapin Pallaksen puhtaan alueen taustapitoisuuksiin verrattuna kromipitoisuuksien keskiarvot ovat Tornion Ruohokarissa noin 68-kertaisia ja Haaparannan Riekkolassa noin 45-kertaisia. Keskimääräinen nikkelpitoisuus on Ruohokarissa noin 9-kertainen ja Riekkolassa 5-kertainen Pallaksen pitoisuuksiin nähden. Tämä vertailu Tornion kromin ja nikkelin pitoisuuksien tasosta kertoo siitä, kuinka paljon suurempaa ilmanlaatukuormitus voi olla suuren metalliteollisuuden päästölähteen ympäristössä verrattuna ilmanlaadultaan Suomen puhtaimpiin kuuluvan alueen tilanteeseen nähden.

Kohonneita hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuuksia voi muodostua Outokummun tehtaiden suorien päästövaikutusten lisäksi myös muun muassa tuulen ja liikenteen maasta ja ajoradoilta nostattamasta pölystä. Outokummun Tornion tehtaiden metallipäästöt voivat kertyä tutkimusalueella maanpintaan ja olla osaltaan vaikuttamassa hiukkasten sisältämien aineiden pitoisuuksiin varsinkin kevätpölyjaksolla lumien sulaessa tai muulloin tuulen nopeuden ollessa kohtalainen tai maaperän pölytessä liikenteen vuoksi.

Outokummun tehtaiden päästövaikutusten seuranta ilmanlaadun mittauksin jatkuu Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa vuoden 2014 ajan hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksina. Outokummun tehtaiden vaikutus Ruohokarin ja Riekkolan hiukkaspitoisuuksiin näyttää nyt raportoitujen mittaustulosten perusteella olevan melko vähäistä. Mm. hiukkasten korkeimpien kromipitoisuuksien koaminen aikaisempien tarkasteluvuosien tasolta viittaa siihen, että alueen metallipitoisuuksia tulee seurata jatkossakin. Ilmatieteen laitos antaa yksityiskohtaisia

suosituksia Tornion ja Haaparannan alueiden ilmanlaadun jatkoseurannoista vuoden 2014 mittauksen loppuraportissa.

## VIITELUETTELO

ALAVIIPPOLA, B., PESONEN, R. ja SAARI, H., 2012. Ilmanlaatumittaukset Tornion keskustassa ja Näätasaassa. Mittaustulokset jaksolta helmikuu 2011–helmikuu 2012. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 49 s. + 10 liites.

ALAVIIPPOLA, B. ja PIETARILA, H., 2011. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut.

EU, 2000. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position paper. Prepared by the ad-hoc working group on arsenic, cadmium and nickel compounds. June 2000. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen.

ILMANLAATUPORTAALI, 2014. Ilmanlaatatiedon valtakunnallinen, reaaliaikainen verkkopalvelu (Ylläpito: Ilmatieteen laitos). [www.ilmanlaatu.fi](http://www.ilmanlaatu.fi)

ILMATIETEEN LAITOS, 2014. Ilmatieteen laitoksen ilmakemian laboratoriot. Matrovan tausta-aseamalla mitatut arseeni- ja metallipitoisuudet.

SAARI, H., KARTASTENPÄÄ, R. ja LINDGREN, K., 1999. Hiukkasmittaukset Torniossa. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki. 43 s. + 5 liites.

SAARI, H., HAAPARANTA, S. ja PESONEN, R., 2006. Ilmanlaatumittaukset Torniossa vuonna 2005. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 60 s. + 10 liites.

Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 8.2.2007.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 20.1.2011.

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

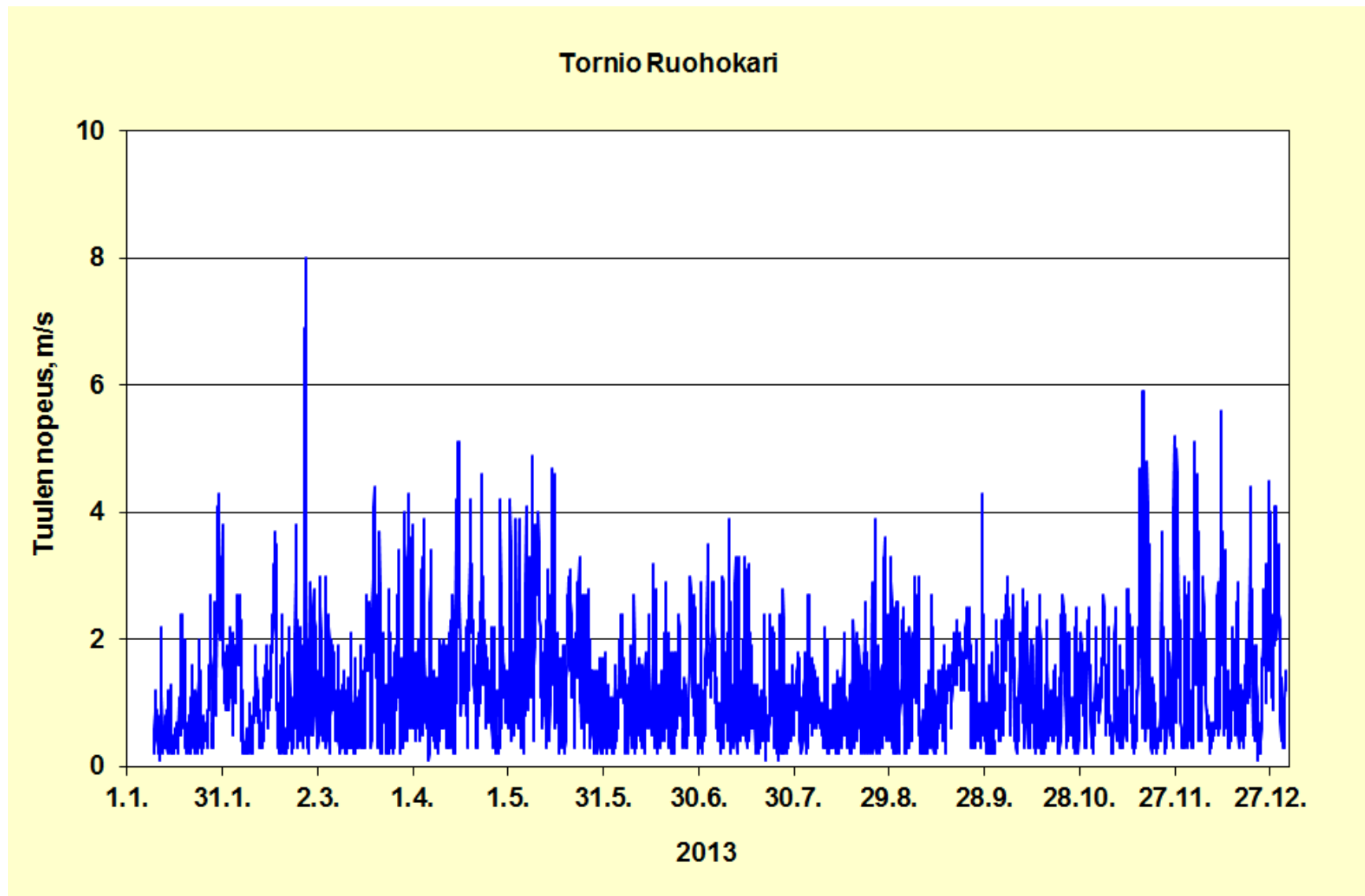
SYKE, 2013. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ilman\\_epapuhtauksien\\_paastot/Ilman\\_epapuhtauksien\\_paastot\\_Suomessa%289416%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot_Suomessa%289416%29)

2004/107/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu 15.12.2004.

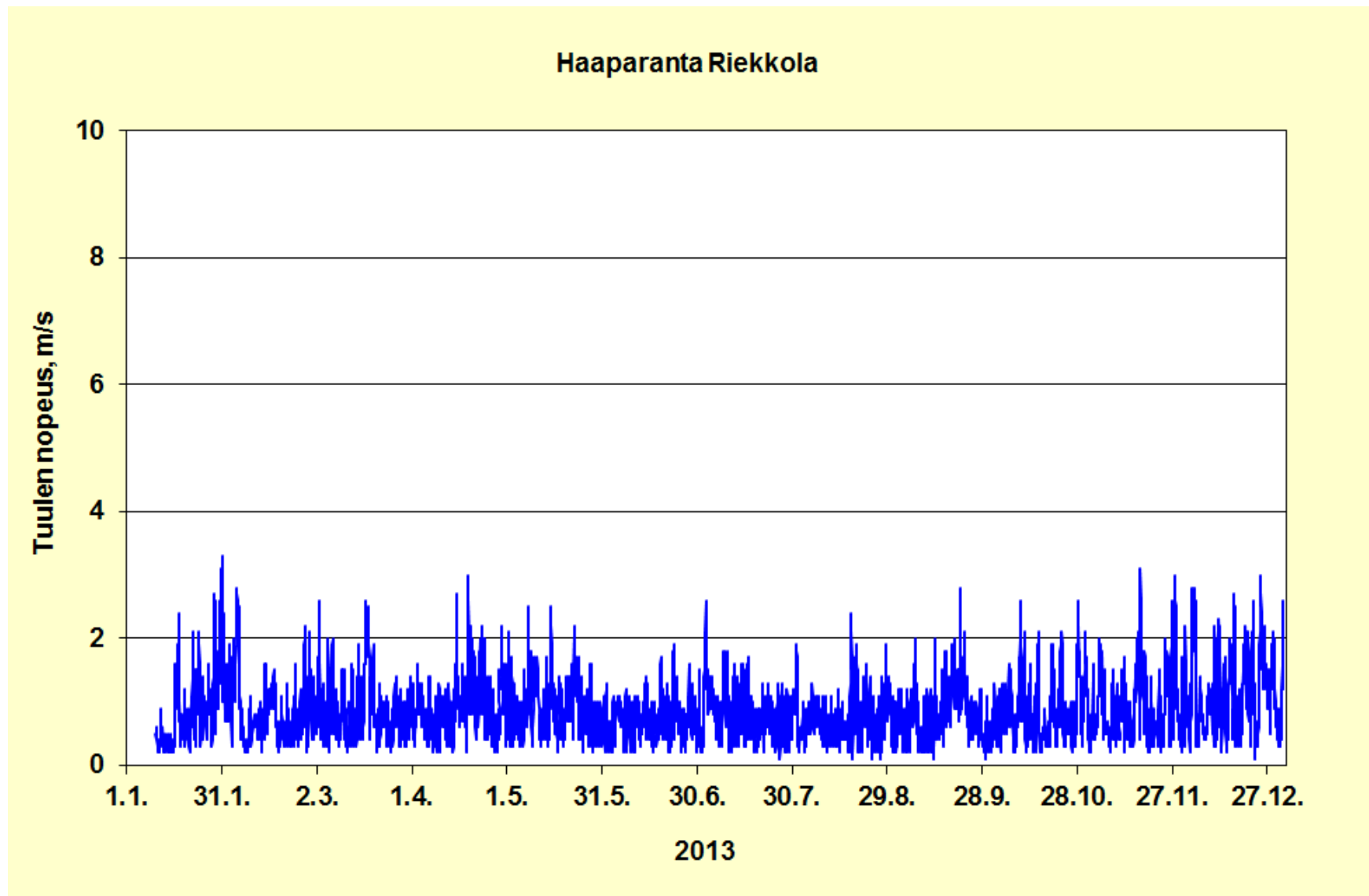


## LIITEKUVAT

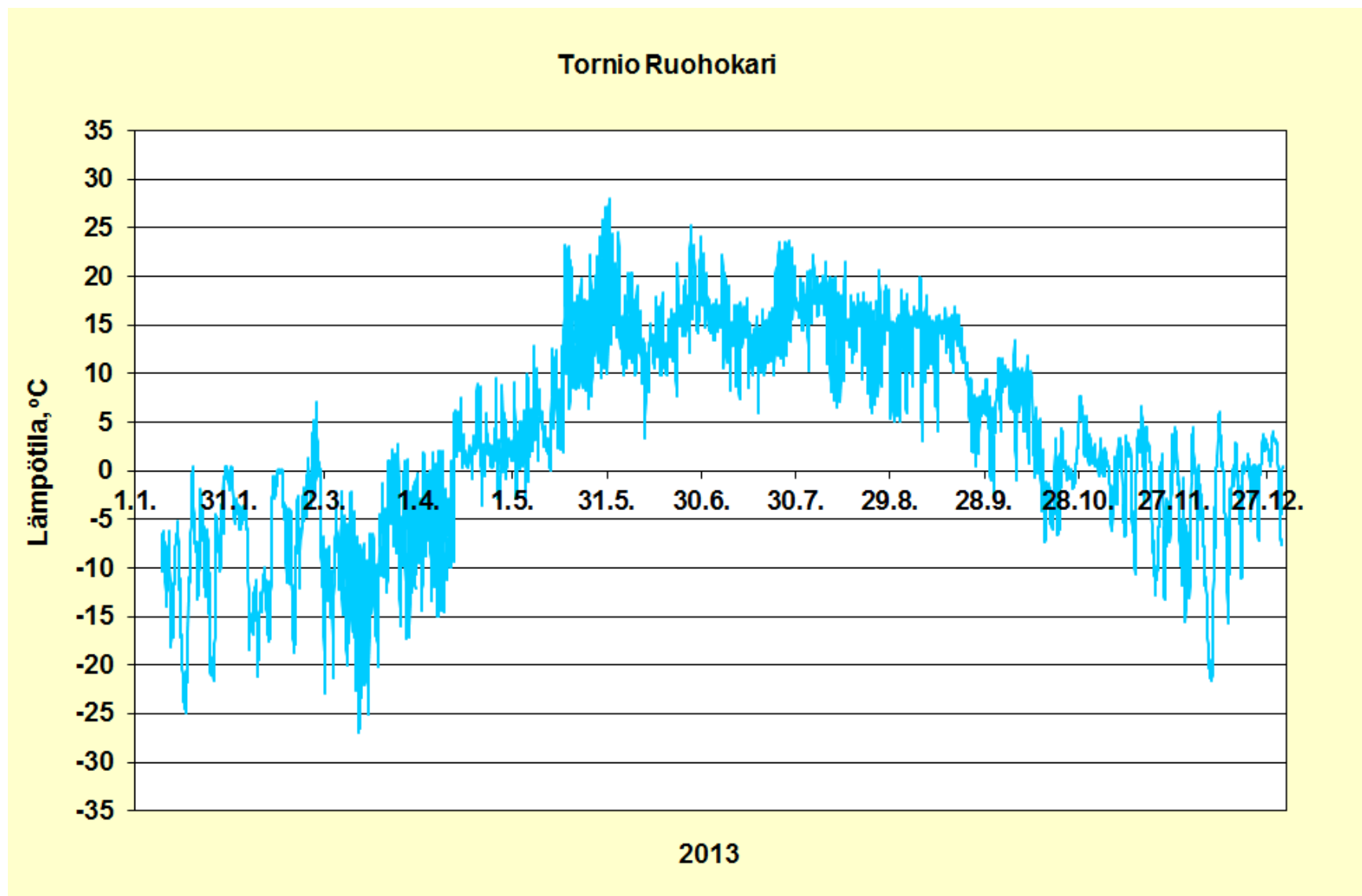




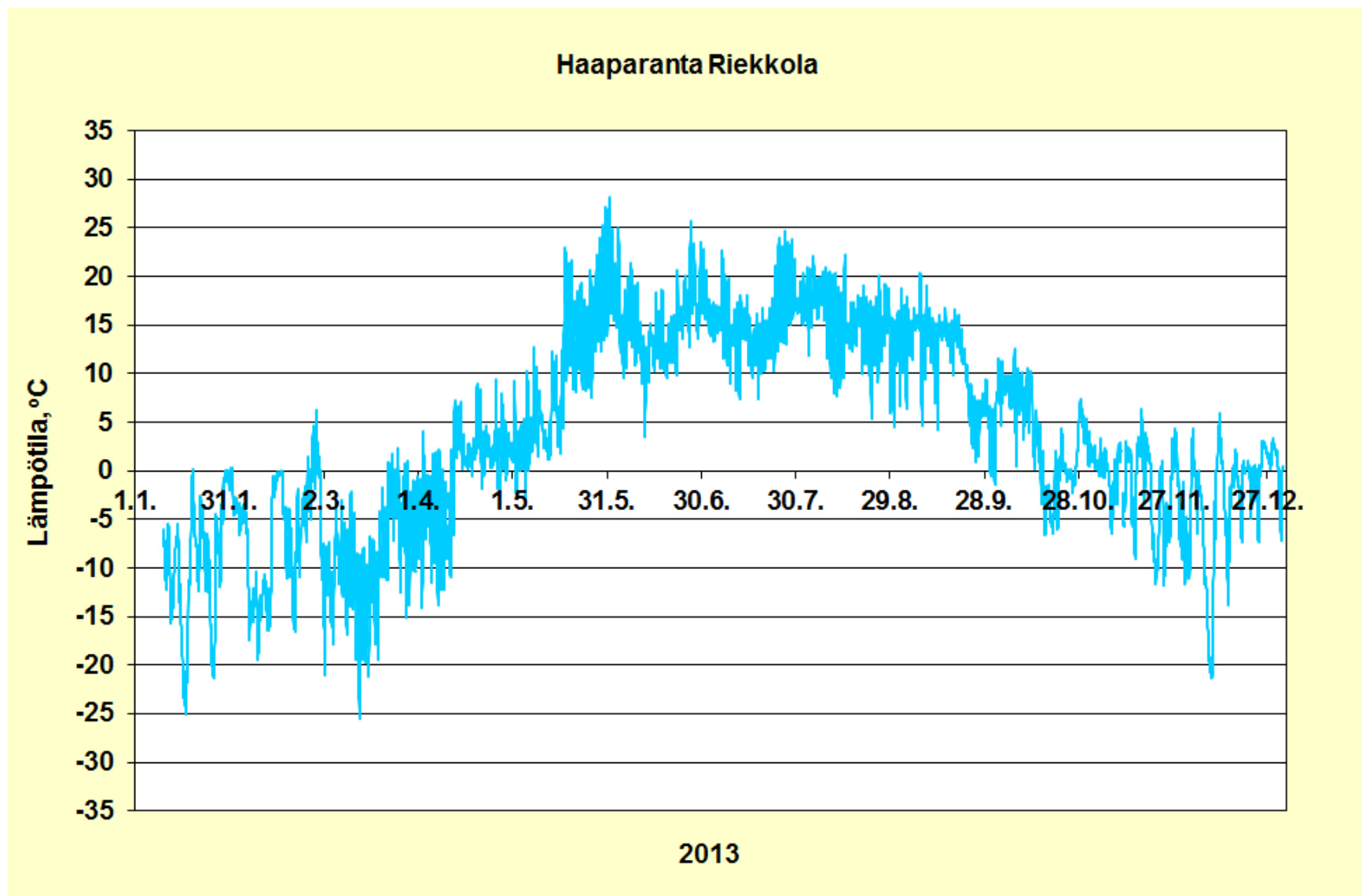
Liitekuva 1. Tuulen nopeus Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013



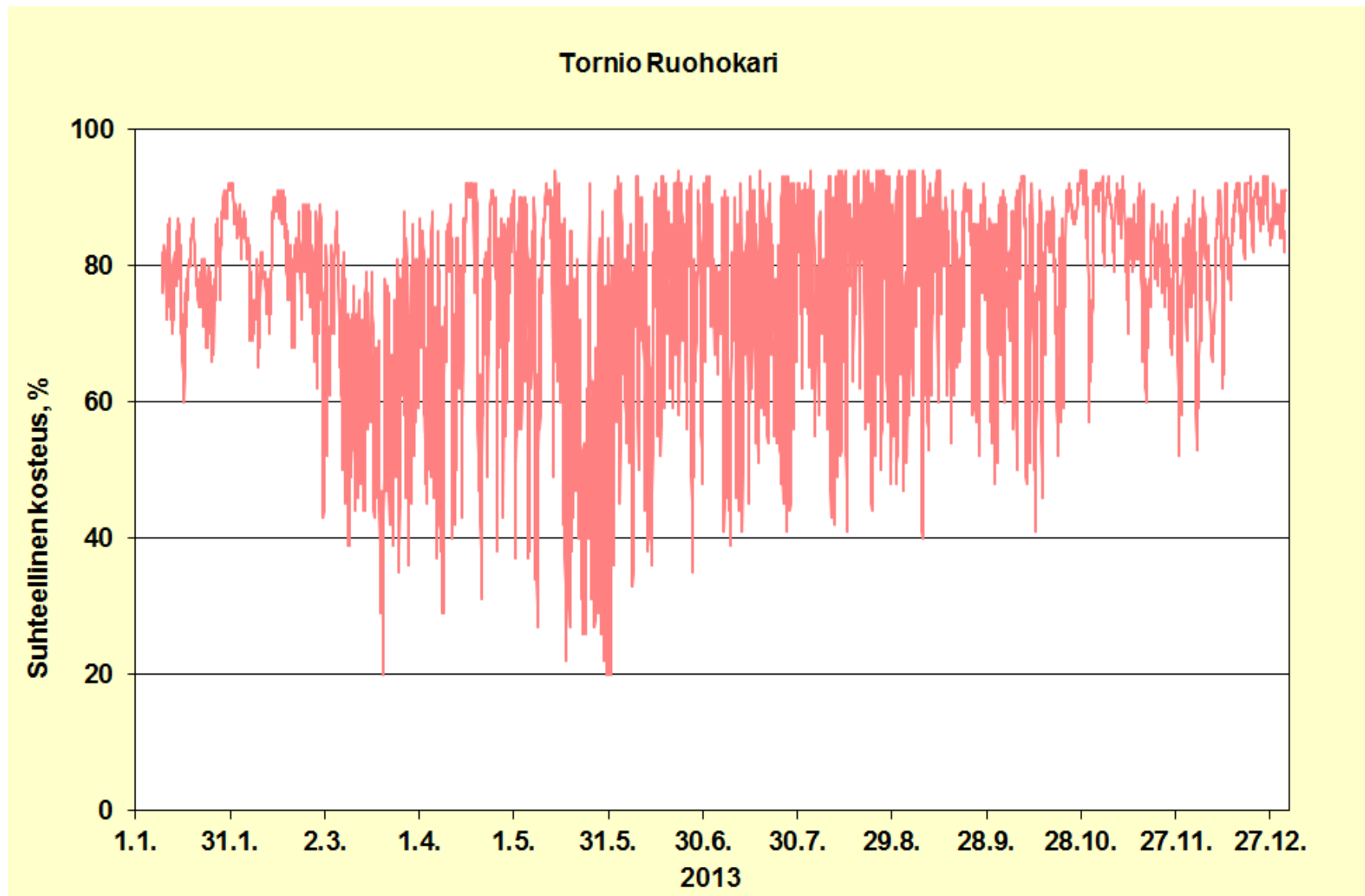
Liitekuva 2. Tuulen nopeus Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



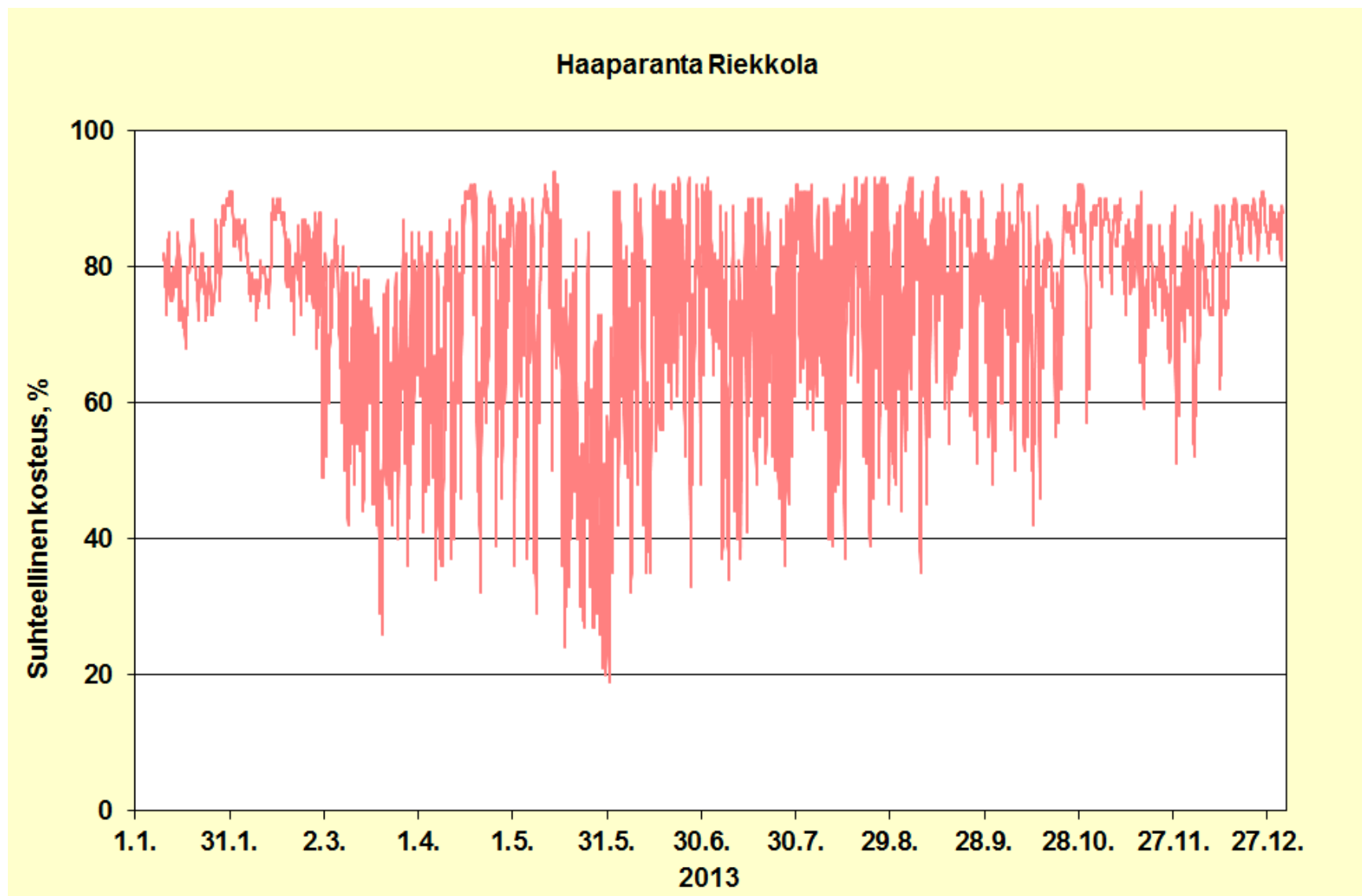
Liitekuva 3. Ulkoilman lämpötila Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



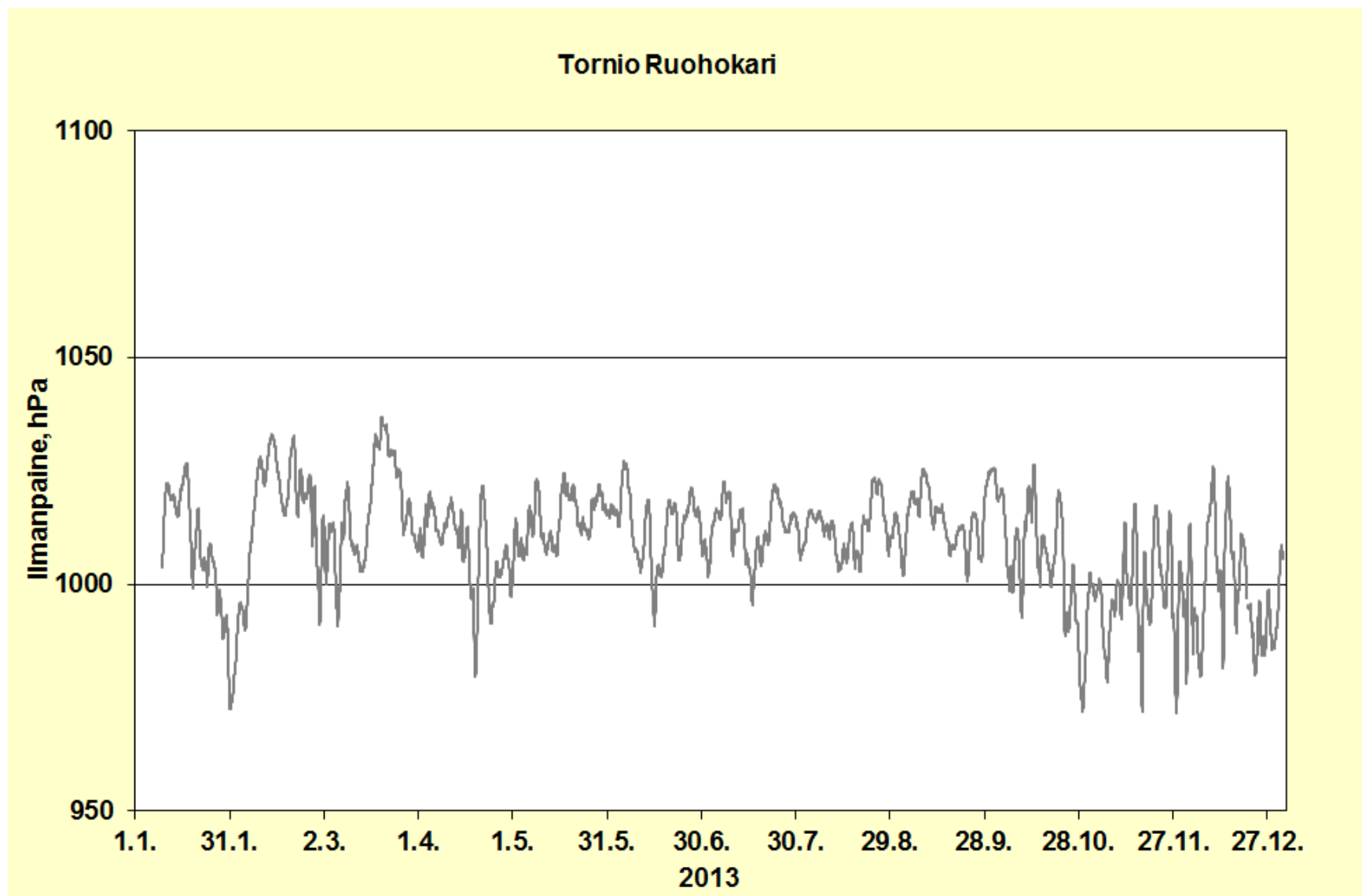
Liitekuva 4. Ulkoilman lämpötila Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



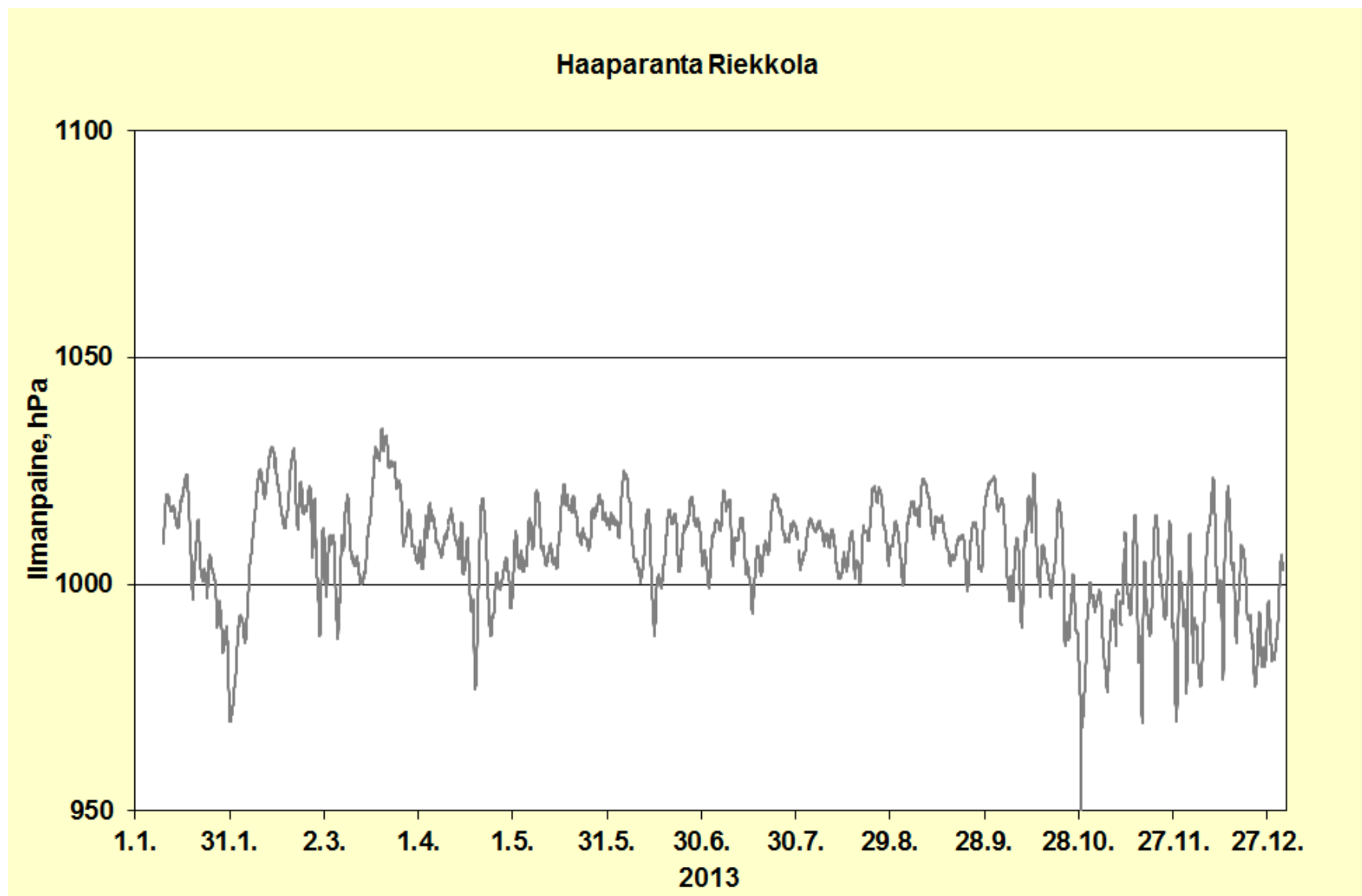
Liitekuva 5. Ulkoilman suhteellinen kosteus Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



Liitekuva 6. Ulkoilman suhteellinen kosteus Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



Liitekuva 7. Ilmanpaine Tornio Ruohokarissa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.



Liitekuva 8. Ilmanpaine Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 9.1. - 31.12.2013.





## LIITETAULUKOT



Liitetaulukko 1. Analysoidut alkuaineet, analyysin toteamis- ja määrittämisrajat, pitoisuusalueet sekä laajennetut mittausepävarmuudet.

| Menetelmä/vastuuhenkilö<br>Standardi/tekniikka                                                                                                                                                                               | Määrittäminen         | Matriisi                             | Toteamis-<br>raja*<br>(µg/l) | Määrittämis-<br>raja**<br>(µg/l) | Pitoisuusalue                                                  | Laajennettu<br>mittausepä-<br>varmuus*** |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>K206 /TSA</b><br>sisäinen menetelmä/ICP-MS<br>ISO 17294-1:2004<br>ISO 17294-2:2003<br><br><b>K208 /TSA</b><br>Mikroaaltoavusteinen<br>happouutto (HNO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )<br>SFS-EN 14902 + AC | <b>Al</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.3                          | 1                                | 0,3-1,0 µg/l<br>1,0-5,0 µg/l<br>5,0-50,0 µg/l<br>>50,0 µg/l    | 1,0 µg/l<br>20 %<br>15 %                 |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>As</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.02                         | 0.05                             | 0,02-0,05 µg/l<br>0,05-0,20 µg/l<br>0,20-2,0 µg/l<br>>2,0 µg/l | 0,04 µg/l<br>20 %<br>10 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Cd</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.01                         | 0.02                             | 0,01-0,02 µg/l<br>0,02-0,10 µg/l<br>0,10-1,0 µg/l<br>>1,0 µg/l | 0,02 µg/l<br>20 %<br>15 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Co</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.01                         | 0.02                             | 0,01-0,02 µg/l<br>0,02-0,10 µg/l<br>0,10-1,0 µg/l<br>>1,0 µg/l | 0,02 µg/l<br>20 %<br>15 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Cr</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.1                          | 0.3                              | 0,1-0,3 µg/l<br>0,3-1,0 µg/l<br>1,0-10,0 µg/l<br>>10,0 µg/l    | 0,2 µg/l<br>20 %<br>15 %                 |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Cu</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.03                         | 0.1                              | 0,03-0,1 µg/l<br>0,1-0,5 µg/l<br>0,5-10,0 µg/l<br>>10,0 µg/l   | 0,1 µg/l<br>20 %<br>10 %                 |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Fe</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 3                            | 10                               | 3-10 µg/l<br>10-40 µg/l<br>>40,0 µg/l                          | 5,0 µg/l<br>20 %                         |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Mn</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.02                         | 0.05                             | 0,02-0,05 µg/l<br>0,05-0,20 µg/l<br>0,20-2,0 µg/l<br>>2,0 µg/l | 0,04 µg/l<br>20 %<br>10 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Ni</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.03                         | 0.1                              | 0,03-0,1 µg/l<br>0,1-0,5 µg/l<br>0,5-10,0 µg/l<br>>10,0 µg/l   | 0,1 µg/l<br>20 %<br>10 %                 |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Pb</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.01                         | 0.02                             | 0,01-0,02 µg/l<br>0,02-0,10 µg/l<br>0,10-1,0 µg/l<br>>1,0 µg/l | 0,02 µg/l<br>20 %<br>15 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>V</b><br>ei akkr.  | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.01                         | 0.03                             | 0,01-0,03 µg/l<br>0,03-0,10 µg/l<br>0,10-1,0 µg/l<br>>1,0 µg/l | 0,02 µg/l<br>20 %<br>15 %                |
|                                                                                                                                                                                                                              | <b>Zn</b><br>ei akkr. | Suodattimet<br>happouuton<br>jälkeen | 0.03                         | 0.1                              | 0,03-0,1 µg/l<br>0,1-0,5 µg/l<br>0,5-10,0 µg/l<br>>10,0 µg/l   | 0,1 µg/l<br>20 %<br>10 %                 |

\*Toteamisraja = 3 \* kymmenen nollanäytteen keskihajonta

\*\*Määrittämisraja = 10 \* kymmenen nollanäytteen keskihajonta

\*\*\* Toteamisrajan ja määrittämisrajan väliselle pitoisuusalueelle ei ilmoiteta mittausepävarmuutta

Liitetaulukko 2. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) arseeni- ja metallipitoisuudet (ng/m<sup>3</sup>) **Tornion Ruohokarin** tutkimuspisteen näytteissä vuonna 2013.

|           | Al     | As   | Cd   | Co   | Cr    | Cu   | Fe     | Mn    | Ni   | Pb    | V    | Zn     |
|-----------|--------|------|------|------|-------|------|--------|-------|------|-------|------|--------|
| 10.1.2013 | 69.78  | 0.95 | 0.08 | 0.08 | 7.60  | 2.61 | 22.77  | 1.22  | 3.48 | 2.45  | 1.96 | 15.59  |
| 14.1.2013 | 27.86  | 0.28 | 0.06 | 0.15 | 4.75  | 3.90 | 50.15  | 2.22  | 1.32 | 2.03  | 0.49 | 17.11  |
| 18.1.2013 | 4.72   | 0.27 | 0.04 | 0.05 | 9.49  | 3.78 | 24.70  | 1.88  | 2.50 | 1.68  | 0.17 | 14.03  |
| 22.1.2013 | 8.85   | 0.07 | 0.02 | 0.01 | 1.50  | 0.22 | 10.65  | 0.50  | 0.21 | 0.53  | 0.05 | 4.76   |
| 30.1.2013 | 108.53 | 0.38 | 0.08 | 0.16 | 25.73 | 4.92 | 74.00  | 30.75 | 7.77 | 12.32 | 0.98 | 33.80  |
| 3.2.2013  | 43.47  | 0.20 | 0.05 | 0.14 | 10.20 | 5.06 | 75.35  | 2.40  | 2.14 | 1.98  | 0.34 | 8.41   |
| 15.2.2013 | 82.26  | 0.84 | 0.20 | 0.42 | 97.59 | 3.15 | 176.26 | 12.32 | 8.35 | 7.40  | 1.55 | 118.51 |
| 19.2.2013 | 104.66 | 0.92 | 0.11 | 0.12 | 2.94  | 7.01 | 35.81  | 1.76  | 3.32 | 3.48  | 3.58 | 10.65  |
| 23.2.2013 | 32.18  | 0.13 | 0.03 | 0.05 | 3.80  | 3.32 | 68.02  | 7.57  | 1.02 | 1.48  | 0.37 | 13.71  |
| 7.3.2013  | 44.38  | 0.19 | 0.03 | 0.06 | 10.96 | 4.93 | 53.60  | 1.88  | 1.11 | 1.14  | 0.43 | 8.04   |
| 5.8.2013  | 38.59  | 0.28 | 0.03 | 0.35 | 33.72 | 1.55 | 104.76 | 4.42  | 7.17 | 2.75  | 0.94 | 36.08  |
| 9.8.2013  | 72.99  | 0.10 | 0.01 | 0.05 | 8.48  | 0.48 | 90.05  | 1.73  | 0.62 | 1.97  | 0.22 | 5.23   |
| 13.8.2013 | 25.99  | 0.25 | 0.02 | 0.04 | 3.45  | 0.30 | 34.62  | 0.74  | 0.26 | 0.58  | 0.20 | 3.41   |
| 17.8.2013 | 21.08  | 0.44 | 0.04 | 0.05 | 6.21  | 0.80 | 40.19  | 1.41  | 1.29 | 3.33  | 0.52 | 10.63  |
| 21.8.2013 | 15.69  | 0.31 | 0.03 | 0.12 | 26.31 | 0.87 | 62.18  | 2.23  | 4.21 | 1.35  | 0.43 | 19.64  |
| 25.8.2013 | 13.65  | 0.65 | 0.04 | 0.02 | 4.48  | 0.45 | 29.65  | 0.93  | 0.58 | 3.07  | 0.11 | 15.07  |
| 29.8.2013 | 16.68  | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.87  | 0.09 | 23.32  | 0.90  | 0.16 | 0.07  | 0.15 | 0.80   |
| 2.9.2013  | 95.79  | 0.05 | 0.01 | 0.07 | 0.07  | 0.86 | 140.91 | 2.26  | 0.26 | 0.35  | 0.65 | 1.97   |
| 6.9.2013  | 35.11  | 0.41 | 0.08 | 0.29 | 41.35 | 1.79 | 94.05  | 6.99  | 7.81 | 4.51  | 1.19 | 99.70  |
| 10.9.2013 | 56.64  | 0.24 | 0.02 | 0.04 | 0.03  | 0.77 | 96.36  | 2.28  | 0.61 | 0.67  | 0.60 | 7.46   |
| 14.9.2013 | 65.52  | 0.58 | 0.09 | 0.17 | 9.71  | 1.12 | 68.27  | 3.36  | 2.12 | 2.54  | 0.91 | 16.82  |
| 18.9.2013 | 47.11  | 0.52 | 0.11 | 0.03 | 1.20  | 0.43 | 53.30  | 1.48  | 0.28 | 3.45  | 0.56 | 6.49   |
| 22.9.2013 | < DL   | 0.68 | 0.05 | < DL | < DL  | 0.15 | 3.30   | 0.28  | 0.07 | 1.34  | 0.25 | 3.12   |
| 26.9.2013 | < DL   | 0.04 | 0.01 | < DL | < DL  | 0.09 | 4.40   | 0.17  | 0.01 | 0.22  | 0.01 | 0.76   |
| 30.9.2013 | 26.90  | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.28  | 0.41 | 41.82  | 0.72  | 0.17 | 0.17  | 0.32 | 2.46   |

< DL = alle määrittäysrajan (detection limit)

Liitetaulukko 3. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) arseeni- ja metallipitoisuudet (ng/m<sup>3</sup>) Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteen näytteissä vuonna 2013.

|           | Al     | As   | Cd   | Co   | Cr    | Cu   | Fe     | Mn   | Ni   | Pb   | V    | Zn    |
|-----------|--------|------|------|------|-------|------|--------|------|------|------|------|-------|
| 10.1.2013 | 6.33   | 0.70 | 0.07 | 0.06 | 0.60  | 5.72 | 11.80  | 0.90 | 2.26 | 1.00 | 1.79 | 11.71 |
| 14.1.2013 | 4.12   | 0.28 | 0.07 | 0.16 | 2.65  | 3.93 | 52.89  | 2.41 | 0.84 | 1.71 | 0.42 | 19.38 |
| 18.1.2013 | 2.49   | 0.20 | 0.03 | 0.01 | 0.10  | 3.63 | 2.76   | 0.34 | 0.11 | 1.14 | 0.15 | 5.52  |
| 22.1.2013 | 4.15   | 0.06 | 0.03 | 0.00 | 0.26  | 3.75 | 6.49   | 0.46 | 0.04 | 0.32 | 0.02 | 10.28 |
| 30.1.2013 | 4.20   | 0.30 | 0.07 | 0.12 | 16.07 | 5.73 | 40.31  | 1.62 | 5.11 | 2.31 | 0.75 | 10.17 |
| 3.2.2013  | 26.28  | 0.20 | 0.03 | 0.14 | 36.84 | 4.31 | 61.04  | 3.05 | 2.12 | 3.57 | 0.34 | 11.72 |
| 15.2.2013 | 36.71  | 0.24 | 0.18 | 0.31 | 1.87  | 5.39 | 41.23  | 1.90 | 0.89 | 3.99 | 1.07 | 15.29 |
| 19.2.2013 | 25.05  | 1.04 | 0.12 | 0.07 | 0.98  | 2.47 | 54.41  | 5.61 | 2.33 | 1.90 | 2.80 | 15.61 |
| 23.2.2013 | 28.56  | 0.13 | 0.02 | 0.03 | 1.17  | 0.30 | 49.90  | 1.25 | 0.22 | 0.69 | 0.51 | 3.88  |
| 7.3.2013  | 29.90  | 0.32 | 0.05 | 0.03 | 9.36  | 0.53 | 42.58  | 2.03 | 0.68 | 1.94 | 0.40 | 8.28  |
| 5.8.2013  | 20.54  | 0.14 | 0.02 | 0.15 | 0.45  | 0.35 | 24.59  | 0.79 | 0.60 | 0.67 | 0.73 | 2.08  |
| 9.8.2013  | 30.70  | 0.57 | 0.01 | 0.01 | < DL  | 0.44 | 39.95  | 0.78 | 0.04 | 0.66 | 0.08 | 3.14  |
| 13.8.2013 | 35.76  | 0.20 | 0.02 | 0.06 | 4.98  | 0.52 | 51.36  | 1.24 | 0.63 | 0.53 | 0.23 | 7.13  |
| 17.8.2013 | 57.09  | 0.38 | 0.07 | 0.18 | 59.04 | 2.01 | 127.52 | 6.92 | 6.84 | 5.49 | 0.88 | 46.38 |
| 21.8.2013 | 47.30  | 0.18 | 0.04 | 0.02 | 0.17  | 0.26 | 28.49  | 0.81 | 0.16 | 0.96 | 0.22 | 5.42  |
| 25.8.2013 | 23.67  | 0.36 | 0.04 | 0.02 | 5.03  | 0.58 | 43.30  | 1.11 | 0.38 | 2.95 | 0.14 | 11.82 |
| 29.8.2013 | 24.09  | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02  | 0.07 | 27.73  | 0.80 | 0.05 | 0.14 | 0.10 | 3.52  |
| 2.9.2013  | 35.61  | 0.91 | 0.01 | 0.02 | < DL  | 0.43 | 50.08  | 0.98 | 0.12 | 0.35 | 0.33 | 3.00  |
| 6.9.2013  | 33.39  | 0.19 | 0.02 | 0.11 | 6.06  | 0.34 | 44.21  | 1.09 | 0.81 | 0.58 | 0.83 | 4.76  |
| 10.9.2013 | 76.75  | 0.21 | 0.03 | 0.15 | 33.26 | 1.20 | 169.66 | 4.62 | 4.00 | 0.97 | 0.86 | 12.20 |
| 14.9.2013 | 245.61 | 0.48 | 0.08 | 0.19 | 3.67  | 0.98 | 216.21 | 4.26 | 1.27 | 2.17 | 1.22 | 12.68 |
| 18.9.2013 | 51.42  | 0.47 | 0.11 | 0.04 | 5.02  | 0.73 | 67.10  | 2.85 | 1.12 | 3.21 | 0.62 | 6.26  |
| 22.9.2013 | < DL   | 0.50 | 0.04 | 0.01 | < DL  | 0.13 | 4.93   | 0.33 | 0.28 | 1.17 | 0.50 | 2.91  |
| 26.9.2013 | 3.44   | 0.07 | 0.01 | < DL | < DL  | 0.14 | 5.79   | 0.20 | < DL | 0.21 | 0.01 | 3.10  |
| 30.9.2013 | 13.71  | 0.11 | 0.03 | 0.01 | 0.94  | 0.42 | 28.86  | 0.52 | 0.15 | 0.47 | 0.28 | 4.29  |

< DL = alle määrittämissärajat (detection limit)



Ilmatieteen laitos  
Erik Palménin aukio 1  
PL 503, 00101 Helsinki  
Puh. 029 539 1000  
[ilmatieteenlaitos.fi](http://ilmatieteenlaitos.fi)