

# HIUKKASTEN KOOSTUMUS JA LÄHTEET MANNERHEIMINTIELLÄ PM<sub>10</sub>-RAJA-ARVON YLITYSPÄIVINÄ 2009

Helsingin seudun ympäristöpalvelut



**HIUKKASTEN KOOSTUMUS JA  
LÄHTEET MANNERHEIMINTIELLÄ  
PM<sub>10</sub>-RAJA-ARVON YLITYSPÄIVINÄ 2009**

---

Raportin tekijöiden (Nordic Envicon Oy) kiitokset: Jarkko Niemi HSY, Marja Lehtonen ja Bo Johansson GTK, Tarja Koskentalo HSY, Pekka Isoniemi, Ville Alatyppö ja Tarja Myller HKR, Jari Viinanen ja Outi Väkevä Hky

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä  
PL 100  
00066 HSY  
puhelin: 09 15611  
faksi: 09 1561 2011  
[www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

Copyright  
Kartat: © OpenStreetMapin tekijät, CC-BY-SA, [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) ja [www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org)  
Kuvat: Nordic Envicon Oy  
Kansikuva: HSY / Hannu Bask

Helsinki 2011

# Tiivistelmä

|  |                              |                  |                       |
|--|------------------------------|------------------|-----------------------|
| Julkaisija: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä  |                              |                  |                       |
| Tekijät: Kaarle Kupiainen, Ana Stojiljkovic, Roosa Ritola / Nordic Envicon Oy  |                              |                  | Päivämäärä: 15.6.2011 |
| Julkaisun nimi: Hiukkasten koostumus ja lähteet Mannerheimintielle PM <sub>10</sub> -raja-arvon ylityspäivinä 2009   |                              |                  |                       |
| <p>Työn tarkoituksena oli selvittää hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) lähteitä Helsingin keskustassa, Mannerheimintielle vuoden 2009 raja-arvotason ylityspäivinä. Työn toimeksiantajina olivat Helsingin kaupungin rakennusvirasto ja ympäristökeskus sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY (entinen YTV). Aineistoksi valittuja raja-arvotason ylityspäiviä (vuorokausikeskiarvo &gt;50 µg/m<sup>3</sup>) kertyi vuoden loppuun mennessä 30. Korkein sallittu ylityspäivien määrä vuodessa on 35 kappaletta, joten raja-arvo ei ylittynyt vuonna 2009.</p> <p>Pölyn koostumuksen ja lähdeosuuksien arviointiin käytettiin HSY:n pääkaupunkiseudulta keräämiä hiukkaspitoisuustietoja sekä Mannerheimintien mittausasemalta kerättyjen näytteiden yksittäishiukkasanalyysiä ja reseptorimallinnusta. Koostumustietojen perusteella arvioitiin laskennallisesti eri lähteiden vaikutusta hiukkaspitoisuuksiin mittausasemalla. Tutkimusmenetelmästä saatiin kokemusta vuoden 2008 aineistojen tutkimisessa ja sen todettiin soveltuvan hyvin mineraalipitoisten rakennustyöperäisten- ja liukkaudentorjunnasta aiheutuvien katupölyhiukkasten tunnistamiseen.</p> <p>Liukkaudentorjuntaan (talvikunnossapito ja nastarenkaat) liittyvät katupölylähteet olivat merkittävin Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-pitoisuuksiin vaikuttanut tekijä. 12:nä raja-arvotason ylityspäivänä niiden osuus oli yli 50 prosenttia PM<sub>10</sub>-hiukkasista, ja kolmena ylityspäivänä ne olisivat yksin riittäneet aiheuttamaan raja-arvotason ylityksen. Kaukokulkeuman tai liikenteen pakokaasupäästöjen osuus pitoisuuksista oli kolmena päivänä likimain sama kuin liukkaudentorjuntaan liittyvien lähteiden. 11:nä päivänä suurin päästölähde oli rakennustyömaasta aiheutuva katupöly.</p> <p>Lisäksi työssä selvitettiin pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) koostumusta ja lähteitä muutamien päivien ajalta vuonna 2008 ja 2009. Pienhiukkasten lähteitä olivat mm. paikalliset rakennustyöt, liikenteen päästöt ja kaukokulkeuma.</p> |                              |                  |                       |
| Avainsanat: Hiukkaset, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , katupöly, lähteet  |                              |                  |                       |
| Sarjan nimi ja numero: HSY:n julkaisuja 5/2011   |                              |                  |                       |
| ISSN (nid.)-   | ISBN (nid.) -                | Kieli: suomi     | Sivuja: 30            |
| ISSN (pdf) 1798-6095   | ISBN (pdf) 978-952-6604-26-8 | ISSN-L 1798-6095 |                       |
| Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, PL 100, 00066 HSY, puhelin 09 156 11, faksi 09 1561 2011  |                              |                  |                       |

# Abstract

|   |                              |                                |           |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Published by: Helsinki Region Environmental Services Authority  |                              |                                |           |
| Authors: Kaarle Kupiainen, Ana Stojiljkovic, Roosa Ritola / Nordic Envicon Oy   |                              | Date of publication: 15.6.2011 |           |
| Title of publication: Composition and sources of particles in Mannerheimintie during exceedance days of PM <sub>10</sub> limit value in 2009  |                              |                                |           |
| <p>The purpose of the work was to determine sources of thoracic particles (PM<sub>10</sub>) in the center of Helsinki, in Mannerheimintie, in 2009 during the days when the daily average concentration of PM<sub>10</sub> exceeded 50 µg/m<sup>3</sup>. Work was commissioned by the Helsinki City Public Works department, the Helsinki Environment Centre and the Helsinki Region Environmental Services Authority HSY (formerly YTV). By the end of the year there were altogether 30 exceedance days. The allowed number of exceedance days per year is 35, so the limit value was not exceeded in 2009.</p> <p>HSY is responsible for monitoring the air quality in the Helsinki metropolitan area. The PM<sub>10</sub> monitoring data in combination with electron microscopy based single particle compositional analysis and receptor modeling was used to evaluate dust source contributions on the exceedance days at HSY's air quality monitoring station in Mannerheimintie.</p> <p>Dust sources related to traction control (winter maintenance and pavement wear by studded tyres) contributed most to the PM<sub>10</sub> concentrations in Mannerheimintie. On 12 exceeding days this group accounted for more than 50 % of PM<sub>10</sub> particles, on 3 days the group alone was sufficient to cause the exceedance. On 3 of the exceedance days long-range transboundary air pollution or traffic exhaust emissions were on the same level with the traction control sources. On 11 days the most significant impact came from construction sites.</p> |                              |                                |           |
| Key words: Particles, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , street dust, sources   |                              |                                |           |
| Publication series title and number: HSY's publications 5/2011  |                              |                                |           |
| ISSN (print) -  | ISBN (print) -               | Language: Finnish              | Pages: 30 |
| ISSN (pdf) 1798-6095  | ISBN (pdf) 978-952-6604-26-8 | ISSN-L 1798-6095               |           |
| Helsinki Region Environmental Services Authority, P.O. Box 100, 00066 HSY, phone: +358 9 156 11, fax: +358 9 156 2011   |                              |                                |           |

# Sammandrag

|  |                              |                  |                  |
|--|------------------------------|------------------|------------------|
| Utgivare: Samkommunen Helsingforsregionens miljöjänster  |                              |                  |                  |
| Författare: Kaarle Kupiainen, Ana Stojiljkovic, Roosa Ritola / Nordic Envicon Oy   |                              |                  | Datum: 15.6.2011 |
| Publikationens titel: Sammansättning och källor av partiklar på Mannerheimvägen under överskridningsdagar av PM <sub>10</sub> gränsvärdet år 2009  |                              |                  |                  |
| <p>Syftet med forskningen var att bestämma partikelkällor (PM<sub>10</sub>) i centrum av Helsingfors, Mannerheimvägen, år 2009. Arbetet beställdes av Helsingfors stads byggnadskontor, miljöcentralen och Helsingforsregionens miljöjänster HRM (tidigare SAD). Materialet samlades in under de dagar som PM<sub>10</sub> dygnsmedelvärdet överskreds (dygnsmedelvärdet &gt; 50 ug/m<sup>3</sup>). Antalet dagar var i slutet av året 30 stycken. Det högsta tillåtna antalet överskridanden per år är 35 stycken, så gränsen har inte överskridits under 2009.</p> <p>För att bedöma dammsammansättningen och källorna, använde man sig av uppgifter om partikelhalter i huvudstadsregionen samt av enskilda partikelanalyser och receptormodellering. På basen av sammansättningsuppgifterna beräknades olika källors inverkan på partikelhalterna vid mätstationen på Mannerheimvägen. Undersökningsmetoden gav erfarenheten för materialundersökningen år 2008 och man konstaterade att metoden passar bra för att identifiera gatudammspartiklar som orsakas av byggnadsarbete och halkbekämpning.</p> <p>Källor av vägdamm relaterade till halkbekämpning (saltning, sandning, slitage på vägytan av dubbdäck) var den mest betydelsefulla gruppen som påverkade koncentrationerna på Mannerheimvägen. På 12 dagar har de stått för mer än 50 % av PM<sub>10</sub>-partiklarna, på 3 dagar skulle de ensamma räcka till för att orsaka överskridandet av dygnsmedelvärdet. På 3 dagar har fjärtransporter av finpartiklar eller avgasutsläpp från trafiken redovisats ungefär på samma nivå som halkbekämpning. På 11 dagar har den största utsläppskällan har orsakats av damm från byggarbetsplatser.</p> |                              |                  |                  |
| Nyckelord: Partiklar, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , vägdamm, källor   |                              |                  |                  |
| Publikationsseriens titel och nummer: HRM:s publikationer 5/2011   |                              |                  |                  |
| ISSN (hft.) -  | ISBN (hft.) -                | Språk: finska    | Sidantal: 30     |
| ISSN (pdf) 1798-6095   | ISBN (pdf) 978-952-6604-26-8 | ISSN-L 1798-6095 |                  |
| Samkommunen Helsingforsregionens miljöjänster, PB 100, 00066 HRM, tfn: 09 156 11, fax: 09 156 1 2011   |                              |                  |                  |



# Sisällys

## OSA I. HIUKKASTEN KOOSTUMUS JA LÄHTEET PM<sub>10</sub>-RAJA-ARVOTASON YLITYSPÄIVINÄ 2009

|  |    |
|--|----|
| 1. JOHDANTO  | 11 |
| 2. RAKENNUSTYÖT MANNERHEIMINTIEN MITTAUSASEMAN<br>LÄHEISYYDESSÄ        | 12 |
| 3. PÄÄLLYSTEET JA TALVIKUNNOSSAPITO                                    | 13 |
| 4. MENETELMÄT  | 14 |
| 5. TULOKSET  | 15 |
| 5.1 Hiukkasten koostumus Mannerheimintien PM <sub>10</sub> -näytteissä | 15 |
| 5.2 Hiukkaspitoisuuksien perusteella tehty suuntaa-antava lähdearvio   | 17 |
| 5.3 PM <sub>10</sub> lähteet Mannerheimintiellä                        | 17 |
| 6. JOHTOPÄÄTÖKSET  | 20 |

## OSA II. PIENHIUKKASTEN KOOSTUMUS JA LÄHTEITÄ 2008–2009

|  |    |
|--|----|
| 1. JOHDANTO  | 23 |
| 2. MENETELMÄT  | 23 |
| 3. TULOKSIA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ  | 24 |
| 3.1 Pienhiukkasnäytteiden koostumus Mannerheimintiellä 2008                          | 24 |
| 3.2 Pienhiukkasnäytteiden koostumus Mannerheimintiellä ja<br>Tuomarilassa 18.12.2009 | 25 |
| KIRJALLISUUS   | 26 |
| LIITE  | 27 |



**OSA I. HIUKKASTEN KOOSTUMUS JA  
LÄHTEET PM<sub>10</sub>-RAJA-ARVOTASON  
YLITYSPÄIVINÄ 2009**

---



# 1. Johdanto

Työn tarkoituksena oli selvittää hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) lähteitä Helsingin keskustassa, Mannerheimintiellä vuoden 2009 raja-arvotason ylityspäivinä. Työn toimeksiantajina olivat Helsingin kaupungin rakennusvirasto ja ympäristökeskus sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY (entinen YTV). Aineistoksi valittuja raja-arvotason ylityspäiviä (vuorokausikeskiarvo >50 µg/m<sup>3</sup>) kertyi vuoden loppuun mennessä 30. Korkein sallittu ylityspäivien määrä vuodessa on 35 kappaletta, joten raja-arvo ei ylittynyt vuonna 2009.

Pölyn koostumuksen ja lähdeosuuksien arviointiin käytettiin HSY:n pääkaupunkiseudulta keräämiä hiukkaspitoisuustietoja sekä yksittäishiukkasanalyysiä ja reseptorimallinnusta (kts. esim. Tervahattu ym. 2005, Kupiainen 2007). Yksittäishiukkasanalyysiä ja reseptorimallinnusta yhdistelevässä menetelmässä kerätään tietoa yksittäisten hiukkasten ja hiukkasagglomeraattien koostumuksesta sekä lähteillä että reseptorilla. Tässä tutkimuksessa reseptori oli HSY:n

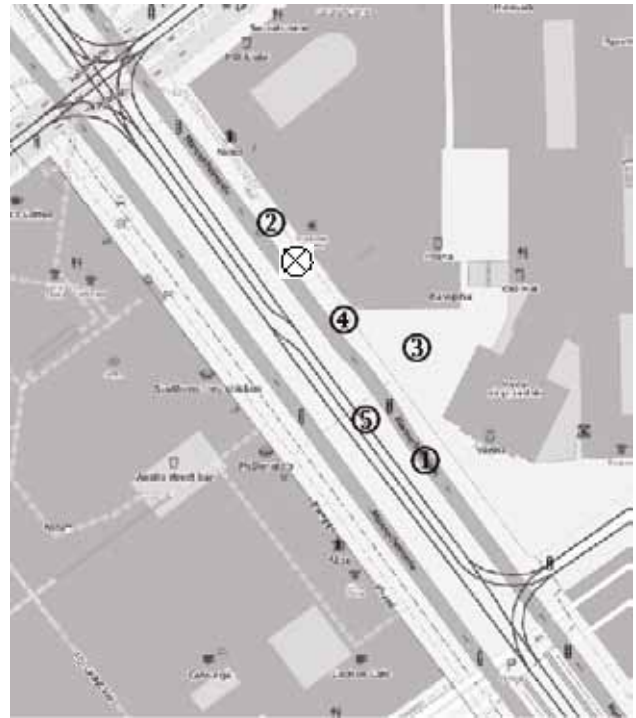
Mannerheimintien ilmanlaatuasema. Koostumustietojen perusteella arvioitiin laskennallisesti eri hiukkaslähteiden ilmanlaatuvaikutusta ilmanlaatuaseman PM<sub>10</sub>-näytteissä. Tutkimusmenetelmästä saatiin kokemusta vuoden 2008 aineistojen tutkimisessa ja sen todettiin soveltuvan hyvin mineraalipitoisten rakennustyöperäisten ja liukkaudentorjunnasta aiheutuvien katupölyhiukkasten tunnistamiseen (Kupiainen 2007, Kupiainen & Stojiljkovic 2009).

Vuoden 2008 töissä havaittiin liukkaudentorjunnasta aiheutuvan katupölyn, pakokaasupäästöjen ja kaukokulkeutuneiden hiukkasten ohella ympäristössä käynnissä olleiden rakennustyömaiden vaikutus (Kupiainen & Stojiljkovic 2009). Samat hiukkaslähteet nousivat esiin myös vuoden 2009 raja-arvon ylityspäivinä. Suurimmat rakennustyömaat olivat jo valmistuneet vuonna 2009, mutta esimerkiksi Mannerheimintien nupukiveyksen uusiminen toukokuussa 2009 näkyi selvästi tuloksissa.

## 2. Rakennustyöt Mannerheimintien mittausaseman läheisyydessä

Mannerheimintien varrella sijaitseva ilmanlaadun mittausasema (Mannerheimintie 5) sijaitsee vilkasliikenteisten Simonkadun, Kaivokadun ja Mannerheimintien risteuksen läheisyydessä (etäisyys risteyksestä noin 35 metriä). Mittausaseman kohdalla Mannerheimintie on nelikaistainen katu, jonka keskellä on kaksi raitiotiekaistaa. Lisäksi aseman läheisyydessä Mannerheimintiehen liittyy Aleksanterinkatu, jolla liikennöinti on rajoitusten vuoksi lähinnä raitiovaunuja ja takseja. Aleksanterinkatu on lämmitetty. Alueella on paljon jalankulkuaueita.

Vuoden 2008 raportissa (Kupiainen ja Stojiljkovic 2009) mainitut mittavat Kaivopihan rakennustyöt valmistuivat helmikuussa 2009. Rakennustyöt Mannerheimintien varrella, Kaivopihan kohdalla, jatkuivat kuitenkin kesäkuulle saakka, minkä johdosta katu oli auki (liitteen kuva L1). Vuoden 2009 merkittävin työmaa mittausaseman läheisyydessä oli kuitenkin toukokuussa tehty ajoradan nupukiveyksen uusiminen, jonka vaikutus näkyi toukokuun puolessa välissä ja kesäkuussa (liitteen kuva L3). Katupölynäytteitä kerättiin useasta paikasta Mannerheimintien mittausaseman ympäristöstä ja näytepaikat on esitetty kuvassa 1. Liitteessä (kuvat L1–L3) on lisäksi esitetty helmi-, maaliskuu ja toukokuussa 2009 otettuja kuvia eri kohteista.



Kuva 1. Mannerheimintien varrella sijaitseva mittausasema ja sen läheisyydessä 2009 vaikuttaneita hiukkaslähteitä. Numeroidut kohdat ovat myös lähdeprofiilinäytteiden keräyspisteet.

1. Nupukivityömaa
  2. Mannerheimintie 7
  3. Kaivopiha
  4. Kaivopiha kadunvarsi
  5. Raitiotie
- ⊗ HSY:n ilmanlaadun mittausasema

## 3. Päälysteet ja talvikunnossapito

Päälyste- ja talvikunnossapitotietoja Helsingin keskustan alueelta on kerätty vuodesta 2006 lähtien KAPU-hanketta varten (Tervahattu ym. 2007). Tietoja ovat toimittaneet Helsingin kaupungin eri kunnossapitoyksiköt ja katulaboratorio. Mannerheimintien mittausaseman läheisyydessä kulkevat pääväylät ovat nupukiveystä tai kulutuskestävää, suuren raekoon asfalttia. Simonkatu, Kaivokatu ja Mannerheimintie olivat vuosina 2008–2009 rakennustöiden kohteina, ja niillä on tehty myös päälystystöitä:

- Simonkatu ja Kaivokatu asfalttityyppi AB20 tai SMA18, hyvässä kunnossa, päälystetty 2005; kunnossapitoluokka I.
- Mannerheimintiellä nupukiveys, kohtalaisessa kunnossa, tehty 1980-luvulla; kunnossapitoluokka I.
- Aleksanterinkadulla nupukiveys, hyvässä kunnossa, kiyeokset tehty 2003–2004; kunnossapitoluokka II, lämmitetty katu.
- Päälysteiden kiviainesten koostumuksista ei toistaiseksi ole tarkempaa tietoa.
- Kalsiumkloridia (CaCl<sub>2</sub>-liuos) käytettiin kevätkaudella 2009 pölynsidontaan yhteensä 9 päivänä:
  - Tammikuu 1 päivänä (1.1.)
  - Helmikuu 1 päivänä (5.2.)
  - Maaliskuu 10 päivänä (12.3., 13.3., 19.3., 20.3., 22.–26.3., 31.3.)
  - Huhtikuu 6 päivänä (2.4., 8.4., 9.4., 20.4., 28.4., 29.4.)
- Katujen kevätpuhdistus tehtiin toimenpidekirjausten mukaan Mannerheimintiellä 24.4.2009, Kaivokadulla 15.4.2009 ja Simonkadulla 16.4.2009. Toukokuun aikana ko. katuja pestiin 5.5., 6.5., 12.5. sekä 13.5.2009. KAPU-hankkeen toimenpidekirjaukset päättyivät toukokuun loppuun.
- Kiinteistöjen vastuualueiden tilanteesta (esim. jalkakäytävät) tehtiin 2008 lyhyt sähköpostikysely lähikiinteistöille. Liukkaudentorjunta hoidetaan hiekoitussepeillä (raekoko 3/6mm). Ulkoportaiden sulatukseen saatetaan käyttää lumensulatusainetta (esim. MgCl<sub>2</sub>). Materiaalien koostumuksesta ei tässä vaiheessa ole tarkempaa tietoa.

Talvikunnossapidon toimenpiteitä ajoradoilla on kerätty KAPU-hankkeen puitteissa. Mannerheimintiellä ja lähikauduilla tehtiin seuraavia talvikunnossapitotoimia talvi- ja kevätkaudella 2009 (Kupiainen ym. 2009):

- KAPU-toimenpidekirjausten mukaan ajoratoja ei hiekoitettu vuonna 2009. Kirjauksia tehtiin mittausaseman läheisyydessä Mannerheimintieltä, Aleksanterinkadulta, Kaivokadulta, Kansakoulunkadulta ja Simonkadulta.
- Ajoratoja suolattiin kevätkaudella 2009 liukkauden torjumiseksi natriumkloridiliuoksella (NaCl) seuraavasti:
  - Tammikuu 9 päivänä (1.1., 8.–10.1., 15.1., 16.1., 21.1., 23.1., 26.1.)
  - Helmikuu 9 päivänä (6.–8.2., 11.2., 14.2., 16.2., 17.2., 24.2., 26.2.)
  - Maaliskuu 7 päivänä (2.3., 3.3., 6.3., 7.3., 23.3., 24.3., 30.3.)

Mannerheimintiellä on merkittävästi raitiovaunuliikennettä. Raitiovaunut käyttävät jarrutuksessa jarruhiekkaa (noin 2 mm raekoon murske), mikä jää katu ympäristöön ja on mukana katupölypäästöissä (HKL 2009). Myös uudet raitiovaunut käyttävät jarruhiekkaa, joskin käyttömäärät verrattuna vanhoihin vaunuihin ovat vähäisempinä, mikäli ajo- ja jarrutussäädöt ovat oikeat (HKL 2009). Jarruhiekan kokonaiskulutus vuonna 2009 oli 241 tonnia (HKL 2009). Lisäksi raitiovaunujen jarruista, pyöristä ja kiskoista pääsee hiukkasia ilmaan.

## 4. Menetelmät

Työn tarkoituksena oli selvittää hiukkasten lähteitä Mannerheimintiellä vuoden 2009 PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylityspäivinä. Suodatinnauhalle kerätyt hiukkasnäytteet saatiin HSY:ltä, Mannerheimintie 5:ssä sijaitsevan mittausaseman hiukkas-keräimeltä (FH 62 I-R). Tutkimusmenetelmänä käytettiin yksittäishiukkasanalyysiä (kts. esim. Tervahattu ym. 2005, Kupiainen 2007). Menetelmässä kerätään tietoa yksittäisten hiukkasten ja hiukkasagglomeraattien koostumukselta lähdearvioiden pohjaksi. Tutkimusalueella vaikuttavat useat lähteet, ja erityisesti koettiin tarpeelliseksi erotella rakennustöistä ja liukkaudentorjunnasta aiheutuvat katupölylähteet toisistaan. Molemmista pääsee ilmaan mineraalipitoisia hiukkasia, ja niiden tunnistamiseksi valittu tutkimusmenetelmä soveltuu hyvin (Kupiainen 2007).

FH 62 I-R -keräimen lasikuitusuodattimilta analysoitiin yksittäisten hiukkasten ja hiukkasagglomeraattien koostumusta elektronimikroskoopilla, johon oli liitetty alkuaineanalyysointilaite (SEM/EDX, JEOL JSM5900LV, Oxford Instruments INCA - ZAF-4 korjaus). Jokaisesta näytteestä analysoitiin 200–220 hiukkasta, yhteensä 6 250 hiukkasta. Hiukkasten agglomeroituminen hiukkasten keräämisen sekä näytteiden valmistamisen aikana hankaloittaa pienimpien hiukkasten analysoimista. Analysoidut hiukkaset ja hiukkasagglomeraatit olivat kooltaan vähintään noin 1 µm. Hiukkaset ryhmiteltiin koostumukseltaan homogeenisiin luokkiin klusterianalyysin avulla (hierarkkinen klusterianalyysi, etäisyysmittoina euklidiset neliöt, 40 hiukkasluokkaa). Klusterianalyysin päällekkäiset luokat poistettiin lähdeanalyysiä varten (tuloksena 24 luokkaa).

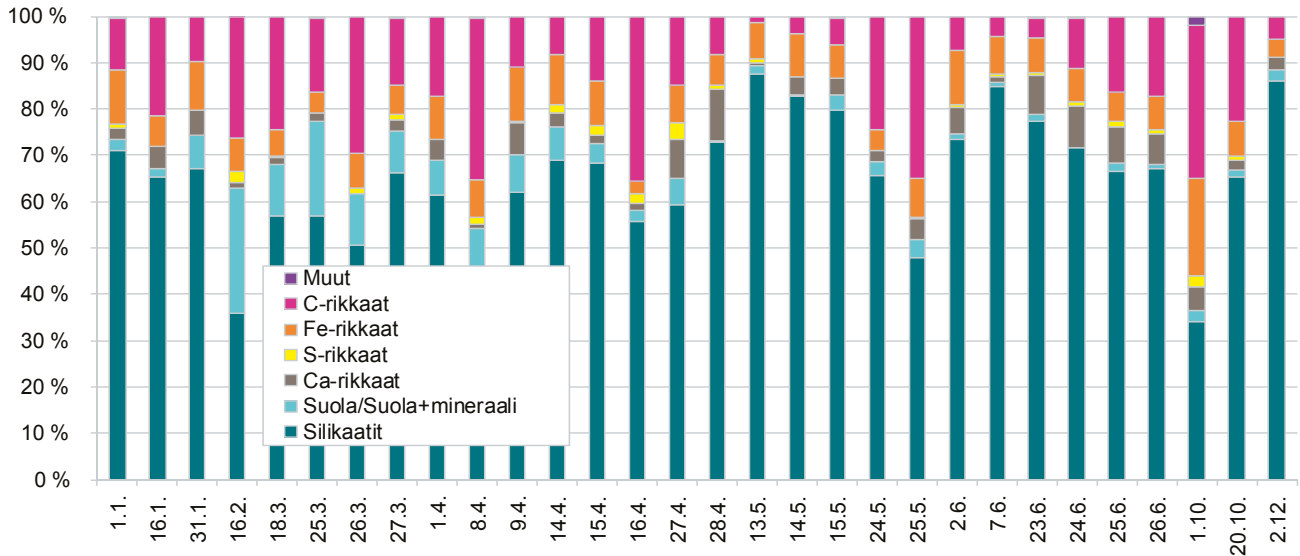
Mannerheimintiellä vaikuttaneiden hiukkaslähteiden vaikutusosuuksia arvioitiin laskennallisesti reseptorimallinnuksen avulla, käyttäen hyväksi US EPA:n CMB8.2-ohjelmistoa (US EPA 2001). Menetelmässä lasketaan eri hiukkaslähteiden

suhteellista vaikutusta esimerkiksi ilmanlaadun mittausaseman hiukkasmassaan (reseptori). Laskennan lähtötiedoksi tarvitaan lähteiden hiukaskoostumukset (kts. Kupiainen ym. 2005, Tervahattu ym. 2005, Kupiainen 2007). Päälähteinä Mannerheimintiellä vuonna 2009 arvioitiin olevan rakennustyömaista kulkeutuva katupöly (sementtipitoinen pöly ja mineraalipöly), liukkaudentorjunnasta aiheutuva katupöly (mineraalipöly, suola hiukkasaset), kaukokulkeutunut hiukkasmassa ja liikenteen pakokaasuhiukkasaset.

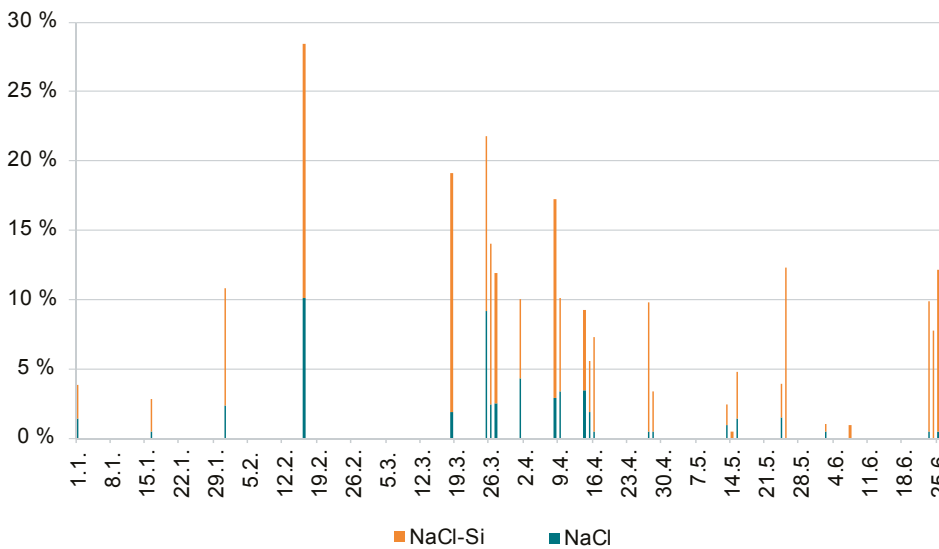
Vuoden 2009 analyysijä varten kerättiin jokaisen PM<sub>10</sub>-vuorokausiraja-arvotason ylityksen yhteydessä kadunpinnan pölynäytteet katupölyn koostumusprofiilien arviointia varten. Kadunpinnan pölynäytteet analysoitiin automatisoidulla Feature Analysis -ohjelmalla. Näytemäärä oli noin 1 000 hiukkasta per näyte, yhteensä noin 17 000 hiukkasta. Näytteiden keräyspisteet on esitetty kuvassa 1 ja analyysissä käytetyt koostumusprofiilit on esitetty liitteessä (liitteen kuvat L4 ja L5).

Rakennustyömaiden pöly vuonna 2009 vastasi koostumukseltaan graniittista mineraalipölyä. Kaivopihaan työmaan näytteissä oli jonkin verran Ca-pitoisia hiukkasia. Rakennustyömaiden ja liukkaudentorjunnan mineraalipölyn koostumusprofiilit olivat hyvin samankaltaisia, joten näiden lähteiden erittelyssä voi esiintyä jonkin verran päällekkäisyyttä. Kaukokulkeuman koostumusta arvioitiin pääkaupunkiseudulla tehtyjen kaukokulkeumatutkimusten (Niemi ym. 2003, Niemi ym. 2006, Niemi 2007) perusteella. Pakokaasun arvioitiin olevan pääsääntöisesti hiiltä. Tämän tyyppisiin lähdeosuuksien arvioihin liittyy aina epävarmuuksia, joiden lähteenä on hiukkasmittauksiin, lähteiden koostumusprofiileiden määrittämiseen ja lähteiden samankaltaisuuteen liittyvät epävarmuudet.





Kuva 2. Hiukkasten koostumus Mannerheimintien ilmanlaadun mittausasemalla PM<sub>10</sub> raja-arvotason ylityspäivinä 2009.



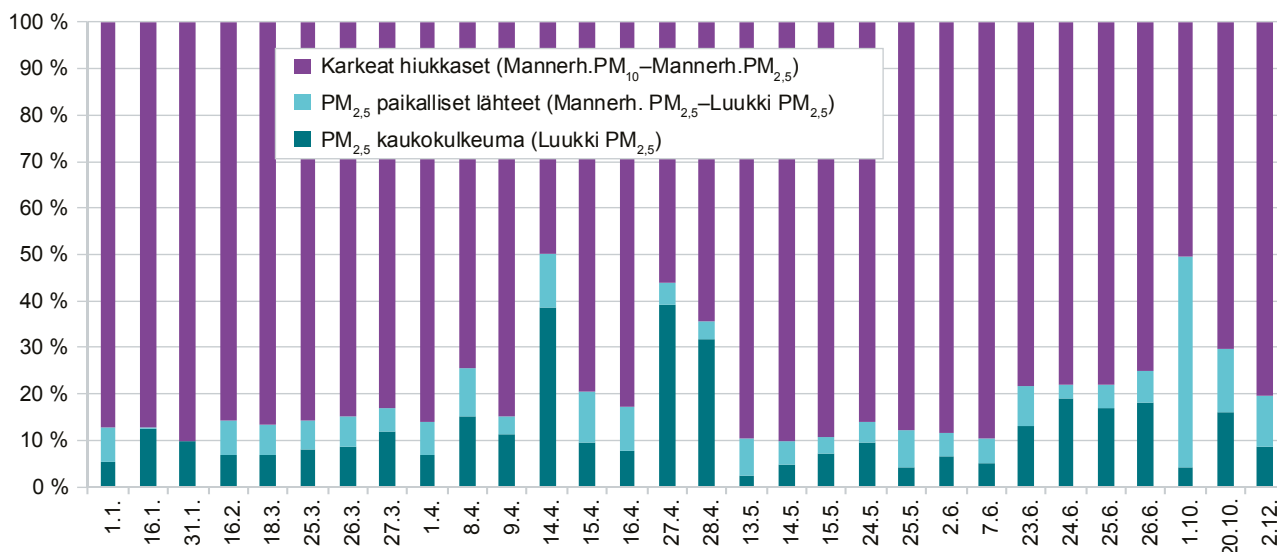
Kuva 3. NaCl-hiukkasten ja NaCl-silikaatti sekahiukkasten osuudet Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-näytteissä tammi-kesäkuussa vuonna 2009. CaCl<sub>2</sub> sisältyy NaCl-Si-luokkaan.

ukset keskustan alueella tehdyistä suolauksista ovat huhtikuun lopulta, mutta suolahiukkasia on esiintynyt näytteissä vielä toukokuussa (12 prosenttia 25.5.) ja kesäkuussa (12 prosenttia 25.–26.6.). Kesällä havaitut suolapitoiset hiukkaset ovat liittyneet rakennustöiden yhteydessä tehtyihin pölynsidontatoimenpiteisiin. Muina aikoina suolahiukkasia on havaittu vähäisiä määriä (1–2 prosenttia) ja synnä voivat olla merisuolahiukkaset, jotka voivat kulkeutua pitkiäkin matkoja.

Mannerheimintiellä havaittiin lisäksi rauta- ja kalsiumpitoisia hiukkasia (kuva 2). Rautapitoisten hiukkasten osuudet vaihtelivat Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-näytteissä 3 ja 21 prosentin välillä (kaikissa näytteissä keskimäärin 8 prosenttia). Osuudet ovat samankaltaisia kuin vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa, mutta korkeampia, kuin mitä havaittiin vuon-

na 2002–2003 Helsingin Pohjoisrannassa sekä Lappeenrannassa tehdyissä tutkimuksissa, joissa rautahiukkasten osuus vaihteli 2 ja 6 prosentin välillä. Rautahiukkasia voi päästä ilmaan useasta koostumuksestaan samankaltaisesta lähteestä ja niitä on havaittu myös pääkaupunkiseudulla tehdyissä aikaisemmissa tutkimuksissa (Tervahattu ym. 2005). Mannerheimintiellä rautapitoisten hiukkasten lähteinä voivat olla esim. autojen jarrut, raitiovaunujen kiskot, jarrut ja pyörät sekä muiden rautapitoisten materiaalien kulumisesta pääsevät rautahiukkaset ja kaukokulkeuma.

Kalsiumpitoisten hiukkasten (ml. Ca-Mg-, Ca-Si-rikkaiden) osuus vaihteli tutkituissa näytteissä 4 ja 11 prosentin välillä (kaikki näytteet keskimäärin 4 prosenttia). Kalsiumrikkaita hiukkasia esiintyy kaupunki-ilmassa jonkin verran ja ne voivat olla peräisin esim. asfaltin sidosaineesta ja rakennus-



Kuva 4. Hiukkasten päälähteet pitoisuusmittausten perusteella arvioituna Mannerheimintiellä 2009.

työmailta (Tervahattu ym. 2005, Kupiainen ja Stojiljkovic 2009). Lähdeanalyysissä Mannerheimintien ympäristössä havaittiin vuonna 2009 vuoden 2008 tavoin kalsiumrikasta pölyä, mutta sen lähteet eivät ole vaikuttaneet yhtä paljon PM<sub>10</sub>-hiukkasiin kuin vuonna 2008.

## 5.2 HIUKKASPITOISUUKSIEN PERUSTEELLA TEHTY SUUNTA-AANTAVA LÄHDEARVIO

HSY:n pääkaupunkiseudulta keräämien hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) ja pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) pitoisuustietojen avulla tehtiin alustavia lähdearvioita Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-hiukkasiin. Vuoden 2009 tilanteen selvittämiseksi otettiin lähtökohdaksi Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-pitoisuudet, jotka yhdistettiin Mannerheimintien ja Luukin PM<sub>2,5</sub>-aineisiin. Luukin PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuden voi karkeasti katsoa kuvastavan pääkaupunkiseudulle kaukokulkeutunutta hiukkasmassaa. Mannerheimintien ja Luukin PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksien erotuksen puolestaan Mannerheimintien paikallisia PM<sub>2,5</sub>-lähteitä, esimerkiksi pakokaasupäästöjä. Mannerheimintien PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksien erotuksen (karkeiden hiukkasten) ajateltiin kuvastavan paikallisen liukkaudentorjunnasta ja/tai rakennustyömaista aiheutuvan katupölyn vaikutusta. Pitoisuustietoihin perustuvat alustavat lähdearviot on esitetty kuvassa 4.

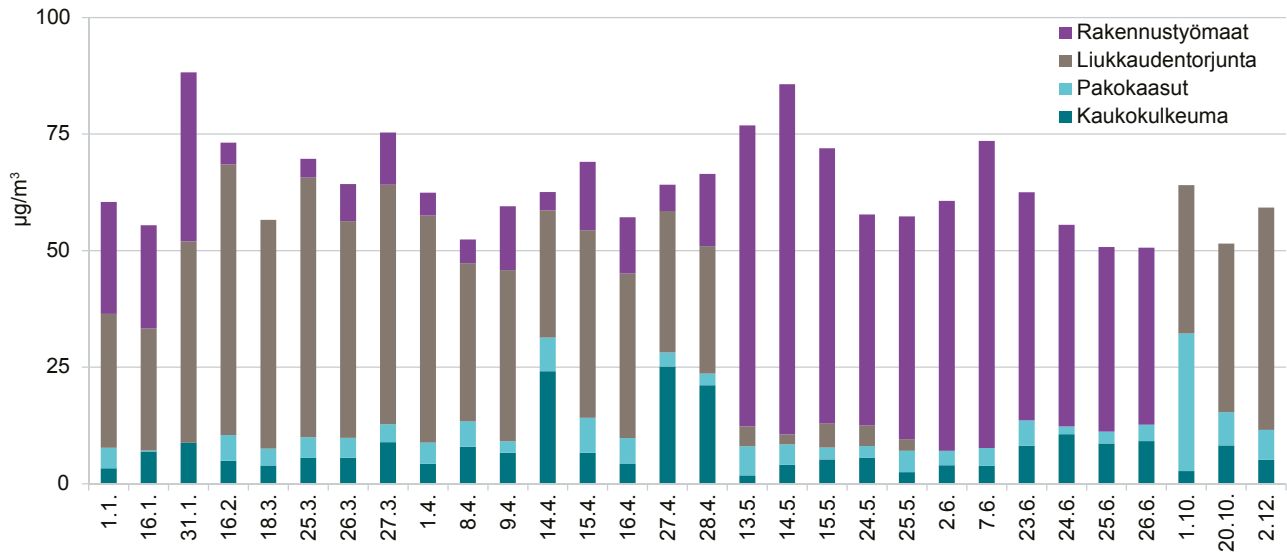
Hiukkaspitoisuuksien perusteella karkeat PM<sub>2,5-10</sub>-hiukkaset ovat olleet Mannerheimintiellä pääasiallinen PM<sub>10</sub> raja-arvotason ylitysten syy, mutta pitoisuuksiin ovat vaikuttaneet myös muut lähteet. Esimerkiksi 14.4., 27.4. ja 28.4. kaukokulkeutuneet PM<sub>2,5</sub>-hiukkaset ovat vaikuttaneet selvästi havaittuihin pitoisuustasoihin. Samoin paikallisilla PM<sub>2,5</sub>-lähteillä on ollut merkittävä vaikutus PM<sub>10</sub>-pitoisuuksiin joiakin päivinä.

## 5.3 PM<sub>10</sub> LÄHTEET MANNERHEIMINTIELLÄ

Reseptorimallinnuksen tarkoituksena oli selittää erityisesti Mannerheimintien ilmanlaadun mittausasemalla havaittujen PM<sub>10</sub>-katupölyn lähteiden vaikutusta ilmanlaatuun. Katupölyn päälähteet on esitetty luvussa 4 ja analyysissä käytetyt koostumuprofiilit liitteessä. Kuvassa 5 on esitetty päälähteiden jakauma Mannerheimintiellä havaituissa PM<sub>10</sub>-pitoisuuksissa. Kuva 5 on asiantuntija-arvio, jonka luomisessa on yhdistetty ilmanlaatu-aineiston ja reseptorimallinnuksen tuloksia, siten että PM<sub>10</sub>-pitoisuus sekä pakokaasu- ja kaukokulkeuman osuudet on tulkittu ilmanlaatuaineistosta ja katupölylähteiden osuudet reseptorimallinnuksen perusteella. Jakauma-arvio on suunta-antava, sillä laskentaan liittyy epävarmuuksia, joita ei ole määrällisesti arvioitu, ja eri päästölähteiden todellisiin massaosuuksiin vaikuttaa hiukkasten tiheys ja kokojakauma, joita ei tässä tutkimuksessa ole erikseen arvioitu. Kuvan 5 perusteella voidaan kuitenkin pohtia mahdollisia keinoja PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylitysten estämiseksi jatkossa.

Vuonna 2009 Mannerheimintiellä ilmeni jälleen merkittävä katurakennustöihin liittyvä lähde, kun nupukiveystä uusittiin touko-kesäkuussa. Vuoden 2009 tulokset tukevat johtopäätöstä, jonka mukaan rakennustyömaiden pölypäästöihin ja niiden torjuntaan kannattaa kiinnittää erityishuomiota keväen lisäksi myös kesäkaudella.

Ilmansuojelutoimenpiteiden ohjausta ajatellen on rohkaisevaa huomata, että myöskään vuonna 2009 useana PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylityspäivänä ylitys pitoisuutena mitattuna ei ole ollut kovin suuri. Vuonna 2009 Mannerheimintiellä 5 päivänä 30:stä ylitys oli noin 5 µg/m<sup>3</sup> tai alle ja 13 päivänä 10 µg/m<sup>3</sup> tai alle. Yhteensä 16 ylityspäivää esiintyi ennen toukokuun puolta väliä, mikä on tyypillistä Suomen kaupungeissa, johtuen suurelta osin liukkaudentorjunnan pölyvaikutuksesta. Lähdearvion perusteella liukkaudentor-



Kuva 5. Päälähteiden jakauma-arvio Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-pitoisuuksien raja-arvotason ylityspäivinä 2009.

junnasta aiheutuvaan katupölyyn kohdistuvat toimenpiteet näyttäisivätkin edelleen olevan avainasemassa PM<sub>10</sub>-raja-arvon ylitysten estämiseksi ja pitoisuuksien alentamiseksi, varsinkin kun niillä pystytään myös vaikuttamaan rakennus- töistä aiheutuviin päästöihin.

Liukkaudentorjunnasta aiheutuvan katupölyn torjunnassa on huomattava, että sen lähteitä on monia ja ne ovat usein koostumukseltaan samankaltaisia. Aikaisempina vuosina Mannerheimintiellä vaikuttaneita lähteitä ovat olleet ajoratojen ja jalkakäytävien talvihiekoitus, päällysteen kuluma nastarenkaiden vaikutuksesta sekä liukkaudentorjunnassa käytetty suola. Lisäksi esimerkiksi Mannerheimintiellä raitiovaunujen jarruhiekka tuo oman lisänsä katupölylähteisiin. Ajoradoilta tapahtuvia katupölypäästöjä on Helsingin kaupungin toimesta aktiivisesti pyritty ennaltaehkäisemään ja torjumaan esimerkiksi pölynsidonnalla, katujen pesulla ja käyttämällä pesuseulottua hiekoitussepeleä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on selvitetty hiekoituksen osuutta ilmanlaatuasemien hiukkasnäytteissä kevään katupölykaudella ja tulokset ovat olleet vaihtelevia (noin 10–50 prosenttia PM<sub>10</sub>-hiukkasissa riippuen tutkimuskohteesta ja ajankohdasta) (kts. esim. Tervahattu ym. 2005). Vaihteluun vaikuttaa monet tekijät, kuten hiekoituksen käyttömäärät ja materiaalin ominaisuudet, katu ympäristön ominaisuudet sekä näyteen keruun ajankohta. Vuonna 2009 hiekoitusta ei käytetty pääkatujen liukkaudentorjunnassa lainkaan, minkä vuoksi talvihiekoituksen vaikutus pitoisuuksiin on todennäköisesti rajoittunut lähinnä jalkakäytäviltä kulkeutuvaan ainekseen ja sen vaikutus on todennäköisesti ollut alhainen.

Päällysteestä muodostuu pölyä nastarengaskuluman kautta, ja päällysteen raot voivat toimia myös irtoaineksen ja pölyn varastona. Esimerkiksi nupukiveyksen saumoihin voi talven aikana kertyä myöhemmin pölyävää irtoainesta, vaikka itse päällyste ei merkittävästi kuluisikaan. Tämän suun-

taisia tuloksia on saatu esim. KAPU-hankeessa (Tervahattu ym. 2007). Hiukkaspäästöjä aiheutuu myös liukkaudentorjunnassa käytetystä suolasta. Suola hiukkasia havaitaan ilmassa, mutta suolaus voi myös lisätä ajoratojen kosteutta. Kosteissa olosuhteissa nastarenkaiden aiheuttaman asfaltin kuluman on esitetty olevan voimakkaampaa (Lampinen 1993). On oletettavissa, että myös jalkakäytävien liukkaudentorjunnasta, joka pääasiassa hoidetaan hiekoittamalla, voi tulla pölypäästöjä erityisesti jos materiaali on seulomaton ja sisältää paljon pölyävää irtoainesta. Vuoden 2009 osalta jalkakäytävien liukkaudentorjunnan tilanteesta ei ole tarkempaa tietoa.

Pölynsidonnalla on olemassa selvää tutkimuksellista näyttöä. Esimerkiksi KAPU-tutkimuksessa todettiin ajoratojen pölynsidonnalla vähentävän katupölypäästöjä merkittävästi (Tervahattu ym. 2007) ja esimerkiksi Ruotsissa on havaittu pölynsidonnalla ja PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuuksien alenemien välillä selvä yhteys (Norman & Johansson 2006). Vuonna 2009 pölynsidonnalla ei pystytty kokonaan estämään PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylityksiä Mannerheimintiellä. Esimerkiksi maaliskuun lopun ja huhtikuun ylitysjaksojen aikana on käytetty CaCl<sub>2</sub> pölynsidontaa keskustan alueella. Toisaalta pölynsidontaa on käytetty myös 5.2., 12.–13.3. sekä 20.4., jolloin raja-arvotaso ei ole ylittynyt, ja 14.4. ja 27.–28.4., jolloin ylitysten keskeisenä syynä olivat kaukokulkeutuneet hiukkaset, joihin pölynsidonnalla ei pystytty vaikuttamaan. Maalis-toukokuussa on lisäksi jaksoja, jolloin pölynsidontaa on jatkettu havaittujen ylitysten jälkeen. Näin ollen pölynsidonnalla on todennäköisesti onnistuttu parantamaan ilmanlaatua, vaikka osana jaksoista raja-arvotaso onkin ylittynyt.

Jotta pölynsidonta olisi tehokkainta, sen käytön pitää olla ennakoivaa eli tapahtua ennen kuin päästöjä alkaa syntyä, ja myös kohdistua ongelmallisiin päästöalueisiin. Lisäksi on huomioitava, että rakennustyömaiden pöly, raitiovaunukot ja jalkakäytävien pöly eivät ole ajoratojen pölynsidonnalla

piirissä. Jatkossa kaupungin toimijoiden kannattaa tutkia ja kehittää pölynsidonnan ja katujen pesun käytäntöjä myös  $PM_{10}$ -hiukkasten näkökulmasta ja pohtia sekä teknisiä että hallinnollisia keinoja, joilla voitaisiin hallita päästöjä ongelmialueilta, jotka eivät suoraan ole toimenpiteiden piirissä. Esimerkiksi Helsingin kaupunki on julkaissut esitteitä pölyhaittojen vähentämiskeinoista rakennustyömailla ja kiinteistönhoidossa (Helsingin kaupunki 2010 a ja b).

Vuonna 2009 Mannerheimintiellä ilmeni jälleen merkittävä katurakennustöihin liittyvä lähde, kun nupukiveystä uusittiin touko-kesäkuussa. Huomioita kannattaa kiinnittää rakennustyömaiden pölypäästöihin ja niiden torjuntaan erityisesti kesäkaudella. Mannerheimintiellä ja sen ympäristössä ta-

pahtuneiden rakennustöiden vaikutus oli selvästi nähtävissä  $PM_{10}$ -hiukkasissa, ja osaltaan ne ovat olleet Mannerheimintiellä edesauttamassa raja-arvotasojen ylityksiä myös päivinä, jolloin merkittävin lähde on ollut liukkaudentorjunnasta aiheutunut katupöly. Rakennustyöt ovat luonteeltaan toimintaa, joista usein väistämättäkin tulee pölypäästöjä. Myös KAPU-tutkimusten perusteella rakennustyömaat lisäävät  $PM_{10}$ -päästöjä (Kupiainen ym 2009). Vuoden 2009 Mannerheimintien nupukiveystyömaan yhteydessä käytettiin pölynsidontaa 14.–18.5. ajalla, mutta raja-arvotason ylitykset rajoittuivat ainoastaan 14.5. ja 15.5. ajalle. Pölynsidonnalla onnistuttiin mitä todennäköisimmin parantamaan ilmanlaatua.

## 6. Johtopäätökset

Liukkaudentorjuntaan liittyvät katupölylähteet ovat olleet merkittävin Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-pitoisuuksiin vaikuttanut ryhmä. 12:nä raja-arvotason ylityspäivänä niiden osuus on ollut yli 50 prosenttia PM<sub>10</sub>-hiukkasista, joista kolmena ylityspäivänä ne olisivat yksin riittäneet aiheuttamaan raja-arvotason ylityksen. Kolmena päivänä kaukokulkeuman tai liikenteen pakokaasupäästöjen osuus pitoisuuksista on ollut noin liukkaudentorjunnan tasolla. 11 päivänä suurin päästölähde on ollut rakennustyömaasta aiheutuva katupöly.

Tulokset osoittavat, että liukkaudentorjunnasta aiheutuva katupöly oli merkittävin, muttei ainoa päästölähde Mannerheimintiellä PM<sub>10</sub>-hiukkasten raja-arvotason ylityspäivinä vuonna 2009. Mannerheimintiellä ja sen ympäristössä tapahtuneiden rakennustöiden vaikutus oli selvästi nähtävissä PM<sub>10</sub>-hiukkasissa ja osaltaan rakennustyöt ovat olleet edesauttamassa raja-arvotasojen ylityksiä. Vaikutus on ollut nähtävissä myös katupölyaikana, maaliskuussa. Niin ikään kauempaa kulkeutuneet pienhiukkaset olivat vuonna 2009 edesauttamassa raja-arvotason ylityksiä Mannerheimintiellä.

Ilmansuojelutoimenpiteiden ohjausta ajatellen on rohkaisevaa huomata, että useana PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylityspäivänä ylitys pitoisuutena mitattuna ei ole ollut kovinkaan suuri. Lähdearvion perusteella liukkaudentorjunnasta aiheutuvaan katupölyyn kohdistuvat toimenpiteet näyttäisivät

olevan avainasemassa PM<sub>10</sub>-raja-arvon ylitysten estämiseksi ja pitoisuuksien alentamiseksi, mutta huomiota kannattaa kiinnittää myös rakennustyömaiden pölypäästöihin. Kaupungin tulee olla selvillä rakennustyömaiden pölypäästöjä aiheuttavista toiminnoista ja tarvittaessa ohjeistaa ja valvoa rakennustyömaita pölypäästöjen vähentämiseksi.

On haastavaa erotella talvihiekoituksesta ja päällysteestä sekä raitiovaunujen jarruhiekasta aiheutuvia pölyjä niiden samankaltaisen koostumuksen takia. Näiltä osin on tarvetta menetelmäkehitykselle, sillä mineraalien tunnistamiseen perustuva menetelmä pystyy erottamaan lähteet lähinnä hyvin rajatuissa kohteissa, joissa lähteiden koostumukset ovat riittävän erilaiset. Tällaisia kohteita on haastava löytää kaupunkialueilta. Vuoden 2009 osalta on kuitenkin hyvä huomata, että KAPU-toimenpidekirjausten mukaan ajoratoja ei talvihiekoitettu, joten lähikatujen talvihiekoitus ei ole voinut vaikuttaa ilmanlaatuun. Toimenpidekirjaukset eivät kuitenkaan koske koko keskustan katuja eivätkä jalkakäytäviä, ja on todennäköistä, että niiltä kulkeutunut hiekoitusmateriaali on vaikuttanut myös hieman Mannerheimintien mittausaseman hiukkaspitoisuuksiin. Jalkakäytävien talvihiekoituksessa käytettävien materiaalien laatuun ja määrään sekä kevätpuhdistukseen kannattaa kiinnittää huomiota. Myös kiinteistöjen hoitovastuulla olevien jalkakäytävien hoidon ohjeistamista kannattaa jatkaa ja kehittää.

**OSA II. PIENHIUKKASTEN KOOSTUMUS  
JA LÄHTEITÄ 2008–2009**

---



# 1. Johdanto

Mannerheimintien mittausaseman pienhiukkasnäytteistä (PM<sub>2,5</sub>) tehtyjen lisäanalyysien tarkoituksena oli syventää PM<sub>10</sub>-näytteiden analyyseistä saatua tietoa erityisesti niiltä päiviltä, jolloin pienhiukkasten osuus on ollut merkittävä tai pitoisuuksiin on vaikuttanut jokin erityinen lähde. Vuonna 2008 pienhiukkasnäytteiden analyysit keskitettiin PM<sub>10</sub>-raja-arvotason ylityspäiviin, jotka havaittiin rakennustöiden aikajan heinäkuussa. Lisäksi analysoitiin vertailunäytteitä raja-

arvotason ylityspäiviltä syys- ja lokakuulta. Vuonna 2009 pienhiukkasanalyysit tehtiin 18.12.2009 näytteestä, jolloin PM<sub>10</sub>-raja-arvotaso ei ylittynyt, mutta havaittiin voimakas alailmakehän inversio. Kyseisenä päivänä pienhiukkasten ja typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) pitoisuudet nousivat poikkeuksellisen korkeiksi, koska tyyni sää ja inversio estivät autojen pakokaasujen leviämisen ja laimenemisen (Malkki ym. 2010).

# 2. Menetelmät

Työn tarkoituksena oli selvittää pienhiukkasten lähteitä Mannerheimintiellä. Suodatinnauhalle kerätyt hiukkasnäytteet saatiin HSY:ltä, Mannerheimintie 5:ssä sijaitsevan mittausaseman hiukkaskeräimiltä (FH 62 I-R). Tutkimusmenetelmänä käytettiin yksittäishiukkasanalyysiä (kts. esim. Tervahattu ym. 2005, Kupiainen 2007). Menetelmässä kerätään tietoa yksittäisten hiukkasten ja hiukkas-agglomeraattien koostumuksesta lähdearvioiden pohjaksi. FH 62 I-R:n lasikuitusuodattimilta analysoitiin yksittäisten hiukkasten ja hiukkasagglomeraattien koostumusta elektronimikroskoopilla, johon oli liitetty alkuaineanalysaattori (SEM/EDX, JEOL JSM5900LV, Oxford Instruments INCA - ZAF-4 korjaus). Jokaisesta näytteestä analysoitiin 200-230 hiukkasta.

Analysoidut näytteet ja pienhiukkaspitoisuudet:

- Mannerheimintie 2.7.2008, 23 µg/m<sup>3</sup>
- Mannerheimintie 4.7.2008, 15 µg/m<sup>3</sup>
- Mannerheimintie 6.7.2008, 6 µg/m<sup>3</sup>
- Mannerheimintie 23.9.2008, 22 µg/m<sup>3</sup>
- Mannerheimintie 9.10.2008, 16 µg/m<sup>3</sup>
- Mannerheimintie ja Tuomarila 18.12.2009, vastaavasti 27 µg/m<sup>3</sup> ja 38 µg/m<sup>3</sup>

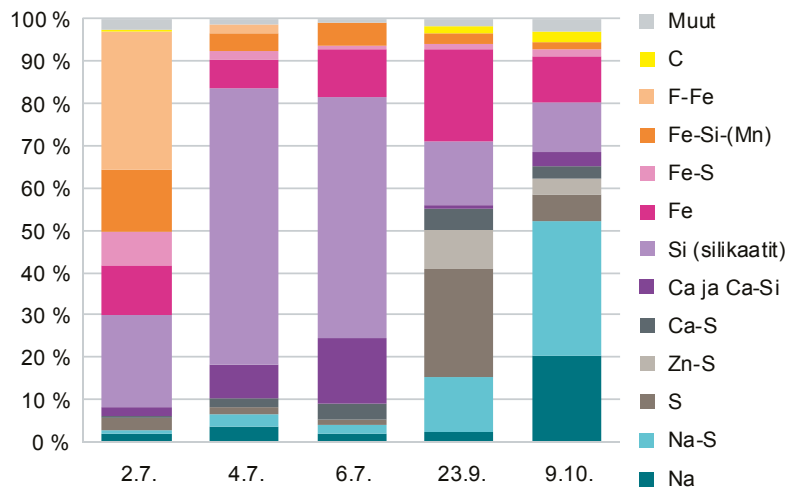
Hiukkasten agglomeroituminen sekä niiden keräämisen että näytteiden valmistamisen aikana hankaloittaa pienimpien hiukkasten analysoimista. Analysoidut hiukkaset ja hiukkasagglomeraatit olivat kooltaan pääsääntöisesti noin 1 µm. Hiukkaset ryhmiteltiin koostumukseltaan homogeenisiin luokkiin klusterianalyysin avulla (hierarkkinen klusterianalyysi, etäisyysmittoina euklidiset neliöt, 40 hiukkasluokkaa). Käytännössä kaikki analysoidut hiukkaset sisälsivät merkittävässä määrin hiiltä, joka voi esiintyä hiukkasessa itsessään tai analyysialustan materiaalissa. Näin ollen kyseinen näytteenkeruumenetelmä sopii vain rajoitetusti pienhiukkasten analysointiin (kts. Niemi 2007).

## 3. Tuloksia ja johtopäätöksiä

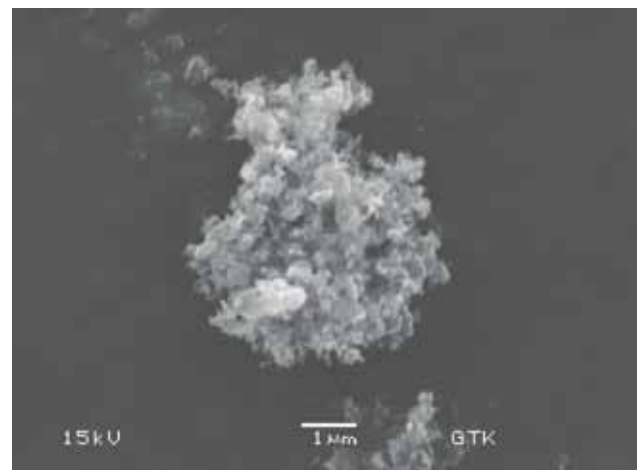
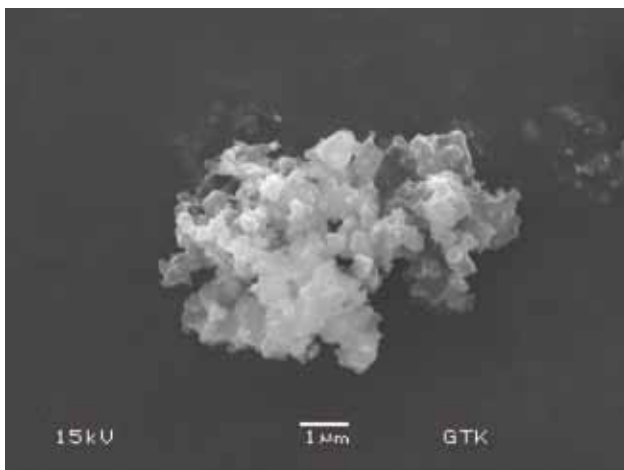
### 3.1 PIENHIUKKASNÄYTTEIDEN KOOSTUMUS MANNERHEIMINTIELLÄ 2008

Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-näytteistä tehdyissä analyyseissä (Kupiainen & Stojiljkovic 2009) havaittiin 2.7.2008 kerätyssä näytteessä muista näytteistä poikkeavan korkea prosenttiosuus rautapitoisille hiukkasille. Kyseisessä näytteessä havaittiin myös muista päivistä poiketen fluoripitoisia hiukkasia (4 prosenttia). Nämä tulkittiin hitsausuurujen sisältämiksi fluorideiksi, sillä Mannerheimintien ja Kaivokadun risteyksessä sijainneella kiskotyömaalla tehtiin 1.7.–4.7.2008 hitsaustöitä läpi vuorokauden. 4.7.2008 kerätyssä PM<sub>10</sub>-näytteessä fluoripitoisten hiukkasten osuus oli enää alle yhden prosentin eli huuruja ei enää kulkeutunut mittauspisteeseen.

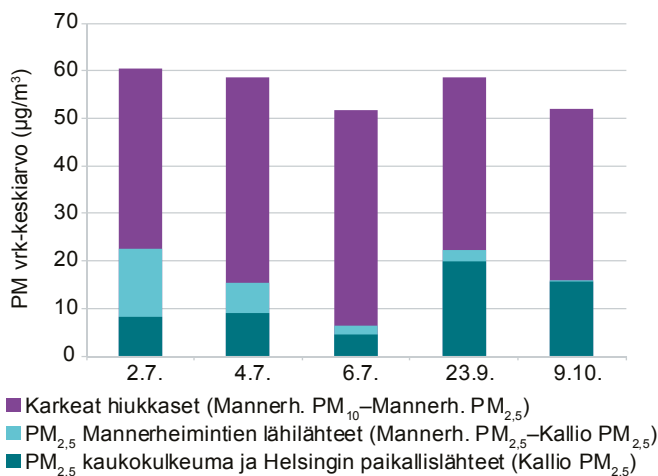
Pienhiukkasten analyysitulokset tukevat PM<sub>10</sub>-näytteiden pohjalta tehtyä tulkintaa. 2.7.2008 kerätyssä pienhiukkasnäytteessä rautapitoisia hitsausuuruihin sopivia koostumusluokkia on ollut noin 70 prosenttia analysoiduista hiukkasista (kuvat 6 ja 7). 4. ja 6.7.2008 näytteissä sen sijaan silikaatit ja kalsiumpitoiset hiukkaset ovat olleet merkittävimmät ryhmät. Mittausaseman välittömässä läheisyydessä oli mittavia rakennustöitä, joista kulkeutunut maa-aines oli todennäköisesti keskeinen silikaattien ja kalsiumpitoisten hiukkasten lähde. Myös hiukkasten pitoisuusmittaukset (kuva 8) osoittavat selvästi, että heinäkuun alun (2. ja 4.7.) korkeahkot pienhiukkaspitoisuudet ovat aiheutuneet suurelta osin lähilähteistä eli rakennustyömaalta. Varsinkin 2. päivä heinäkuuta Mannerheimintien pienhiukkaspitoisuus oli selvästi korkeampi kuin Kallion kaupunkitausta-asemalla.



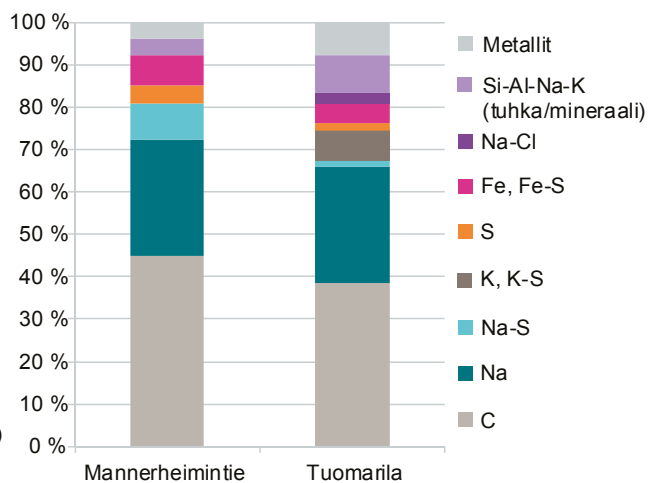
Kuva 6. Pienhiukkasten luokat vuoden 2008 näytteissä. Mainittujen alkuaineiden lisäksi on esiintynyt hiiltä ja happea. Alkuainehiilihiukkaset on eritelty omaksi ryhmäkseen (luokka C).



Kuva 7. Hitsausuuruista aiheutuneita pienhiukkasantglomeratteja Mannerheimintiellä 2.7.2008.



Kuva 8. Hiukkasten päälähteet pitoisuusmittausten perusteella vuoden 2008 näytteissä.



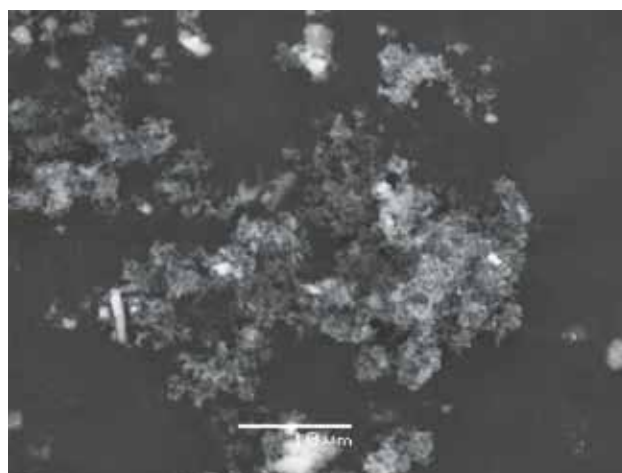
Kuva 9. Tuomarilan ja Mannerheimintien pienhiukkasten koostumus 18.12.2009.

23.9. ja 9.10.2008 pienhiukkasnäytteiden koostumukset eroavat selvästi heinäkuun näytteistä. Syksyn näytteiden koostumusta ovat luonnehtineet kaukokulkeumalle tyypilliset rikkipitoiset hiukkasluokat ja esimerkiksi silikaateilla on ollut vain vähäinen merkitys pienhiukkasiin. Myös hiukkasten pitoisuusmittaukset osoittavat, että Mannerheimintien lähilähteillä ei ole ollut juurikaan vaikutusta pitoisuuksiin (kuva 8).

### 3.2 PIENHIUKKASNÄYTTEIDEN KOOSTUMUS MANNERHEIMINTIellä JA TUOMARILASSA 18.12.2009

18.12.2009 esiintyi alailmakehän voimakas inversio, mikä nosti pienhiukkaspitoisuuksia merkittävästi Mannerheimintien mittausasemalla ja muualla pääkaupunkiseudulla (Malkki ym. 2010). Mannerheimintiellä pienhiukkasten vuorokausikeskiarvo oli 27 µg/m<sup>3</sup>, mikä on 61 prosenttia mitatusta PM<sub>10</sub>-pitoisuudesta. Tuomarilan mittausasemalla Turunväylän varressa pienhiukkasten pitoisuus oli 38 µg/m<sup>3</sup>.

Kuvassa 9 on esitetty Tuomarilan ja Mannerheimintien pienhiukkasnäytteiden analyysitulokset. Polttoperäiset hiukkaset ovat olleet päälähteenä molemmilla mittausasemilla. Molemmissa kohteissa merkittävä osuus on ollut alkuainehiilellä (luokka C) sekä C-Na-pitoisilla hiukkasilla, jotka ovat todennäköisimmin polttoperäisistä lähteistä, erityisesti liikenteestä. Tuomarilassa ko. luokat muodostivat 65 prosenttia ja Mannerheimintiellä 80 prosenttia analysoiduista hiukkasagglomeraateista. Tuomarilassa esiintyi lisäksi hiilihiukkasia, joissa oli mukana puun pienpoltolle tyypillisiä merkkiaineita, kuten kaliumia, klooria ja tuhka-komponentteja (yhteensä 37 prosenttia). Analyysien perusteella inversiopäivänä 18.12.2009 Mannerheimintien pienhiukkasnäyte koostui pääasiassa liikenneperäisistä hiukkasista (kuva 10), kun taas Tuomarilassa havaittiin liikenneperäisten hiukkasten ohella puun pienpoltton vaikutus.



Kuva 10. Pakokaasuperäisiä hiukkasagglomeraatteja Mannerheimintiellä inversiopäivänä 18.12.2009.

# Kirjallisuus

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/50/EY.

Helsingin kaupunki 2010 a. Rakennustyömaiden pölyhaittojen vähentäminen -esite. Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja rakennusvirasto.

Helsingin kaupunki 2010 b. Katupölyn haittojen vähentäminen kiinteistönhoidossa -esite. Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja rakennusvirasto.

Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) 2009. Ympäristöraportti 2009. 29 s.

Kupiainen K., Tervahattu H., Räisänen M., Mäkelä T., Hillamo R. 2005. Size and composition of airborne particles from pavement wear, tires and traction sanding. *Environmental Science & Technology* 39, 699-706.

Kupiainen K. 2007. Road dust from pavement wear and traction sanding. *Monographs of the Boreal Environment Research* No. 26 2007. 50 s.

Kupiainen K., Pirjola L., Viinanen J., Stojiljkovic A., Malinen A. 2009. Katupölyn päästöt ja torjunta. KAPU-hankkeen loppuraportti. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 13/2009.

Kupiainen K. & Stojiljkovic A. 2009. Mannerheimintien PM<sub>10</sub>-hiukkasten koostumus ja lähteet raja-arvon ylityspäivinä 2008. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2009:9. Katu- ja puisto-osasto. 24 s.

Lampinen A. 1993. Kestopäälysteiden urautuminen. VTT julkaisuja 781. 166 s.

Malkki M., Niemi J., Lounasheimo J., Myllynen M., Julkunen A., Loukkola K. 2010. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2009. HSY:n julkaisuja 2/2010. 124 s.

Niemi J., Tervahattu H., Koskentalo T., Sillanpää M., Hillamo R., Kulmala M., Vehkamäki H. 2003. Hiukkasten kaukokulkeumaepisodit Suomessa maalisi- ja elokuussa 2002. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:10. YTV, Helsinki.

Niemi J.V., Saarikoski S., Aurela M., Tervahattu H., Hillamo R., Luoto T., Aarnio P., Koskentalo T., Makkonen U., Martikainen J., Vehkamäki H., Hussein T., Kulmala M. 2006. Pienhiukkasten kaukokulkeumaepisodit Etelä-Suomessa jaksolla 1999-2005. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2006:18. YTV, Helsinki.

Niemi J. 2007. Characterisation and source identification of pollution episodes caused by long-range transported aerosols. *Environmentalica Fennica* 24. Helsinki. 74 s.

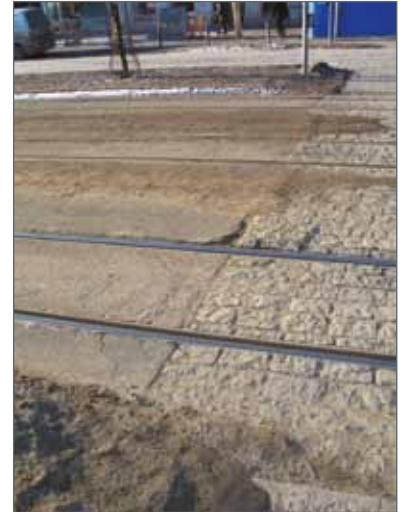
Norman M. & Johansson C. 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. *Atmospheric Environment* 40, 6154-6164.

Tervahattu H., Kupiainen K., Räisänen M. 2005. Tutkimuksia katupölyn koostumuksesta ja lähteistä. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2005:12. YTV, Helsinki. 56 s.

Tervahattu H., Kupiainen K., Pirjola L., Viinanen J. 2007. Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä. KAPU-projektin loppuraportti. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 14/2007. 75 s.

US EPA 2001. CMB8 User's Manual. US EPA, Research Triangle Park, NC, USA.

# Liite



Kuva L1. Näkymiä Mannerheimintien mittauspisteen kohdalta 17.2.2009.



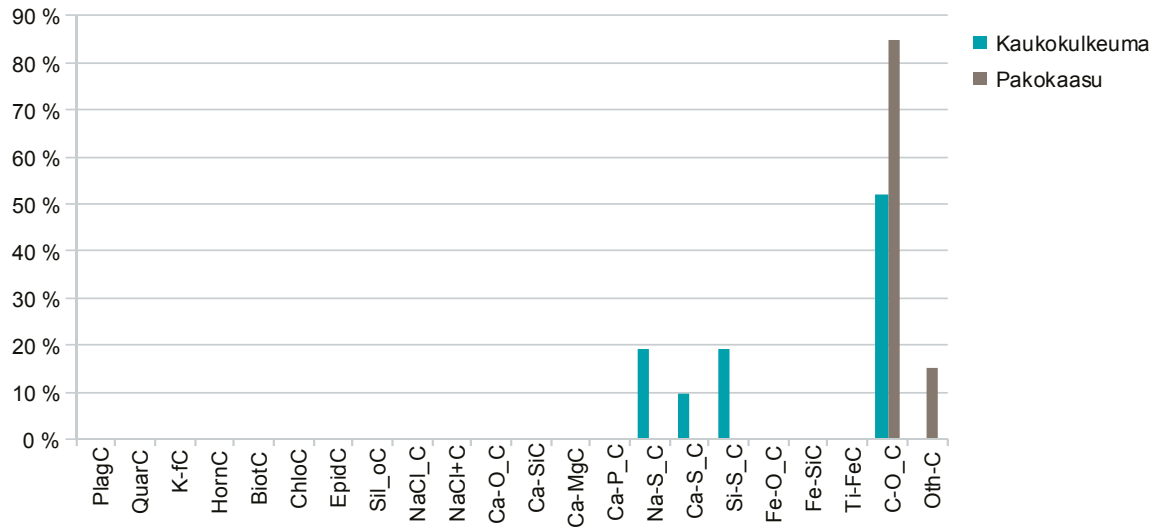
Kuva L2. Näkymiä Mannerheimintien mittauspisteen kohdalta 27.3.2009.



Kuva L3. Mannerheimintien nupukivityömaa 15.5.2009.



Kuva L4. Katupölyn lähdeprofiilit 2009 (yläkuva Mannerheimintie 7 kohdalta kerätyt katupölynäytteet; keskellä nupukiviyömaan ja Kaivopiha kohdalta kerätyt näytteet; alakuvassa Nuuskijalla 2005 kerätyt Helsingin katupölyn yleiset koostumusprofiilit).



Kuva L5. Kaukokulkeuman ja pakokaasujen lähdekoostumukset.



