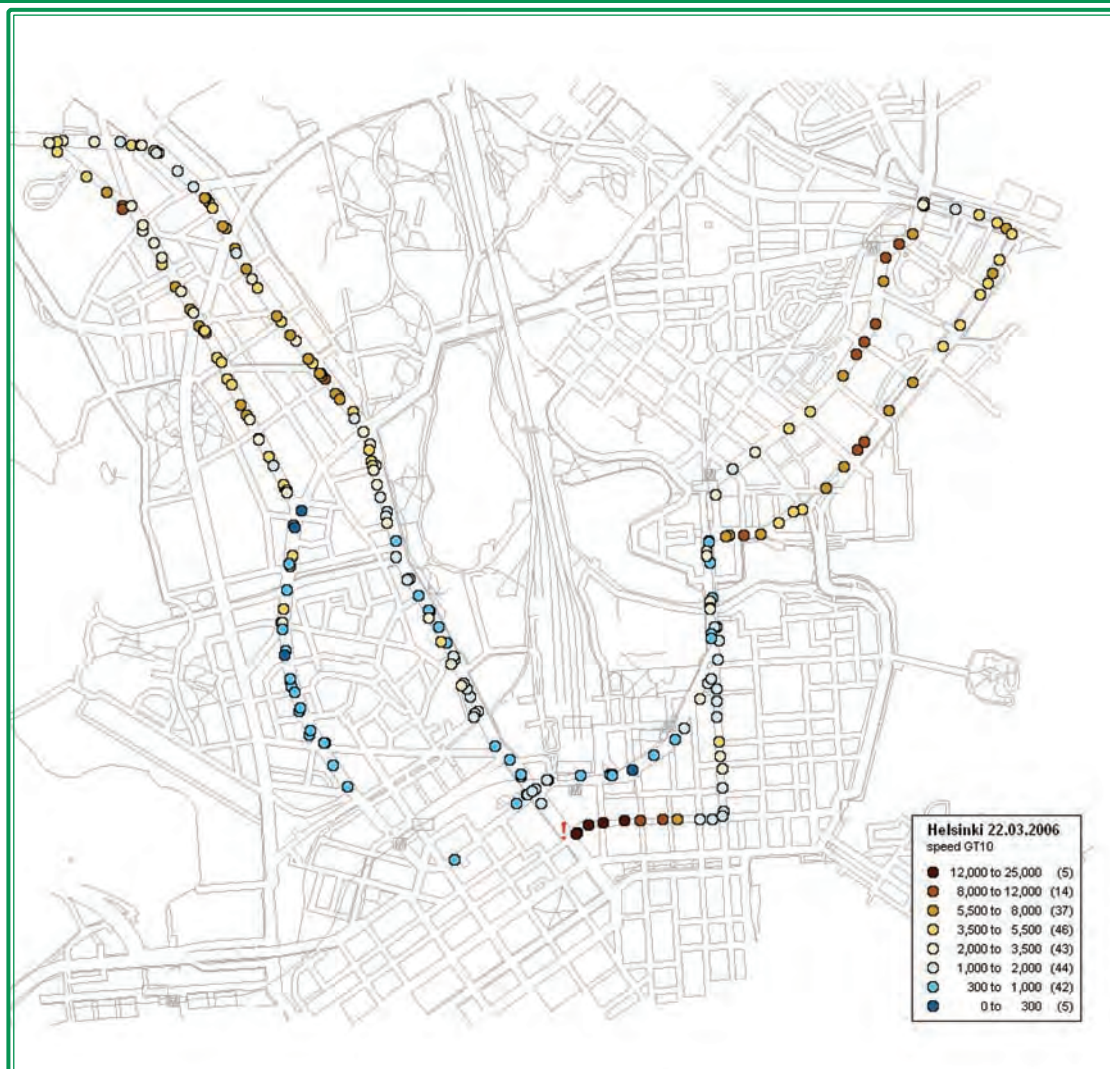




Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 14/2007



Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä

KAPU-projektin loppuraportti

Heikki Tervahattu, Kaarle Kupiainen, Liisa Pirjola ja Jari Viinanen

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 14/2007

Heikki Tervahattu, Kaarle Kupiainen, Liisa Pirjola ja Jari Viinanen

Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä

KAPU-projektin loppuraportti

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2007

Julkaisun kuvat: © Kaarle Kupiainen, Ari Molander, Liisa Pirjola,
Sakari Seppälä ja Heikki Tervahattu

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-473-995-5
ISBN (PDF) 978-952-473-996-2
Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2007

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Sammandrag	4
Summary	5
1 Tausta	6
1.1 Lainsäädäntö	6
1.2 Tilanne kunnissa	7
1.3 Katujen puhdistuksen merkitys	7
2 KAPU-projekti	8
2.1 Projektin käynnistäminen	8
2.2 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet	9
2.3 Toteutus	10
2.4 Toteutukseen liittyneitä ongelmia	11
3 Säätilanteen vaikutus pölypitoisuuksiin	12
3.1 Sää ja ilman laatu vuonna 2006	12
3.2 Sää ja ilman laatu vuonna 2007	14
4 Tutkimustulokset	17
4.1 Vuoden 2006 kaupunkikohtaiset tulokset	17
4.1.1 Vantaa vuonna 2006	17
4.1.2 Espoo vuonna 2006	19
4.1.3 Tampere vuonna 2006	21
4.1.4 Riihimäki vuonna 2006	22
4.1.5 Kerava vuonna 2006	24
4.1.6 Reittikohtainen vertailu vuonna 2006	25
4.2 Vuoden 2007 kaupunkikohtaiset tulokset	26
4.2.1 Vantaa vuonna 2007	26
4.2.2 Espoo vuonna 2007	28
4.2.3 Tampere vuonna 2007	30
4.2.4 Riihimäki vuonna 2007	32
4.2.5 Kerava vuonna 2007	34
4.2.6 Helsingin tulokset vuosina 2006 ja 2007	35
4.2.6.1 Katukohtaiset päästötasot ja talvikunnossapito 2007	37
4.2.6.2 Tarkasteluja päällysteen vaikutuksesta katujen pölyämiseen	39
4.2.6.3 Rakennustyömaat Helsingissä	41
4.2.6.4 Nuuskijan ajonopeuden vaikutus mittaustuloksiin	42
4.2.6.5 Nuuskijan pitoisuussignaalin ja monitorointiasemien hiukkasmittausten yhteys	42
4.2.6.6 Talvikunnossapidon toimenpiteet 2006 ja 2007	44
4.2.6.7 Pölynsidonnann vaikuttavuus 2006	46
4.2.6.8 Hiekanpoistojen vaikutus pölyämiseen 2006 ja 2007	48
4.2.6.9 Katujen painepesun vaikutus pölyävyyteen	52
4.2.6.10 Puhdistustoimenpiteiden yhteenvedo ja johtopäätöksiä	53
4.2.7 Reittikohtainen vertailu vuonna 2007	54
4.2.8 Puhdistuskaluston testaukset Suutarilassa keväällä 2007	56
4.2.8.1 Tehdyt puhdistustoimenpiteet, mittaukset ja aluejako	56
4.2.8.2 Kaluston puhdistuskokeilun tuloksia	58
4.2.8.3 Johtopäätökset kalustotestauksista Suutarilassa	61
4.2.9 Katujen kemiallinen pesukokeilu Vantaalla	62
4.2.9.1 Talkootien koe	62
4.2.9.2 Askistentien ja Tuupakantien kokeet	64
4.2.9.3 Jalkakäytävien pesukokeilu	65
4.2.9.4 Arvioita ja johtopäätöksiä pesukokeilusta	65

5 Yhteenveto ja johtopäätökset	67
5.1 Säätilan vaikutus.....	67
5.2 Hiekanpoiston ja pesun vaikutus	67
5.3 Pesuaineen käyttö katujen puhdistuksessa.....	68
5.4 Kevätpesun tehokkuus	68
5.5 Liikenteen vaikutus katupölyn määrään	69
5.6 Kalsiumkloridin käytön vaikutus.....	69
5.7 Rakennus- ja tietöiden vaikutus katupölyn määrään	69
5.8 Nastarenkaiden vaikutus	70
5.9 Hiekoituksen vaikutus	70
5.10 Asfaltin merkitys.....	70
5.11 Talvikunnossapidon toimet	71
5.12 Puhtauskriteerit.....	71
5.13 Puhdistuksen vastuukysymykset.....	72
5.14 Huomio koko logistiikkaketjuun	72
6 Puhdistustoimenpiteet ja pölypitoisuus	73
Kirjallisuusluettelo	75

LIITTEET Raportin liitteet on julkaistu vain verkossa:

<http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/kapuliitteet/liitteet.htm>

Tiivistelmä

KAPU-projektissa tutkittiin, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat katupölyn määrään. Nykyisen käytännön lisäksi selvitetiin, voidaanko pölyä vähentää uusilla menetelmillä ja laitteilla. Yleisenä tavoitteena oli löytää keinoja, joilla voidaan vähentää kevätkauden korkeita ilman PM₁₀-pitoisuuksia Suomen kaupungeissa.

Projektin koordinaattorina toimi Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Tutkimuksesta vastasi Nordic Envicon Oy. Katupölyn tutkimusmittaukset tehtiin Helsingin AMK Stadian Nuuskija-autolla. Hanketta rahoittivat ympäristöministeriö, Ymk, Helsingin kaupungin rakennusvirasto, YTV:n Seutu- ja ympäristötieto, Vantaan, Espoon, Tampereen, Riihimäen ja Keravan kaupungit sekä Tieliikelaitos (Destia).

Tutkimuksia tehtiin Helsingissä, Vantaalla, Espoossa, Keravalla, Tampereella ja Riihimäellä. Kullekin kaupungille valittiin tutkimusreitti, jonka katuosuuksien talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteet suunniteltiin normaalikäytännön puitteissa tutkimuksen tarpeet huomioivaksi. Toimenpiteistä pidettiin kirjaa. Lisäksi kokeiltiin uusia ja/tai tehostettuja menetelmiä. Tutkimustulosten tulkinnan avuksi kerättiin perusteelliset ilmanlaatu- ja säätiedot. Tutkimuksessa kartoituivat kaupunkien katujen keväiset pölyongelmat. Kaupunkien ja saman kaupungin eri katujen välillä oli merkittäviä eroja.

Aikaisemmista käsityksistä poiketen todettiin keväisen katujen puhdistuksen vähentävän myös katujen pinnalta nousevan hengitettävän pölyn määrää. Kuitenkin katujen pölypitoisuudet lisääntyivät puhdistuksen jälkeen monien tekijöiden vaikutuksesta. Tehostetulla katujen pesulla pystyttiin jonkin verran pienentämään pölypitoisuuksia. Pesun ajoituksella ja tehokkuudella tulosta voidaan parantaa. Eri laitteistojen puhdistus tuotti selvästi erilaisia tuloksia.

Paras puhdistustulos saavutettiin Vantaalla. Siellä tulokseen on ilmeisesti vaikuttanut se, että Vantaan kaupunki puhdistaa itse samaan aikaan sekä ajoradat että jalkakäytävät ja pyörätiet. Yhtenä selittävänä tekijänä voi olla tutkimusreitin päällyste, joka oli muista kaupungeista poikkeavasti SMA11-asfalttia. Tasaisemman pintansa vuoksi se puhdistunee paremmin.

Talviaikaisia kunnossapitotoimia on tärkeää tehostaa erityisesti varhaiskevään pölytilanteen parantamiseksi. Katupölykauden alkuvaiheessa, jolloin katuja ei päästä pakkasten vuoksi puhdistamaan vedellä, voidaan pölyä sitoa kalsiumkloridilla. CaCl₂:lla saatiin pölypitoisuuksia alennetuksi myös pahimpana katupölyaikana. Espoossa kehitettiin kalsiumkloridin levitykseen hyvin soveltuva laitteisto.

Tutkimuksessa havaittiin, että liikenne saa aikaan katujen "itsepuhdistumista" nostamalla kadulla olevaa pölyä ilmaan, minkä jälkeen osa pölystä poistuu kaduilta liikenteen ilmapirran ja tuulen vaikutuksesta. Tällaista puhdistumista tapahtuu parhaiten olosuhteissa, joissa ei ole merkittävästi ilmavirtauksia rajoittavia rakennus- tai maastoesteitä ja joissa on runsaasti liikennettä lähes maksimaalisella kaupunkinopeudella. Katujen itsepuhdistuminen on kuitenkin hidasta eikä se auta raja-arvotasojen ylitysongelmiin.

Projektin aineistoa voidaan käyttää myös katujen puhtausasteen ja puhdistuskriteerien määrittelyyn. Näistä tehtiin suuntaa antava ehdotus. Tutkimustulosten käytännön hyödyntämiseen todettiin tarvittavan valtakunnallisia tai kuntakohtaisia säädöksiä, ohjeistusta ja normitusta.

Sammandrag

I ett projekt som kallas KAPU har det undersökts hur olika åtgärder för vinterunderhållet och vårrengöringen av gatorna påverkar mängden av gatudamm. Utöver de metoder som för närvarande är i användning undersöktes också om dammängden kan minskas med nya metoder och utrustning av nya slag. Det allmänna målet var att komma fram till metoder som bidrar till minskningen av de höga PM₁₀-halterna i luften om våarna i Finlands städer.

Koordinator för projektet var Helsingfors stads miljöcentral. För undersökningen ansvarade Nordic Envicon Oy. Mätningarna av gatudamm gjordes med Nuuskija, ett mätfordon som tillhör yrkeshögskolan Helsingin AMK Stadia. Med projektfinansiering bidrog miljöministeriet, Helsingfors stads miljöcentral och byggnadskontor, SAD:s resultatområde Region- och miljöinformation, städerna Vanda, Esbo, Tammerfors, Riihimäki och Kervo samt Vägaffärsverket Destia.

Undersökningarna företogs i Helsingfors, Vanda, Esbo, Kervo, Tammerfors och Riihimäki. I varje stad bestämdes en testrutt som bestod av gatuavsnitt vilkas gatuunderhåll vintertid och vårstädning skedde inom ramen för respektive stads normala metoder och tillrättalades för undersökningens behov. Alla åtgärder bokfördes. Därtill experimenterades det med nya och/eller förbättrade metoder. Till hjälp för tolkningen av undersökningsresultaten insamlades detaljerade uppgifter om luftkvalitet och väder. Undersökningen gav en kartläggning av de dammproblem som om våarna drabbar städerna. Skillnaderna mellan de olika städerna och mellan olika gator i samma städer var betydliga, och en stor mängd information om orsakerna till dessa skillnader insamlades.

En sak som inte hade kommit fram tidigare var att vårstädningen av gatorna också konstaterades minska inandningsbara dammpartiklarnas (PM₁₀) mängder från själva vägbanan. Ändå ökade dammhalterna längs gatorna efter rengöringen som ett resultat av flera olika faktorer. Med extra effektiv tvätt av gatorna kunde dammhalterna minskas i någon mån. Det kom fram att resultaten kan förbättras om gatutvätten görs effektivare och om den företas vid rätt tidpunkt. Resultaten varierade betydligt beroende på vilket slags rengöringsutrustning som användes.

De bästa rengöringsresultaten nåddes i Vanda. Resultaten där påverkades uppenbart av att Vanda stad har för vana att rengöra såväl körbanorna som trottoarerna och cykelvägarna, allt på en gång. En bidragande förklaring är också ytbeläggningen på testrutten, eftersom Vanda, till skillnad från de övriga städerna, använder asfalt typ SMA11. Denna ytbeläggning är slätare än de andra beläggningarna, vilket bör ge bättre rengöringsresultat.

Det är viktigt att underhållsåtgärderna vintertid görs effektivare, särskilt med tanke på dammsituationen under förvåren. Under början av gatudammsperioden, när det på grund av isbildningsrisken inte går att spola gatorna med vatten, kan dammet bindas med kalciumklorid, CaCl₂. Också under den värsta damningsperioden kunde dammhalterna sänkas med kalciumklorid. I Esbo utvecklades apparatur som visads sig vara väl ägnad för spridning av kalciumklorid.

Under undersökningens gång observerades det att trafiken har en "självrengörande" effekt genom att fordonen virvlar upp gatudamm som sedan till en del förs bort från vägbanorna av trafikens luftvirvlar och av vinden. Detta slags rengöring sker bäst i förhållanden där det inte förekommer särskilt många byggnader och terränghinder i vägen för luftströmmarna, och där många fordon färdas med nästan maximalt tillåten hastighet. Den här självrengöringen sker dock långsamt och den är inte just till någon hjälp mot problemen med överskridna gränsvärden.

Det material som insamlats under projektet kan också användas för fastställande av gatornas renhetsgrad och rengöringskriterierna. Ett indikativt förslag om detta ingår i projektrapporten. Där konstateras att det för praktiskt utnyttjande av forskningsresultaten kommer att behövas nationella eller kommunspecifika bestämmelser, direktiv och normer.

Summary

The aim of the KAPU-project was to study the impacts of winter maintenance and springtime road cleaning on the amount of road dust. In addition to the prevailing practise, new methods and facilities were tested. A general goal was to figure out measures for decreasing high vernal PM₁₀-concentrations in ambient air of Finnish cities.

The project was coordinated by the Helsinki City Environment Centre and the research was performed by Nordic Envicon Oy in collaboration with the Helsinki Polytechnic that made the road dust measurements by the Sniffer-car. The project was financed by Ministry of the Environment, YMK, Helsinki Public Works Department, Helsinki Metropolitan Area Council, Destia, and Cities of Vantaa, Espoo, Tampere, Riihimäki and Kerava.

Studies were performed in Helsinki, Vantaa, Espoo, Tampere, Riihimäki and Kerava on selected road routes. The measures of winter maintenance and road cleaning were done according to the current practise taking into account the needs of the research. All operations were registered. Additionally, experiments were done with new and/or more effective methods. Thorough data of air quality and meteorological parameters was available and used to understand the results.

Wide information of springtime road dust problems was produced by mapping the results of each city. Substantial differences between different cities and their streets were observed. The reasons of these differences were studied.

Opposite to earlier concepts, springtime road cleaning was observed to decrease also the amount of the fugitive road dust. However, emitted dust concentrations increased again after the cleaning for several reasons. Effective road washing reduced dust concentrations. Remarkable differences were recorded in the cleaning results of different facilities.

Best cleaning results were attained in Vantaa, partly probably due to cleaning simultaneously both the lanes and the sidewalks and thus reducing the impact of getting dirty after cleaning. Some impact was possibly by the different pavement (SMA11) which has smoother surface having thus better qualities for cleaning.

Winter maintenance should be improved especially for managing dust episodes early in the spring. Dust binding by calcium chloride can be used at that time when frozen roads can not be cleaned. CaCl₂ was effective in lowering dust concentrations also later during the peaks of fugitive dust in ambient air. Facilities suited very well for the spreading of calcium chloride was constructed in Espoo.

Traffic flow gives rise to cleaning of the roads by lifting dust into the air after which some part of the dust is transported from the road by traffic turbulence and wind. This kind of "self-cleaning" takes place best if there buildings or terrain barriers do not restrict air flow and busy traffic is driven in a high speed. Self-cleaning of the roads is slow and does not have significant impact during periods when PM₁₀-limit values are exceeded.

The results of the project can be used for defining of the criteria for road cleaning. Such limit values were suggested. Practical utilizing of the results needs nation-wide or municipal acts, directives and norms.

1 Tausta

Keväinen katupöly on edelleen vaikeimpia ilmansuojelun ongelmia Suomessa, vaikka sen vähentämiseksi on tehty paljon työtä monissa kunnissa. Katupöly koostuu suurelta osin kiviainesperäisistä mineraalihiukkasista, joiden päälähteinä ovat hiekoitushiekka ja nastarenkaiden kuluttama tien kiviaines. Keväisin katupintojen kuivuessa talven aikana kertynyt pöly nousee mm. liikenteen ilmapvirtausten seurauksena ilmaan.

Tämä tutkimushanke liittyy ympäristöministeriön ympäristöklusterin ”hyvän ja terveellisen ympäristön edistäminen” painopistealueeseen. Ilmanlaadun mittaus- tulosten mukaan katupölyongelma ei koske pelkästään pääkaupunkiseutua. Ongelmaan on havahduttu pienissäkin kaupungeissa, joissa jopa hiukkasten vuorokausiraja-arvon ylittyminen on mahdollista. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää kaikissa kunnissa, joissa katupöly on ongelmana. Tavoitteena on löytää kustannustehokkaita ja konkreettisia menetelmiä hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien alentamiseksi.

1.1 Lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki ja ilmanlaatuasetus asettavat kunnalle merkittäviä vaatimuksia. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiraja-arvon numeroarvo (50 µg/m³) saa ylittyä 35 kertaa kalenterivuoden aikana ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Ympäristönsuojelulain (86/2000) 102 §:n mukaan kunnan on varauduttava käytettävissä olevin keinoin estämään ilmanlaatuasetukseen perustuva ilmanlaadun raja-arvon mahdollinen ylittyminen kunnan alueella. Raja-arvon ylittyessä kunnan on ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin tai annettava määräyksiä liikenteen rajoittamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi.

Ilmanlaatuasetuksen (711/2001) mukaan hengitettävien hiukkasten raja-arvon ylitys on mahdollista, mikäli ylitys johtuu teiden tai katujen talvihiekoituksesta. Siinä tapauksessa kunnan tulee laatia selvitys, josta käyvät ilmi muun muassa tiedot havaituista tai arvioituista pitoisuuksista ja päästölähteistä sekä tiedot toteutetuista ja suunnitelluista toimista pitoisuuksien alentamiseksi.

15.7.2005 tuli voimaan kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain (669/1978) muutos (547/2005), jolla terveellisyys lisättiin kadun kunnossapidon tason määräytymisessä huomioon otettavien seikkojen joukkoon (lain 3 §). Terveellisyys lisättiin pykälään lain eduskuntakäsittelyn yhteydessä ympäristövaliokunnan mietinnön (8/2005 vp) pohjalta. Mietinnössä todetaan, että lainmuutoksen yhtenä tavoitteena on parantaa ilman laatua talvihiekoituksen poistamista tehostamalla.

Katupölyn poistamisen kustannusten on Helsinkiä koskevan tutkimuksen mukaan arvioitu olevan suhteellisen pienet (alle 2 milj. euroa/vuosi) verrattuna katupölyn aiheuttamiin terveysvaikutuksiin (noin 2–17 milj. euroa/vuosi). Katujen puhdistusta tulee tehostaa ja kehittää eriytettyjä malleja ajoratojen ja kevyen liikenteen väylien kunnossapitoon hiekoituksen vähentämiseksi tai hiekoituksesta aiheutuvan pölyämisen vähentämiseksi. Pölyämishaitan vähentämiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa kunnossapidon oikealla ajoituksella ja pölyämistä estävällä toteutuksella, ja tätä kautta terveellisuuden voidaan katsoa olevan kunnossapidon tavoitteena ilman laadun turvaamisen kautta.

1.2 Tilanne kunnissa

Useissa kaupungeissa on mitattu hyvin korkeita hiukkaspitoisuuksia ja raja-arvotason ylityksiä keväisten episoditilanteiden yhteydessä. Vaikka itse raja-arvo ei ylittyisikään, olisi tilanteeseen asukkaiden kannalta saatava parannus. Keväinen hiekoitushiekan puhdistus on usein riittämätöntä ja laitteet puutteellisia. Talvella tehtävillä toimenpiteillä on vaikutusta siihen, minkä verran katupölyä on kertynyt tienpinnalle kevään koittaessa.

Tutkimus käynnistettiin Helsingissä, joka on hyvä kohde, koska kaupunki on kehittänyt katupölyn puhdistusmenetelmiä noin 15 vuoden ajan, ja alueella on käytössä tiheä ja jatkuvatoiminen ilmanlaadun mittausverkosto. Lisäksi Helsingissä on toimiva yhteistyöverkosto ilmanlaadusta ja katujen kunnossapidosta vastaavien viranomaisten kesken. KAPU-hanke vahvistaa viranomaisten ja tutkijoiden yhteistyötä ja verkostoitumista kevät-pölyongelman vähentämiseksi.

Helsingissä toimenpiteet ovat kohdistuneet mm.

- Talvikunnossapitoon, jonka tarkoituksena on ennalta ehkäistä liiallista katupölyn muodostumista kevään pahimpana aikana
- Mittavaan puhdistusoperaatioon irtaimen aineksen poistamiseksi keväällä niin pian kuin mahdollista parhailla käytettävissä olleilla menetelmillä

Toimenpiteet eivät kuitenkaan ole riittäneet pitämään hengitettävän pölyn (PM_{10}) pitoisuuksia EU:n direktiivissä (1999/30/EY) ja ilmanlaatuasetuksessa 711/2001 määritellyn vuorokausiraja-arvon alapuolella. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle terveydellisin perustein annettu vuorokausiraja-arvo on ylittynyt Helsingissä vuosina 2003, 2005 ja 2006. Kaupunki on laatinut näistä selvitykset ympäristöministeriölle ja sitä kautta EU:n komissiolle. Vuoden 2003 ylityksestä laaditussa selvityksessä perusteltiin ylitysten johtuvan pääosin hiekoitushiekasta. Selvityksen perusteella EU:n komissio hyväksyi vuonna 2005 Suomelle hiekoitushiekka-poikkeman. Vuonna 2006 ylityksiä oli Helsingin Töölöntullin mittausasemalla 54 ja Mannerheimintien 42 kertaa.

1.3 Katujen puhdistuksen merkitys

Keväällä 2005 Nuuskija-autolla (Pirjola ym. 2004, Kupiainen ym. 2005) tehdyissä katupölymittauksissa havaittiin, että kadut pölyävät runsaasti vielä puhdistuksen ja pesun jälkeen. Tämä on havaittu myös YTV:n ilmanlaadun mittausasemilla. Havainnot viittaavat siihen, että nykyisillä puhdistusmenetelmillä ei saada riittävässä määrin poistetuksi kaduille talven mittaan kertynyttä hengitettävää PM_{10} -pölyä, vaikka toimenpiteet ovat monissa kaupungeissa mittavia ja kadut saadaan puhtaan näköisiksi. Samaan asiaan on kiinnitetty huomiota muissakin maissa (Kuhns ym. 2003, Düring ym. 2004, Johansson ym. 2005).

Nykyisin kuntien aktiiviset toimenpiteet katupölyn vähentämiseksi ovat käytännössä päättyneet katujen kertaluonteiseen puhdistamiseen ja pesuun. Onko kertaluonteisen suoritettava puhdistus riittävä? Miten puhdistuksen tasoa tulisi valvoa? Pitäisikö laatia mittareita puhdistuksessa tavoiteltavalle tasolle?

Esimerkiksi USA:ssa Kaliforniassa on säädetty asetus (RULE 1186), jolla edellytetään, että katujen puhdistukseen käytettävät laitteet ovat ns. PM_{10} -tehokkaita. Laitteilla pitää pystyä vähentämään riittävästi nimenomaan PM_{10} -pölyä. Laitteilta

edellytetään tätä koskevaa sertifikaattia. On mahdollista, että tällaisia säädöksiä otetaan lähiaikoina käyttöön myös Euroopassa. Pääkaupunkiseudun kokemukset viittaavat sellaisten tarpeellisuuteen. Helsinki voisi olla tällaisen kehityksen edelläkävijä, mikä voisi vaikuttaa myös puhdistusteknologisen ja mittausteknisen tietotaidon vientiin.

Myös puhdistuksen vastuuvélvoitteiden tarkistaminen on nostettu esille. Keväinen puhdistus katsotaan kuuluvan talvihoitoon, mutta selkeämpi erillisvastuu voisi olla tarpeen. Lakisääteisesti kadun (15 tai 24 m tontin rajasta) puhtaanapito kuuluu kadun varren kiinteistöille. Kaupungit tekevät keväisin puhdistuksen osalta verovaroin kiinteistöille kuuluvia tehtäviä. Pitäisikö lakia muuttaa ja siirtää puhtaanapito sekä katujen että jalkakäytävien osalta kaupungille? Miten siinä tapauksessa turvataan riittävät resurssit puhtaanapidolle?

2 KAPU-projekti

2.1 Projektin käynnistäminen

KAPU-projekti käynnistettiin 26.8.2005 kokouksessa, joissa edustettuina olivat Helsingin kaupungin ympäristökeskus (Ymk), Helsingin kaupungin rakennusvirasto (HKR), YTV:n Seutu- ja ympäristötieto, Nordic Envicon Oy ja Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Kokouksessa todettiin, että katupölyongelma on Helsingissä keväisin edelleen vaikea, vaikka sen vähentämiseksi on tehty runsaasti töitä sekä talvikunnossapidon että keväisen puhdistuksen suhteen. Vuosina 2004 ja 2005 vallitsi pitkään kuiva sääjakso pahimpaan katupölyaikaan ja ilman PM₁₀-pitoisuudet kohosivat pääkaupunkiseudulla usein yli raja-arvotason (50 µg/m³).

Myöskään tutkimukset eivät olleet tuottaneet riittävästi tietoa ongelman lievittämiseen, vaikka sekä kokeellista että kenttätutkimusta oli tehty jo varsin paljon. Toisaalta oli Helsingin ammattikorkeakoulun liikkuvaan ilmanlaadun tutkimuslaboratorioon, Nuuskija-autoon, asennettu laitteisto, jonka avulla voitiin mitata sitä hengitettävän pölyn määrää, jonka auto nostaa ilmaan kadun pinnasta (kuva 1). Tämän arvioitiin avaavan uusia tutkimusmahdollisuuksia.

KAPU-hanke (Katupölyn vähentäminen kevätpuhdistuksen ja talvikunnossapidon avulla – Tutkimus- ja kehittämisprojekti KAPU) päätettiin käynnistää niin, että koordinaattorina toimi Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja hankkeen vetäjänä Jari Viinanen, tutkimuksesta vastasi Nordic Envicon Oy, jossa vastaavana tutkijana toimi Heikki Tervahattu. Helsingin kaupungin tutkimuksista vastasi Kaarle Kupiainen. Ana Stojiljkovic prosessoi tutkimusdatan ja valmisti mittauskartat.



Kuva 1. Stadian Nuuskija-autolla voidaan tutkia kadun pinnasta nousevan hengitettävän pölyn määrää ajon aikana normaalissa liikenteessä. Siten saadaan tietoa kadun pinnalla olevan pölyn määrästä, joka mitataan vetävän takapyörän takaa.

Katupölyn tutkimusmittaukset tehtiin pääasiassa Nuuskija-autolla, jonka vastavana tutkijana toimi Liisa Pirjola. Nuuskijan käytön ja mittaamisen ovat hoitaneet Pasi Perhoniemi (v. 2006) ja Peter Szabo (v. 2007). HKR, Ymk ja YTV tulivat mukaan rahoittajiksi. Myöhemmin rahoitusta saatiin ympäristöministeriön ympäristöklusterista. Mukaan tulivat myös Vantaa, Espoo, Tampereen, Riihimäen ja Keravan kaupungit sekä Tieliikelaitos (nykyisin Destia), jotka osallistuivat myös rahoitukseen. KAPU-hankkeelle muodostettiin ohjausryhmä, johon osallistuivat seuraavat henkilöt:

- Ymk: Jari Viinanen ja Eeva Pitkänen,
- HKR: Ari Kettunen, Juha Kivinen, Asko Forsberg, Matti Tahvanainen ja Seppo Ilvonen
- Vantaa: Jorma Ranta, Kaisa Mäntylä, Tuula Markkanen ja Erkki Tammisto
- Espoo: Jyrki Heikkinen ja Sirkka Manni-Loukkola
- YTV: Päivi Aarnio ja Anu Kousa
- Nordic Envicon Oy: Heikki Tervahattu ja Kaarle Kupiainen
- Stadia: Liisa Pirjola ja Pasi Perhoniemi
- Tampere: Ari Elsilä, Harri Willberg ja Milla Hilli-Lukkarinen
- Turku: Tiina Hartman
- Riihimäki: Heikki Kantinkoski ja Markku Kyöstiä
- Kerava: Mia Vaittinen
- YM: Jyrki Hurmeranta
- Tieliikelaitos (Destia): Sakari Seppälä

2.2 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimus käynnistettiin syksyllä 2005 ja sen kestoksi päätettiin kaksi vuotta. Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet määriteltiin seuraavasti: Tutkitaan, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat katupölyn määrään ja koostumukseen. Nykyisen käytännön lisäksi selvitetään, voidaanko uusilla menetelmillä ja laitteilla vähentää pölyn määrää. Yleisenä tavoitteena on vähentää kevätkauden korkeita PM₁₀-pitoisuuksia Suomen kaupungeissa.

Selvitettäviä asioita ovat:

- Nykyinen käytäntö ja menetelmät tutkimukseen mukaan tulevissa kaupungeissa.
- Mahdollisuudet kehittää nykyistä toimintaa niin, että puhdistamisen ja pesun jälkeen kadun pintaan jää vähemmän hiukkasia.
- Selvitetään markkinoilla olevat laitteet ja niiden PM₁₀-puhdistustehokkuudet. Testataan laitteita käytännössä.

2.3 Toteutus

Katupölyn määrää ja koostumusta tutkittiin työhön soveltuvissa kohteissa Helsingissä, Vantaalla, Espoossa, Tampereella, Riihimäellä ja Keravalla. Kohteiksi valittiin ensisijaisesti vähintään 300 metrin pituisia yhtenäisen päällysteen omaavia katuosuuksia, joilla voidaan suorittaa tutkimusajoa pysähtymättä. Osa kohteista valittiin katuosuuksilta, joilla suoritetaan jatkuvaa ilman laadun mittausta mukaan lukien PM₁₀-pitoisuuden mittausta. Tällaisia kohteita olivat mm. pysyvät YTV:n asemat Mannerheimintie 5:ssä Helsingissä, Tikkurilassa Vantaalla ja Leppävaarassa Espoossa sekä siirrettävät asemat Mannerheimintie 55:ssä (2006) ja Hämeentiellä Helsingissä (2005). Lisäksi asemia oli Tampereella Santalahdessa, Koskipuistossa ja Pirkankadulla.

Tutkittavien katuosuuksien talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen sekä pölyn sitomisen toimenpiteet suunniteltiin normaalikäytännön puitteissa tutkimuksen tarpeet huomioon ottaviksi. Kaikista toimenpiteistä pidettiin kirjanpitoa, jonka tarkkuus ei kaikissa kaupungeissa ollut tyydyttävä. Tämän lisäksi kokeiltiin uusia ja/tai tehostettuja menetelmiä ja laitteistoja. Myös perusteellinen ilmanlaadun ja meteorologinen data kerättiin tutkimustulosten tulkinnan avuksi.

Varsinainen katupölyn tutkimus tehtiin pääosin Nuuskija-autolla (<http://nuuskija.stadia.fi>), joka on monipuolisella ilmanlaadun ja meteorologian mittaustaitteistolla varustettu liikkuva laboratorio. Siihen on TEKES:n FINE-ohjelman ja YTV:n rahoittamassa VIPEN-projektissa asennettu laitteisto katupölyn keräämiseksi ja pitoisuuden mittaamiseksi vetävän pyörän takaa (Kupiainen ym. 2005).

Laitteistolla voidaan tutkia eri tekijöiden vaikutusta renkaan nostattaman pölyn määrään. Mittaukset ovat jatkuvatoimisia ja niitä voidaan tehdä ajon aikana normaalissa liikenteessä. Mittauksilla saadaan tietoa mm. PM₁₀- ja PM_{2,5}-hiukkasista sekä hiukkasten lukumäärästä. Tässä raportissa on käytetty vain Nuuskijan TE-OM:lla mitattuja tuloksia. Hiukkasten leikkausraja on käytännössä 9,2 µm. Jotta Nuuskija mittauksia eri katuosuuksilla voidaan verrata keskenään, on syytä käyttää mahdollisuuksien mukaan samaa ajonopeutta.

Nuuskijalla tehdään katupölyn tutkimuksia valituilla katuosuuksilla

- Ennen talvikauden pölyn kertymisen alkua
- Pölyn kertymisen aikana talvella
- Keväällä ennen katujen puhdistuksen aloittamista
- Puhdistuksen eri vaiheiden aikana
- Puhdistuksen päättymisen jälkeen niin kauan, että pölyn määrä ei enää olennaisesti vähene.

Osa kaupungeista tilasi suppeamman tutkimuksen, jolloin tällainen mittaustiheys ei toteutunut. Mittaukset ajoitettiin niin, että koko kevään tilanteesta saatiin mahdollisimman hyvä käsitys.

Tutkimusjaksoiksi valittiin riittävä määrä keskenään vertailukelpoisia päiviä, jolloin sääolot ovat samankaltaiset ja katujen pinnat kuivia. Puhdistuksen osalta seurattiin erityisesti sitä, mikä on pölyn määrä puhdistuksen jälkeen, pieneneekö pölypitoisuus olennaisesti sekä mitkä tekijät vaikuttavat mahdolliseen puhdistuksen jälkeiseen pölyn vähenemiseen.

Pölyn määrästä ja koostumuksesta saatuja tuloksia verrattiin talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteisiin sekä meteorologiseen mittausaineistoon ja ilman laadun mittausasemien dataan. Tältä pohjalta tehtiin johtopäätöksiä siitä, mitkä tekijät vaikuttavat pölyn muodostukseen ja määrään sekä millä toimenpiteillä hengitettävän pölyn määrää voidaan vähentää.

Projekti käynnistettiin hankesuunnitelman laatimisella syyskuussa 2005 ja se päättyi 31.10.2007.

2.4 Toteutukseen liittyneitä ongelmia

Nuuskijan renkaina olivat alkukevään 2006 ajan nastarenkaat, jotka vaihdettiin 2.5. kesärenkaisiin. Rengastyypillä on huomattava vaikutus siihen, minkä verran hengitettävää pölyä ajon aikana ilmaan nousee. Näiden kahden rengastyypin vertailu tehtiin syksyllä 2005 ja keväällä 2006. Molemmat vertailut osoittivat, että nastarenkailla pölyä nousee huomattavasti enemmän kuin kesärenkailla. Eron suuruus riippui lisäksi kadulla olevan pölyn määrästä. Toistaiseksi ei ole riittävää aineistoa, jonka avulla voitaisiin luotettavasti vertailla eri olosuhteissa renkaiden eroa.

Kun lisäksi renkaan vaihto tapahtui sellaisessa kevään vaiheessa, jossa katujen puhdistuminen oli yleisesti kovaa vauhtia tapahtumassa, tuottaa renkaan vaihtoa edeltävien ja sen jälkeisten mittauksen vertailu ongelmia. Ei voida kunnolla sanoa, mikä osuus pitoisuuksien alenemisestä tässä vaiheessa aiheutui renkaan vaihdosta. Tehtyjen rengasvertailujen ja kokonaiskehityksen perusteella voidaan kuitenkin tehdä summittaisia arvioita.

Tämä ongelman poistamiseksi siirryttiin yhden rengastyypin (kitkarengas) käyttöön vuoden 2007 KAPU-mittauksissa. Vuosien 2006 ja 2007 tuloksia ei kuitenkaan voida vertailla tarkasti keskenään.

Ajonopeuden on kokeellisesti todettu vaikuttavan merkittävästi Nuuskijan mitaamiin katupölypäästöihin. Ajonopeutta ei normaalissa liikennetilanteessa voida pitää samana, joskin useimmilla katuosuuksilla vaihtelut eivät ole kovin suuria. Toisaalta on myös katuja, joilla joudutaan usein hiljentämään nopeutta, pysähtymään liikennevaloissa jne. Eniten poikkeamia oli Helsingissä. Jotta ajonopeuden vaikutus mittauksen vertailtavuuteen tulisi kunnolla huomioiduksi, on tarpeen kehittää laskentamalli, jolla nopeus huomioidaan. Tässä projektissa karsittiin aineistosta ne mittaustulokset, jolloin ajonopeus oli alle 10 km/t.

Tien pinnan kosteudella on suuri vaikutus siihen, minkä verran pölyä nousee ilmaan. Tämän vuoksi mittaukset tehdään aina vain kuivilla kadun pinnoilla. Joskus kuitenkin saattaa esiintyä jonkin verran kosteutta. Tällaiset mittaukset on joko

hylätty tai lievissä tapauksissa käsitelty varauksin. Kadun pinnan kosteuden mittausta olisi hyvä liittää katupölypäästöjen mittauksiin, mutta sitä ei ole ollut mahdollista toteuttaa. Toisaalta ilman suhteellisesta kosteudesta on käytettävissä runsaasti mittaussaineistoa, jota voidaan tarvittaessa hyödyntää.

Liikenteessä esiintyy jonkin verran mittauksiin vaikuttavia **häiriötekijöitä** kuten edellä ajavan raskaan (tai kevyemmänkin) liikenteen nostattama pöly, pysähtymiset, käynnissä olevat katujen puhdistus- tai pölynsidontatyöt jne. Tällaiset havainnot on kirjattu Nuuskijan ajopäiväkirjoihin ja ne on otettu tarpeen mukaan huomioon tuloksia käsiteltäessä.

Talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteet on joissakin kaupungeissa **puutteellisesti kirjattu**. Todella hyvä toimenpiteiden ja katupölypäästöjen vertailu ja syy-seuraussuhteiden tarkastelu saadaan, mikäli työkoneisiin asennetaan gps-laite ja toimenpiteet kirjataan sitä hyväksi käyttäen. Tämän datan käsittely yhdessä Nuuskijan mittausdatan kanssa asettaa puolestaan omat haasteensa.

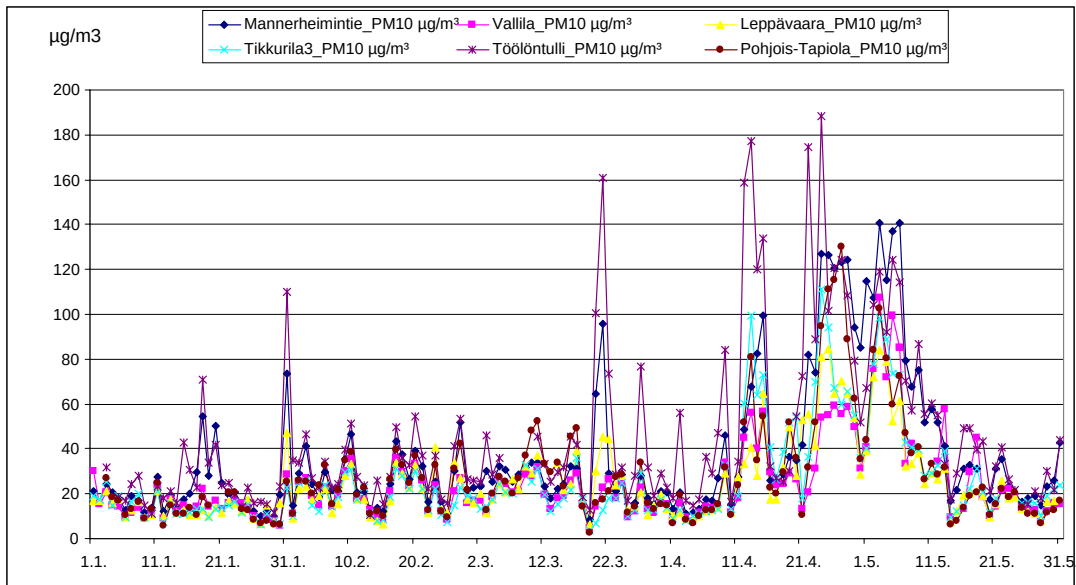
Liikennevirrat ja nopeusrajoitukset on tarpeen selvittää kaikilta tutkimusreiteiltä. Liikennevirroilla on huomattava vaikutus siihen, minkä verran katupölyä muodostuu samoin kuin siihenkin, minkä verran katupölyä nousee ilmaan ja leviää ympäristöön. Nopeuden vaikutuksista mittauksista saadaan parhaiten otetuksi huomioon Nuuskijan gps-datasta.

3 Säätilanteen vaikutus pölypitoisuuksiin

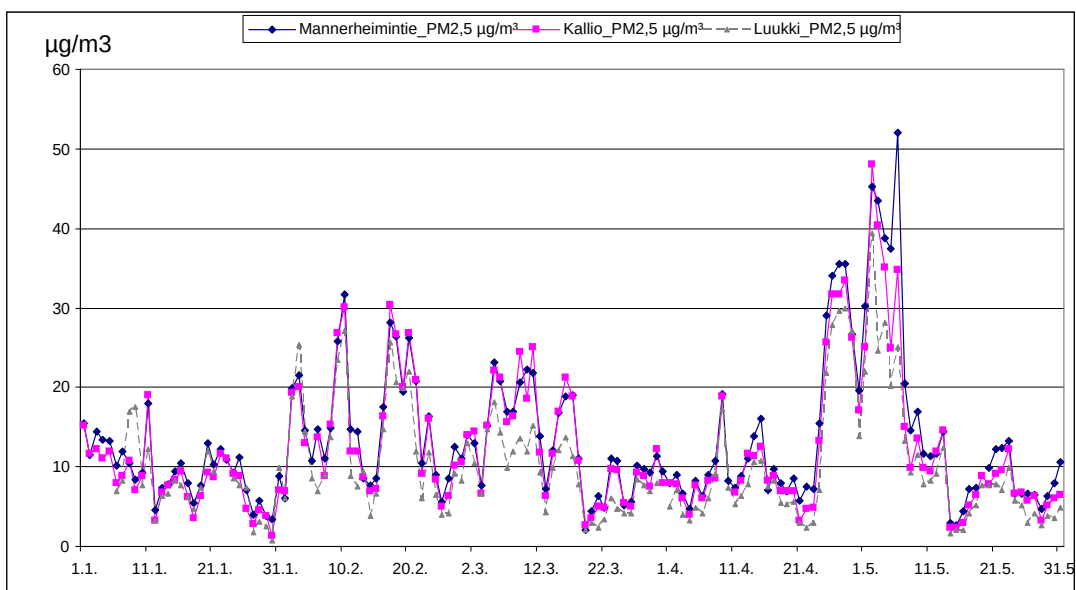
3.1 Sää ja ilman laatu vuonna 2006

Vuosina 2004 ja 2005 vallitsi pahimpaan katupölyaikaan maaliskuussa pitkiä aikoja kuiva sää, mikä pahensi ja pidensi pölyepisodia. Keväällä 2006 vastaavana aikana joko satoi tai kadut olivat vielä osittain jäisiä, joten varsinainen katupölykausi alkoi vasta huhtikuun loppupuolella (kuva 2). Tosin yksittäisiä pölypäiviä todettiin jo tammikuussa katujen ollessa paljaita ja kuivia. Myös maaliskuun lopussa ja huhtikuun alkupuolella mitattiin korkeitakin hengittävien hiukasten pitoisuuksia, mutta tällaiset tilanteet jäivät vielä silloin lyhytaikaisiksi.

Keväällä 2006 oli myös poikkeuksellisen voimakas ja pitkäaikainen pienhiukkasten kaukokulkeumaepisodi, joka vaikutti koko eteläisessä Suomessa ja kaikissa KAPU-projektin tutkimuskaupungeissa. Se alkoi 25.4. ja jatkui voimakkuudeltaan vaihdellen 7.5. aamuyöhön saakka. Se sattui siten kevään pahimpaan katupölykauteen. Kaukokulkeutuneet pienhiukkaset vaikuttivat tuntuvasti myös ilman PM_{10} -pitoisuuksiin. Näin ollen episodi vaikeutti jossain määrin varsinaista katupölyä koskevien johtopäätösten tekoa, joskin YTV:n pääkaupunkiseudulla sijaitsevat $PM_{2.5}$ -pitoisuuksien mittarit antavat selkeän käsityksen pienhiukkasepisodista (kuva 3). Kaukokulkeuma oli pääosin peräisin Itä-Euroopan peltojen kulotusten savusta (Niemi ym. 2006).



Kuva 2. Ilman PM₁₀-pitoisuudet (vuorokausikeskiarvot) 1.1.–31.5.2006 YTV:n mittaus-
asemilla pääkaupunkiseudulla.



Kuva 3. Ilman PM_{2,5}-pitoisuudet (vuorokausikeskiarvot) 1.1.–31.5.2006 YTV:n mittaus-
asemilla pääkaupunkiseudulla.

Kevätpölykauden säätä luonnehti pitkä sateeton jakso 22.4.–13.5. Se sattui aika-
na, jolloin tässä tutkimuksessa tehtyt mittaukset osoittivat katupölyn määrän
olennaisesti vähenevän kaikissa kaupungeissa. KAPU-projektin yhtenä lähtökoh-
taolettamuksena on ollut, että katujen kevätpuhdistus ei riitä vähentämään ilman
hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia, vaan vasta runsaat sateet huuhtelevat
hienojakoisen pölyn kaduilta. Koska vuonna 2006 sateita ei esiintynyt aikana,
jolloin ilman PM₁₀-pitoisuudet laskivat alle raja-arvon numeroarvon ja myös
Nuuskijalla mitatut katupölyn päästöt vähenivät suuresti, ei mainittua sateiden
vaikutusta voitu kunnolla testata. Myöhemmin toukokuussa sateita tosin oli varsin

paljon, mutta siinä vaiheessa katujen ja ilman pölypitoisuudet olivat alentuneet niin paljon, ettei sateiden vaikutuksesta enää voitu tehdä johtopäätöksiä.

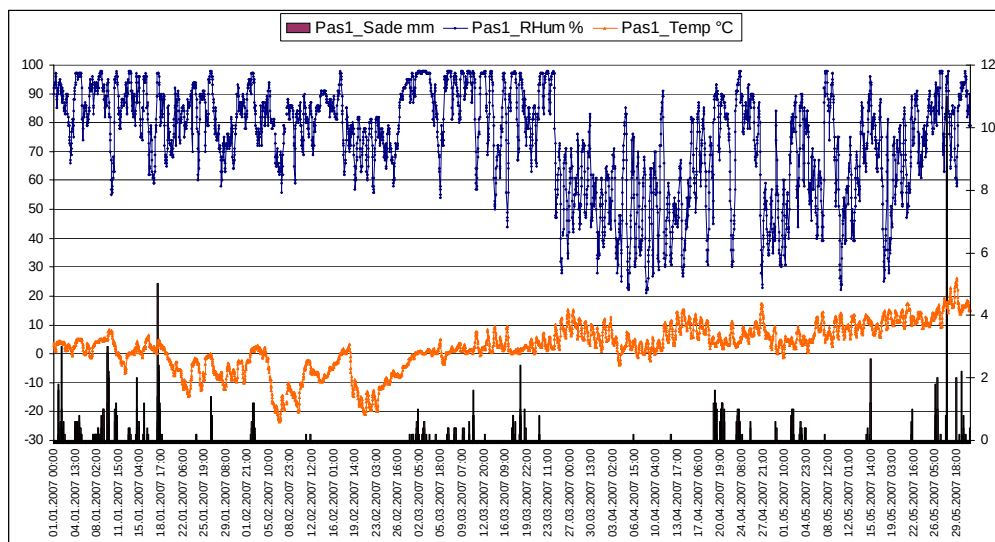
Sääolosuhteet vaikuttivat niin, että kevään 2006 aineiston perusteella on vaikea tehdä johtopäätöksiä siitä, miten pölyn sidonta kalsiumkloridilla vaikutti katupölypäästöihin. Kävi joko niin, että pian CaCl_2 -levityksen jälkeen tuli sateita tai niin, että samaan aikaan muut katupölyä vähentävät vaikutukset olivat merkittäviä. Vaikka pölyn sidonnan vaikutuksesta ilman laatuun onkin tehty tutkimus suotuisissa olosuhteissa keväällä 2004 (Tervahattu 2005) ja saatu selkeitä tuloksia, on kuitenkin tärkeää selvittää myös Nuuskijan avulla, miten pölyn sidonta vaikuttaa pölypäästöihin kadun pinnalla.

Sääolot vaikuttivat omalta osaltaan siihen, että hengitettävien hiukkasten raja-arvo ylittyi Helsingissä molemmilla Mannerheimintien mittausasemilla: Töölöntulissa vuorokausipitoisuuden raja-arvotaso $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi 59 päivänä ja keskustassa 37 kertaa. Vallilassa ylityspäiviä oli 13, Kalliossa 10, Leppävaarassa 14, Pohjois-Tapiolassa 17, Tikkurilassa 18 ja Kivistössä 8.

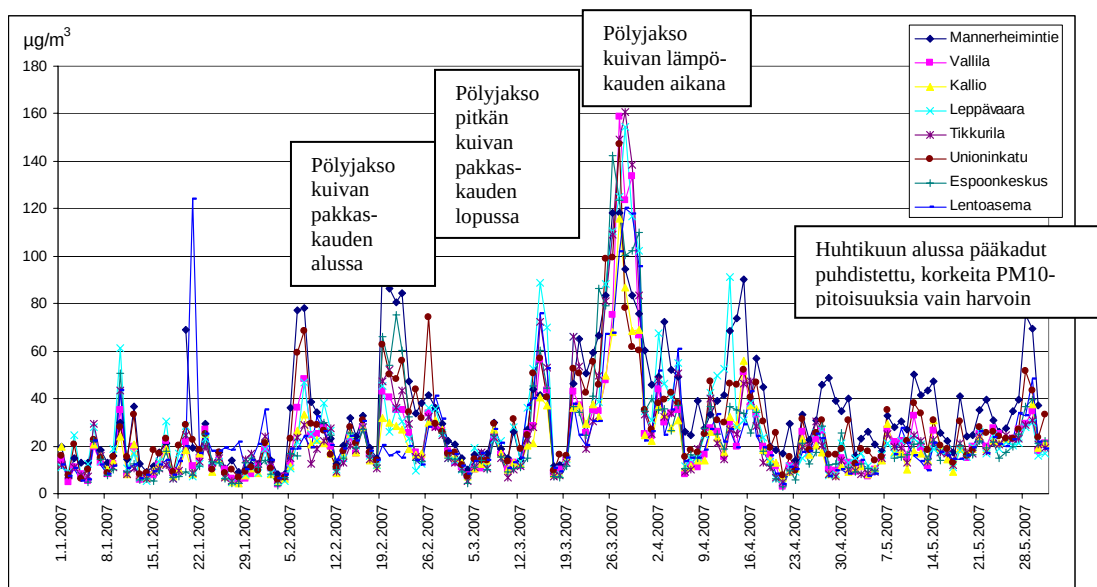
3.2 Sää ja ilman laatu vuonna 2007

Kevät 2007 puolestaan oli sikäli edellisen vuoden vastakohta, että kevät saapui varhain (kuva 4). Pölykausi oli hyvin aikaisin ja pääosin jo ohi siihen aikaan, kun vuoden 2006 pahin pölykausi alkoi (kuva 5). Katujen puhdistuskin voitiin aloittaa jo maaliskuun alkupäivinä, minkä jälkeen yöpakkasia oli vain vähän. Huhtikuun alussa puhdistus reittikaduilla oli enimmäkseen tehty.

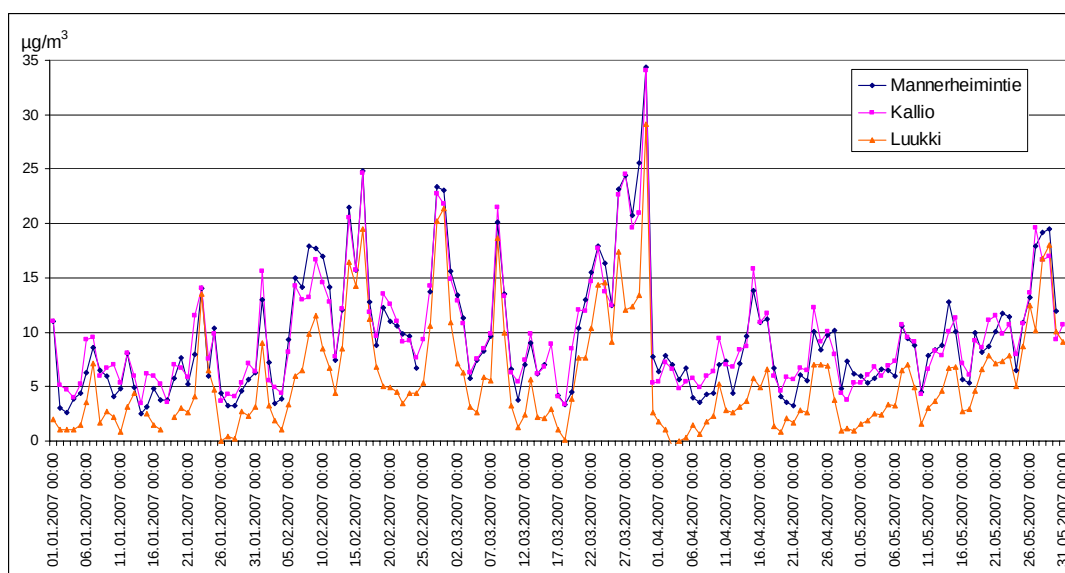
Kaukokulkeumalla ei myöskään ollut mainittavaa merkitystä kevään 2007 ilmanlaatuun. Joitakin episodeja esiintyi, niistä voimakkain maaliskuun lopulla samaan aikaan kuin pahin pölykausi (kuva 6).



Kuva 4. Lämpötila, sademäärät ja ilman suhteellinen kosteus YTV:n Pasilan mittausasemalla 1.1.–31.5.2007.

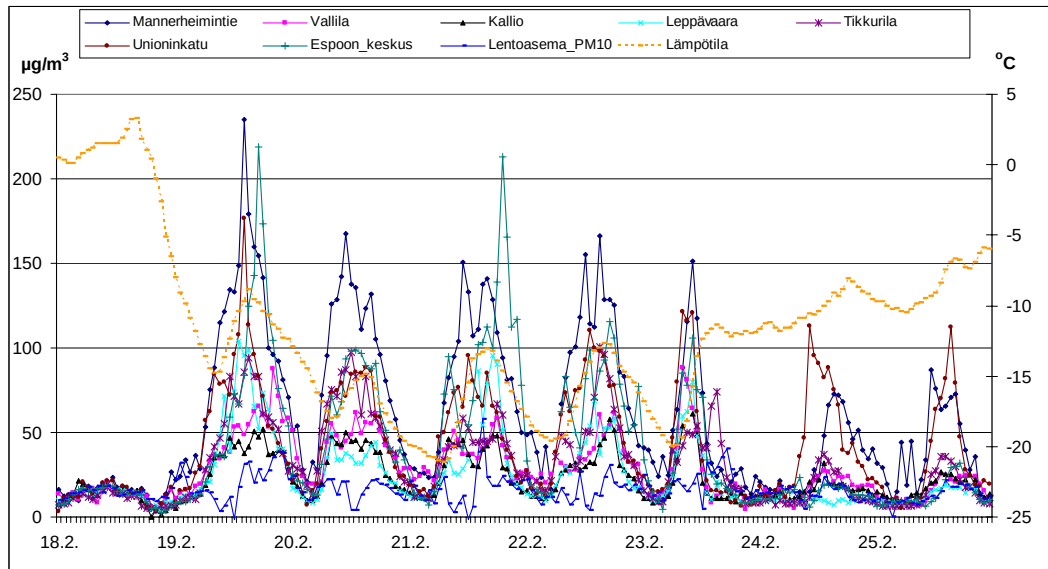


Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet YTV:n mittausasemilla 1.1.–31.5.2007.



Kuva 6. Pienhiukkasten pitoisuudet YTV:n mittausasemilla 1.1.–31.5.2007.

Ensimmäiset raja-arvotason ylitykset mitattiin Leppävaarassa 11.1. Helsingissä esiintyi huomattavan suuria ylityksiä 7.–8.2. Helmikuun loppupuolella sattui varhaiseen ajankohtaan nähden voimakas pölyepisodi pakkasjaksolla, jolloin katujen pinnat olivat lumettomia ja kuivia. Korkeita hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia esiintyi viikon ajan (kuva 7). Tällaiset varhaisepisodit korostavat talven kunnossapidon merkitystä, sillä pakkasten vuoksi ei katujen puhdistusta vielä voida suorittaa.



Kuva 7. Varhainen pölyepisodi pääkaupunkiseudulla helmikuussa 2007 (YTV:n mittaus-aineisto).

Kevätpölykauden huippu oli maaliskuun lopulla, ja huhtikuun alkaessa pahin pölykausi oli ohi. Muutamia yksittäisiä korkeita pitoisuuksia esiintyi vielä senkin jälkeen. Raja-arvotaso ylittyi useimmin Mannerheimintiellä (27 kertaa). Viimeinen ylitys oli 29.5. Toukokuun aikana Helsingissä oli ylityksiä vain 3 päivänä. Espoossa viimeinen ylitys mitattiin 14.4. Leppävaarassa (kaikkiaan 15 ylitystä) ja Vantaalla viimeinen ylitys oli 10.4. (Tikkurila, yhteensä 12 ylitystä)

Tampereella pölykauden huippu oli myös poikkeuksellisen varhainen ja pääosin ohi huhtikuun alkaessa. Viimeinen ylitys oli 17.4. Ylityksiä esiintyi eniten Santalahdessa (14).

Vuoden 2007 kevätpölykautta luonnehtivat siten poikkeuksellisen varhainen esiintyminen ja normaalia vähäisemmät raja-arvotason ylitykset. Tähän vaikuttivat sääolojen lisäksi varhainen puhdistuksen toteutus ja osittain runsas kalsiumkloridin käyttö.

4 Tutkimustulokset

Kaupunkien reittien tutkimustulokset on Helsinkiä lukuun ottamatta esitetty niin, että vuodet 2006 ja 2007 käsitellään erillisinä kokonaisuuksina. Tämä esitystapa valittiin kahdesta syystä:

- 1) vuosien väliset sääolot ja sen seurauksena katupölyn vaihtelut olivat erittäin suuret
- 2) katupölyn mittauksissa käytettiin vuonna 2006 nast- ja kesärenkaita sekä vuonna 2007 kitkarenkaita eikä eri renkailla tehtyjä mittauksia voida kovin hyvin verrata toisiinsa.

Reittien mittaustuloksista on laadittu kartat, joista ilmenevät Nuuskijan mittaamat hengitettävän pölyn pitoisuudet sekä katukohtaisesti että jokainen datapiste erikseen. Karttojen suuren määrän vuoksi ne julkaistaan vain internetissä (<http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/kapuliihteet/liitteet.htm>)

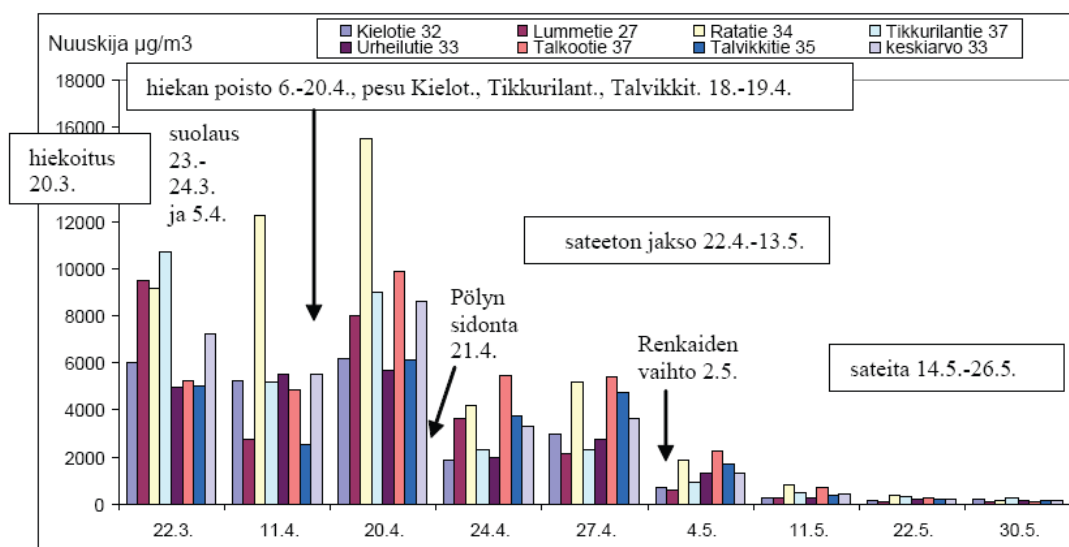
4.1 Vuoden 2006 kaupunkikohtaiset tulokset

4.1.1 Vantaa vuonna 2006

Vantaalla hiekan poisto tutkimusreitin varrella olevilta kaduilta tehtiin 6.4.–20.4. Lisäksi 18.–19.4. pestiin Kielotie, Tikkurilantie ja Talvikkitie. Vantaalla tehtiin kaikkiaan 9 mittauskertaa, ensimmäiset 23.3. ja seuraavat 11.4. sekä 20.4. Mittaustuloksista nähdään, että kahdella ensimmäisellä mittauskerralla pölypitoisuudet olivat jokseenkin samansuuruiset, mutta nousivat selvästi 20.4 (kuva 8). Pitoisuudet nousivat myös pestyillä kaduilla, joten hiekan poisto ja katujen pesu eivät välittömästi vähentäneet kadulta ilmaan nousevan hengitettävän pölyn määrää, vaan se jopa lisääntyi.

Vantaalla levitettiin kaduille katupölyn sitomiseksi ja pölyämisen vähentämiseksi kalsiumkloridiliuosta 21.4. Sitä seurasi pitkä sateeton jakso, joka kesti 13.5. saakka. 24.4. tehdyllä kierroksella Nuuskijan mittaamat PM₁₀-pitoisuudet olivat alentuneet erittäin merkittävästi. Mittaus tehtiin myös 27.4., jolloin pitoisuudet olivat taas jonkin verran kohonneet. Pitoisuuden aleneminen 20.4.–24.4. johtuu osittain kalsiumkloridin käytöstä. Epäselvää on, missä määrin muut tekijät ovat asiaan vaikuttaneet.

Seuraava mittaus Vantaalla tehtiin 4.5. Sitä ennen (2.5.) oli Nuuskijaan vaihdettu kesärenkaat. Kesärenkaiden kadun pinnasta nostattaman pölyn määrä on huomattavasti pienempi kuin nastarenkaiden. Toistaiseksi ei ole käytettävissä muuntokerrointa tai mallia, jolla kesä- ja nastarenkaat saadaan keskenään vertailukelpoisiksi. Kuitenkin 4.5. pitoisuudet olivat edelliseen mittaukseen verrattuna niin paljon alhaisempia, että ne eivät selity pelkästään renkaan vaihdon avulla.



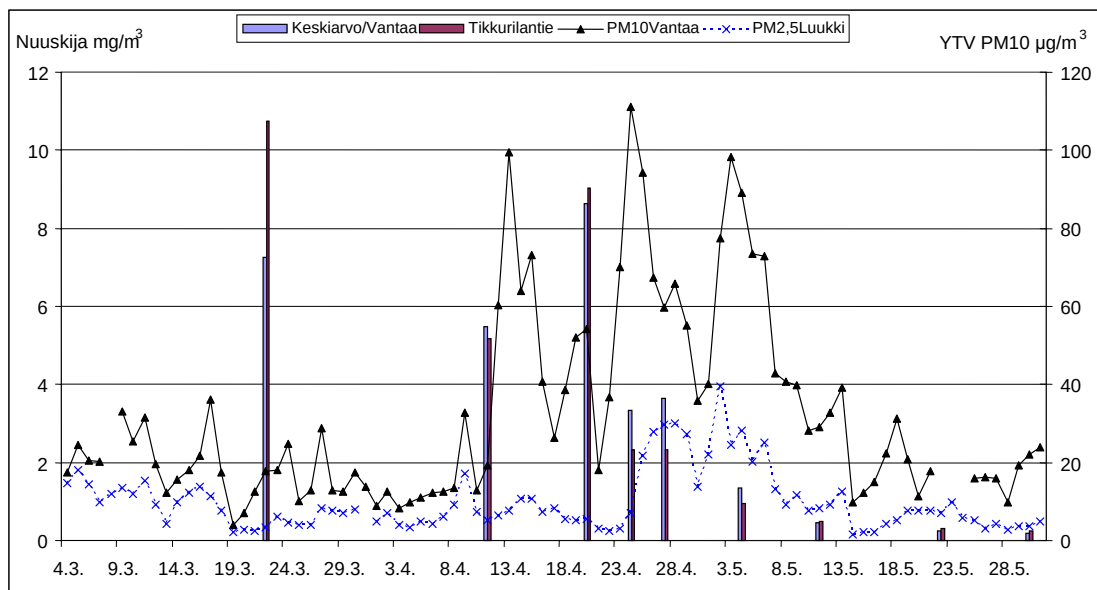
Kuva 8. Vantaan Tikkurilan katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt 22.3.-31.5.2006 sekä katujen kunnossapitotoimenpiteet ja sadetietoja. Kadunnimien perässä keskimääräiset ajonopeudet (km/t).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alenivat edelleen 11.5. mittauksessa kaikilla kaduilla. Huomattakoon, että 21.4.–13.5 ei tehty pölypitoisuuksiin vaikuttavia toimenpiteitä eikä myöskään satanut lainkaan. Pitoisuuden näin merkittävä laskun syyksi esitetään seuraava hypoteesi: *Vaikka hiekan poisto ei välittömästi alennakaan hienojakoisen katupölyn määrää, sen vaikutus tuntuu myöhemmin, koska kaduilla ei ole enää merkittävää määrää hiekkaa jauhautumassa pienemäksi ja kuluttamassa asfaltin pintaa. Tällaisessa tilanteessa liikenne nostaa kadun pienissä koloissa olevaa hienojakoista pölyä ilmaan ja sitä poistuu kadulta liikenteen ilmvirran ja tuulen vaikutuksesta. Uuden pölyn muodostuminen on siten vähäisempää kuin vanhan poistuminen.*

14.5.–26.5. sateita saatiin varsin runsaasti. Pölypitoisuudet vähenivät tänä aikana, mutta olivat jo ennen sitä alentuneet niin pieniksi, että sateiden vaikutus katujen puhdistumiseen ei ole mittausten perusteella arvioitavissa.

Eri kaduilla tapahtuneet muutokset kevään aikana näkyvät liitteen kuvista 1A–1C (<http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/kapuliitteet/liitteet.htm>). Niissä on esitetty kullakin mittauskerralla jokaiselta kadulta kaikkien havaintojen kahden kierroksen keskiarvot. Kartasta erottuvat kadut ja reitin eri osat selkeämmin. Niinpä esimerkiksi Lummetie, Ratatie ja Tikkurilantie ovat pahimpaan katupölyaikaan (mm. 24.4.) olleet hyvin likaisia Nuuskijan PM₁₀-pitoisuuden noustessa jopa yli 10.000 µg/m³, kun taas Kielotie näyttää olleen puhtaampi.

Vielä tarkemman käsityksen pölytilanteesta saa kartoista, joissa jokainen mittaushavainto (30 sekunnin liukuva keskiarvo tulostettu 10 s välein) on erikseen esitetty (liitteen kuvat 1D–1F). Esimerkiksi 23.3. Tikkurilantien alkupää on ollut selvästi puhtaampaa kuin loppupää. Näiden karttojen yksityiskohtaisen arvioinnin avulla on mahdollista saada käsitystä erilaisten tekijöiden vaikutuksista.

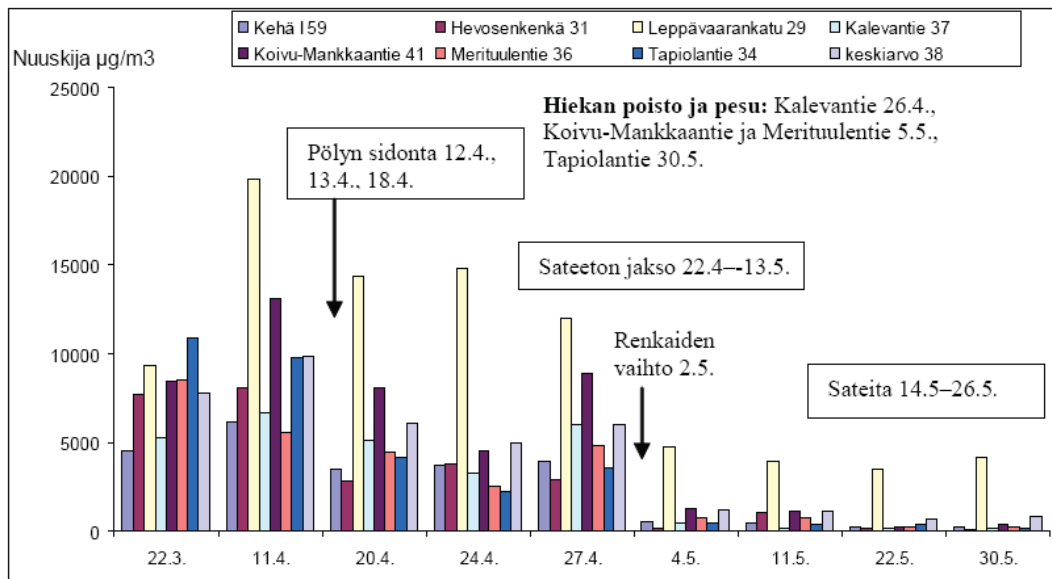


Kuva 9. Nuuskijalla vuonna 2006 mitatut pölypitoisuudet Vantaan reitin keskiarvona ja Tikkurilantiella (vasen asteikko) sekä YTV:n mitaamat PM10-pitoisuudet Tikkurilassa ja PM2.5-pitoisuudet Luukissa (oikea asteikko).

Vantaan mittaustuloksia voidaan käyttää myös sen tarkasteluun, millaiset Nuuskijalla mitatut katupölyn pitoisuudet näyttäisivät ylläpitävän huonoa ilman laatua. Tämän selvittämisen kannalta kevät 2006 oli kuitenkin hankala sen vuoksi, että juuri tärkeimpään katujen puhdistumisaikaan huhti- ja toukokuun vaihteen ympärillä sattui pitkäaikainen ja voimakas kaukokulkeuma, joka vaikeuttaa ilman laadun mittausten tulkintaa. Kuitenkin voidaan havaita, että Vantaalla 5.5. vuorokauskeskiarvo hengitettävän pölyn pitoisuudelle (PM_{10}) YTV:n Tikkurilan mittausasemalla oli $73,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kun tästä arvosta vähennetään Luukin pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) pitoisuus, saadaan karkean fraktion ($PM_{10-2.5}$) pitoisuudeksi $53,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 9). Tämän perusteella voidaan arvioida, että 5.5 katupöly heikensi Vantaan ilman laatua selvästi. Toisaalta 4.5. mitattiin Nuuskijalla koko reitin keskiarvoksi noin $1350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mittauspaikan lähellä olevalla Tikkurilantiella arvo oli noin $950 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Ratatiellä noin $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 8). Näyttää siltä, että välillä $1000\text{--}2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olevat pitoisuudet ylläpitävät vielä liian korkeita hengitettävän pölyn pitoisuuksia. Tämä tarkastelu perustuu Nuuskijan kesärenkailla tehtyihin emissiomittauksiin.

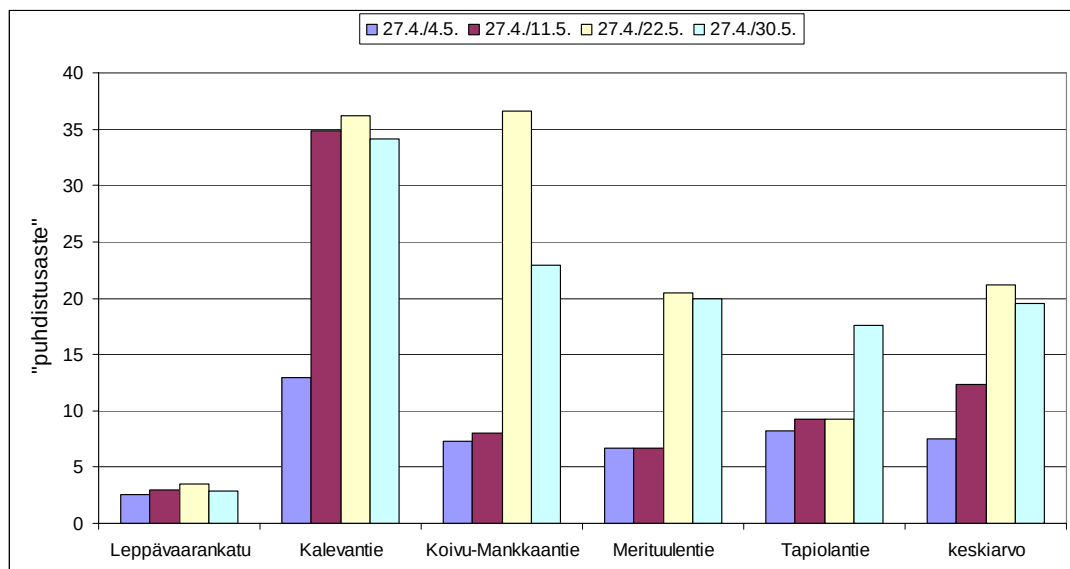
4.1.2 Espoo vuonna 2006

Espoossa mittauksia tehtiin 9 päivänä, jotka olivat samat kuin Vantaalla. Hiekan poisto ja katujen pesu aloitettiin tutkimusreitillä 26.4 (Kalevantie) eli vasta sen jälkeen, kun Vantaalla toimenpiteet olivat jo kokonaan tehty. Tämän vuoksi Espoon katujen puhdistuminen on tapahtunut jonkin verran Vantaata myöhemmin ja kadut ovat olleet keskimäärin likaisempia kuin Vantaalla. Espoon keskiarvoa tosin nostaa Leppävaarankatu, joka pysyi likaisena vielä toukokuun lopussa. Tähän oli syynä hiekan kantautuminen läheisiltä työmailta ja hiekkaisilta tieliittymiltä. Leppävaarankatua lukuun ottamatta Espoossa saavutettiin kuitenkin hyvä puhdistusaste 22.5. mennessä (kuva 10, liite 2).



Kuva 10. Espoon katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt 22.3.–30.5.2006 sekä katu-
jen kunnossapitotoimenpiteet ja sadetietoja. Kadunnimien perässä esitetty keskimääräi-
set ajonopeudet.

Puhdistuksen vaikutus eteni selvästi puhdistuksen aikataulun mukaisesti. Kuvas-
sa 11 on verrattu Nuuskijalla 27.4. mitattuja katupölypitoisuuksia myöhemmin
tehtyihin mittauksiin. Niiden suhdelukuna laskettu "puhdistusaste" ei ole kevään
mittaan muuttunut Leppävaarankadulla juuri lainkaan. Ensimmäisenä puhdistettu
Kalevantie alkoi puhdistua muita aikaisemmin: 4.5. siinä oli jo merkittävä katupö-
lymäärän vähentyminen ja 11.5. siinä saavutettiin hyvä puhtausaste (<200
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), joka pysyi koko loppukevään. Koivu-Mankkaantiellä ja Merituulentiellä,
jotka puhdistettiin 5.5., näkyi merkittävä puhdistuminen vasta 22.5. Viimeisenä
puhdistetulla Tapiolantiellä alenivat pölypitoisuudet vielä 30.5.



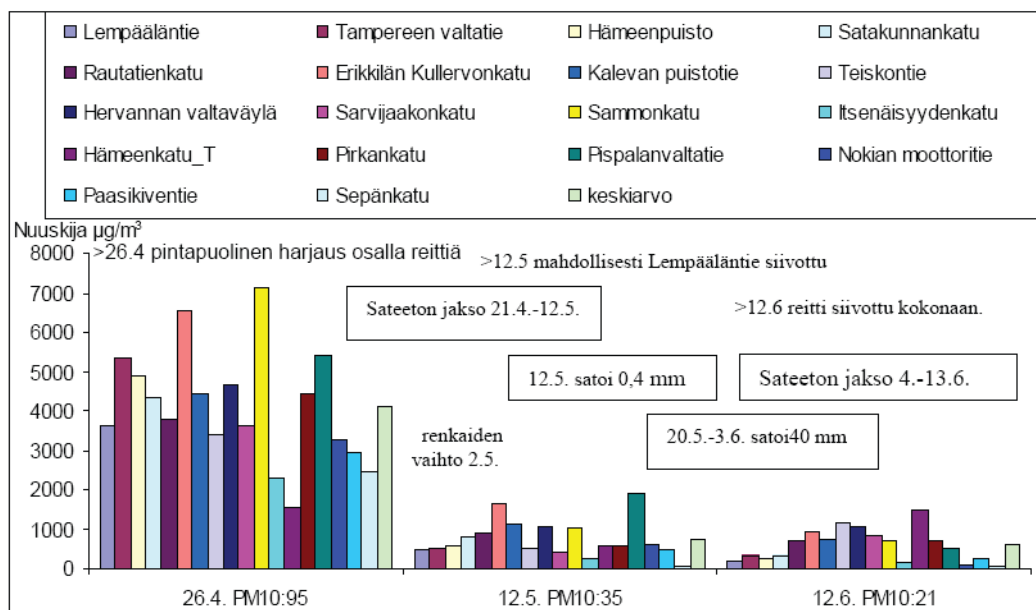
Kuva 11. Espoon katujen "puhdistusaste" laskettuna Nuuskijalla mitattujen katupölypääs-
töjen suhdelukuna: 27.4. vallinneet pitoisuudet on jaettu toukokuun neljän mittauspäivän
(4.5., 11.5., 22.5., 30.5.) pitoisuuksilla.

Espoossa on näkyvissä toukokuun aikana katupölyn vähentyminen liikenteen vaikutuksesta (asiaa selostetaan tarkemmin Vantaan tulosten yhteydessä). Liikenne nostaa hienojakoista pölyä ilmaan, ja osa tästä pölystä poistuu kadulta liikenteen ilmapirran ja tuulen vaikutuksesta. Espoon kohdalla näyttää siltä, että tietyissä olosuhteissa kadut puhdistuvat melkoisesti jopa ilman hiekan poistoa. Tähän viittaavat 4.5. Koivu-Mankkaantien ja Merituulentien varsin alhaiset pitoisuudet (kuva 10), vaikka hiekanpoisto tehtiin mittausten jälkeen 5.5. Pitoisuudet laskivat myös Tapiolantiellä 4.5. alkaen, vaikka hiekat poistettiin vasta 30.5. Tällaista ”itsepuhdistumista” tapahtunee parhaiten olosuhteissa, joissa ei ole merkittävästi ilmavirtauksia rajoittavia rakennus- tai maastoesteitä ja joissa on runsaasti liikennettä lähes maksimaalisella kaupunkinopeudella.

Tarkasteltaessa Espoossa ja Vantaalla pitoisuuksien muutoksia 11.4. ja 20.4. välillä, havaitaan pitoisuuksien alentuneen kaikilla Espoon kaduilla ja olleen 20.4. keskimäärin 61,5 % edellisen mittauksen tuloksista. Vantaalla muutos oli päinvastainen, kaikilla kaduilla pitoisuudet nousivat, keskiarvon ollessa 57 % edellistä mittausta korkeampi. Erot liittyvät ilmeisesti toimenpiteiden eriaikaisuuteen. Espoossa kasteltiin kaikki reitin kadut kalsiumkloridilla 2–3 kertaa (12., 13. ja 18.4.) katupölyn sitomiseksi, kun taas Vantaalla vastaava toimenpide tehtiin vasta 21.4. Espoossa tehty pölyn sidonta alensi merkittävästi pölypitoisuuksia, koska ilman kosteus oli mittauspäivänä (20.4.) korkea, 71–97 % (Tervahattu 2005). Samaan suuntaan kaupunkien välistä eroa kasvattaa se, että Tikkurilassa oli juuri ennen 20.4. mittausta tehty tutkimusreitin katujen puhdistus ja välittömästi puhdistuksen jälkeen pölypitoisuudet olivat kohonneet.

4.1.3 Tampere vuonna 2006

Tampere tuli projektiin mukaan vasta myöhemmin keväällä, minkä vuoksi sieltä on käytettävissä niukasti tietoja talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteistä. Mittauksia tehtiin kolmena päivänä. Ensimmäisellä mittauskerralla 26.4. havaittiin suunnilleen samanlaisia pitoisuuksia kuin muissakin kaupungeissa noihin aikoihin (kuva 12, liite 3). Ilman PM₁₀-pitoisuuden vuorokauden keskiarvo Tampereen kaupungin keskustan mittausasemalla oli tuolloin 95 µg/m³ eli selvästi raja-arvotason yläpuolella. Tässä vaiheessa korkeintaan pintapuolinen harjaus oli tehty osalla reittiä, joten talven jälkeinen pölytilanne kadun pinnasta mitattuna ei vaikuta kovin huonolta. Katujen puhtausaste oli varsin tasainen eikä erikoisen likaisia katuja ollut pitkästä reitistä huolimatta. Kuitenkin Sammonkadulla oli likaisiakin pätkiä.



Kuva 12. Tampereen katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt 26.4.–12.6.2006 sekä katujen kunnossapitotoimenpiteet ja sadetietoja. X-akselin päivämäärien jälkeen ilman PM₁₀-pitoisuuden vuorokausikeskiarvo Pirkankadun mittausasemalla.

12.5. Tampereen kadut olivat jo huomattavasti edeltävää mittausta puhtaammat, mutta 12.6. kohonneita pölyarvoja oli vielä merkittäväällä osalla reittiä. Tuloksiin tosin ovat vaikuttaneet siellä täällä käynnissä olleet katutyöt, joista on kulkeutunut hiekkaa kaduille. Tarkempi tulosten arviointi osoittanee, onko katujen puhdistuksessa parantamisen tarvetta.

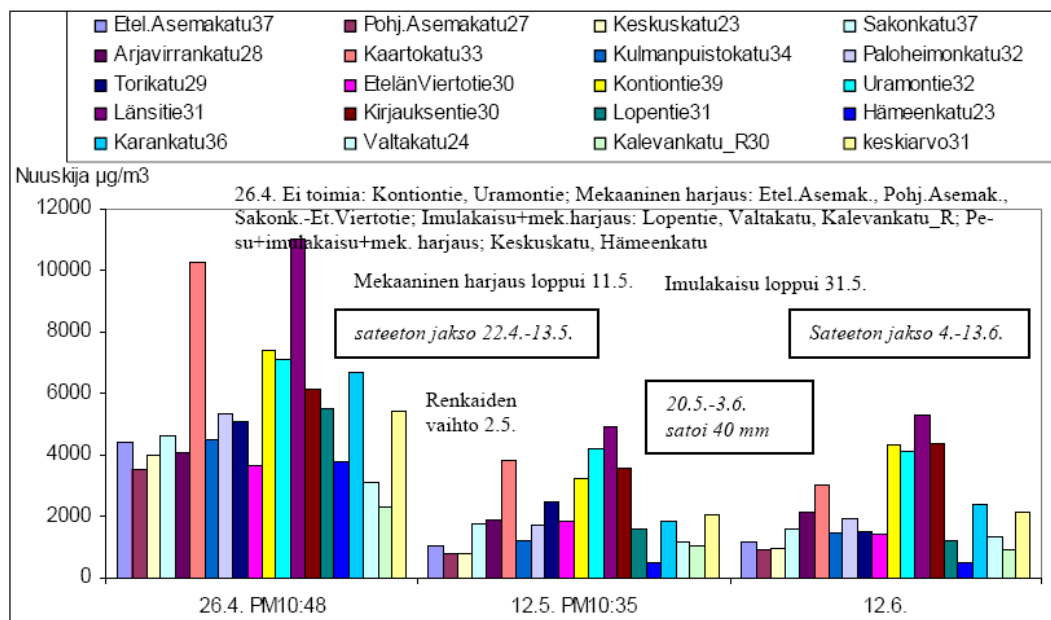
Tampereella on vuoden 2006 ensimmäisellä puoliskolla mitattu kaupungin ilmanlaadun mittausasemilla hengitettävien hiukkasten raja-arvon numeroarvon (50 µg/m³) ylityksiä Koskipuistossa 11, Veisussa 7 ja Pirkankadulla 13 vuorokautena (Tampereen kaupunki 2006). Viimeiset ylitykset mitattiin Pirkankadulla ja Veisussa 5.5. sekä Koskipuistossa 11.5. Ilman PM₁₀-pitoisuus kaupungin mittauksen mukaan oli siten jo 12.5. (35 µg/m³) laskenut pysyvästi alle raja-arvotason ja pieneni edelleen 12.6. (21 µg/m³). Tämän vuoksi Nuuskijalla 12.5. mitatut keskimäärin alle 1000 µg/m³ pölypitoisuudet eivät enää ylläpitäneet huonoa ilmanlaatua.

Koskikadulla ja Niemessä aloitettiin PM₁₀-pitoisuuksien mittaukset TEOM:lla kesäkuun alussa 2006. Kesäkuun aikana mitattiin raja-arvon numeroarvon ylityksiä Niemessä 5 ja Koskikadulla 4 päivänä. Arvoihin ovat kuitenkin vaikuttaneet Niemessä läheisen teollisuusalueen päästöt ja Koskikadulla viereisestä katutyöstä peräisin oleva pöly.

4.1.4 Riihimäki vuonna 2006

Riihimäki tuli projektiin Tampereen tavoin vasta myöhemmin keväällä, joten myös sieltä on puutteellisesti tietoja talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteistä. Mittauksia tehtiin yhteensä kolme. Ensimmäisellä mittauskerralla 26.4. oli suurin osa reitistä vähintäänkin mekaanisesti harjattu, osa kaduista oli myös imulakaistu ja pesty (kuva 13). Koska toimenpiteiden päivämääristä ei ole tietoa, nii-

den vaikutusta on tässä vaiheessa vaikea arvioida, sillä joissakin tapauksissa pitoisuudet saattavat jopa kohota välittömästi toimenpiteiden jälkeen. Tulosten tulkintaa mutkistaa lisäksi se, että reitin pohjoisilla alueilla (Kontiontie, Uramontie, Länsitie) on päällystämättömien sivukatuojen liittymiä, joista tulee hiekkaa reitin kaduille.



Kuva 13. Riihimäen katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt 26.4.-12.6.2006 sekä katujen kunnossapitotoimenpiteet ja sadetietoja. X-akselin päivämäärien jälkeen ilman PM10-pitoisuuden vuorokausikeskiarvoja Hämeenkadun mitta-asemalla.

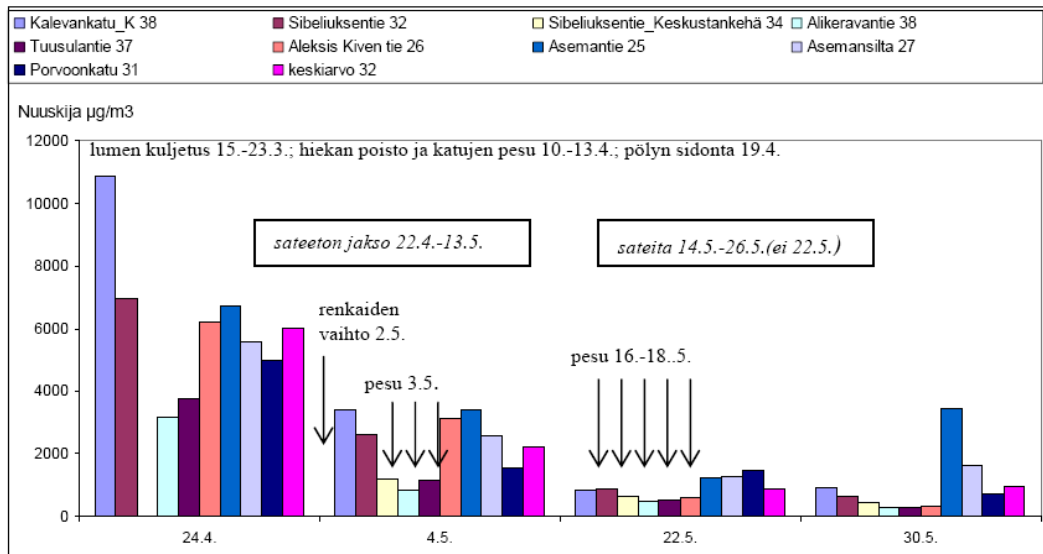
12.5. Riihimäen katupölypitoisuudet olivat huomattavasti alentuneet, mutta ne olivat selvästi korkeammalla kuin muissa kaupungeissa (kuva 13, liite 4). Sama tilanne säilyy koko kesän. Riihimäellä tehtiin mittaukset 12.6. ja 7.8., jolloin yksikään katu ei ollut kunnolla puhdas: alhaisimmat pitoisuudet mitattiin 12.5. $499 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 12.6. $502 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja 7.8. $506 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kun esimerkiksi Vantaa koko reitin keskiarvo 30.5. oli $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Syynä tähän voi olla edellä mainittu hiekan kulkeutuminen sivukaduilta. Hiekkaa on ilmeisesti kulkeutunut kaduille myös koko kevään ja kesän ajan Keskuskadulla käynnissä olleen rakennustyömaan sekä Välikadun ja Kauppakujan katutyömaan vaikutuksesta.

On myös mahdollista, että Riihimäen talvikunnossapidon toimenpiteillä on vaikutusta katupölypitoisuuksiin. Kaupungissa ei käytetä liukkaudentorjunnassa lainkaan suolaa, vaan se hoidetaan pääosin pesemättömällä 3-6 mm:n sepelillä. Pesemätön murske sisältää yleensä runsaasti myös hienojakoisempaa ainesta, mikä lisää tuntuvasti katupölyn määrää. Riihimäellä 0,6 mm hiekoitus-hiekkaa pyritään käyttämään pelkästään vesikaljakeleillä ja joskus myös sorakaduilla. Tällainen hiekoitusmateriaali tuottaa runsaasti katupölyä.

Riihimäellä havaittiin (samoin kuin muuallakin), että liikennevaloihin tullessa ja niistä lähdettäessä katupölypitoisuudet muuttuvat "normaaliin" ajoon verrattuna. Tämä johtuu ajonopeuden ja ajotavan vaikutuksista, sillä esimerkiksi risteyksestä lähdettäessä tapahtuu kiihdytys, jolloin auton rengas kohdistuu voimakkaammin kadun pintaan ja nostaa siitä enemmän pölyä.

4.1.5 Kerava vuonna 2006

Kerava tuli mukaan pääkaupunkiseudun mittauskierrokseen 24.4. ja siellä tehtiin 4 mittausarjaa. Koko reitin kaduilta oli hiekat poistettu ja kadut pesty 13.4. mennessä eli aikaisemmin kuin millään muulla reitillä. Tästä huolimatta Keravalla mitattiin vielä 24.4. suhteellisen korkeita pitoisuuksia (kuva 14 ja Liite 5). Korkeimmat pölypitoisuudet mitattiin Kalevankadulla ja Sibeliuksen tiellä, joilla likaisuuden on todennäköisesti aiheuttanut viherkaistojen siivoustyöt, joista multamaista ainesta on päässyt kadulle. Vaikka osalla reittiä tehtiin vielä katujen pesua 3.5. ja 16.-18.5. (sekä 31.5. ja 19.6.), katujen pölypitoisuudet olivat vielä 22.5. ($873 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja 30.5. ($965 \mu\text{g}/\text{m}^3$) varsin korkeita varsinkin Vantaaseen (238 ja $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattuna.



Kuva 14. Keravan katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt 24.4.-30.5.2006 sekä katujen kunnossapitotoimenpiteet ja sadetietoja. Kadunnimen perässä keskimääräiset ajonopeudet (km/t).

Keravan pölypitoisuuksien keskiarvoa nostivat erityisesti 30.5. Asemantien ja Asemansillan korkeat arvot, jotka ilmeisesti johtuivat osittain Paasikivenkadun katuremontista, josta kaivumaita kuljetettiin Asemantien kautta. 22.5 myös Porvoonkadun PM_{10} -pitoisuudet olivat melko suuret, mihin saattoivat vaikuttaa läheiset kaapelityöt. Mittauskauden alussa selvästi likaisin katu reitillä oli Kalevankatu. On mahdollista, että Keravalla hiekkaa kulkeutuu Riihimäen tapaan päällystämättömiltä parkkipaikoilta ja piha-alueilta.

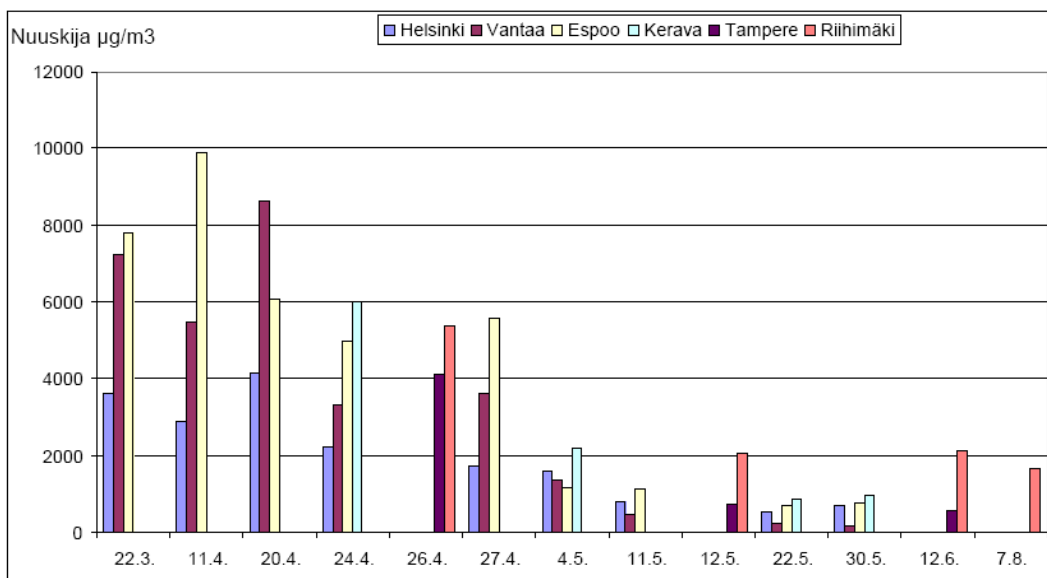
YTV:llä oli vuonna 2005 siirrettävä ilmanlaadun mittausasema Keravalla vilkkaasti liikennöidyn Keskustan Kehän varrella torin kupeessa. Asemalla mitattiin 29 kpl hengitettävien hiukkasten raja-arvon numeroarvon ylityksiä. Vuodelta 2006 ei ilman hiukkaspitoisuuksia ole Keravalla mitattu.

4.1.6 Reittikohtainen vertailu vuonna 2006

Eri kaupunkien reiteissä on monenlaisia eroja. Riihimäki ja Kerava ovat pieniä kaupunkeja, minkä vuoksi reittien liikennemäärät ovat vähäisempiä, kaupunkirakenne pientalovaltaisempaa jne. Tällaisetkin tekijät on syytä ottaa huomioon reittien tulosten vertailussa.

Edellä on jo tehty kaupunkien tutkimustulosten vertailua. Kuvaan 15 on koottu kaupunkikohtaiset Nuuskijalla mitatut katupölypäästöjen keskiarvot kokonaiskäsitelmän hahmottamiseksi. Tässä on laskelmat tehty kunkin kaupungin katujen keskiarvojen keskiarvona. Jos koko kaupungin aineisto käsiteltäisiin yhtenä kokonaisuutena, keskiarvo poikkeaisi edellisestä sellaisissa tapauksissa, joissa jokin erikoisen pitkän tai erikoisen lyhyen kadun keskiarvo on poikkeuksellisen korkea tai alhainen. Tällainen virhe vääristää erityisesti Espoon tuloksia toukokuussa Lepävaarankadun korkeiden pitoisuuksien vuoksi.

Tässä puhutaan ennen kaikkea reittikohtaisesta vertailusta sen vuoksi, että eri kaupunkien reitit eivät kuvasta kunkin kaupungin kokonaisuutta samalla tavalla. Tampereella, Riihimäellä ja Keravalla reitit kattavat melko hyvin kaupunkien keskeisiä alueita. Helsingissä keskusta-alueet sisältyvät hyvin reitin piiriin. Sen sijaan Vantaalla ja Espoossa, joissa kaupunkirakenne on hajanaisempi, reitit kattavat vain tietyn osan kaupungista.



Kuva 15. Helsingin, Vantaan, Espoo, Keravan, Tampereen ja Riihimäen Nuuskijalla mitattujen katupölypäästöjen keskiarvojen vertailu kevään 2006 aikana.

Helsingin tulokset suhteessa muihin kaupunkeihin ovat mielenkiintoiset, koska pölymäärät alkukevään aikana ovat olleet suhteellisen alhaiset. Kuitenkin loppukeväällä on keskiarvo säilynyt suhteellisen korkeana, mutta tilanne on ollut kaksijakoinen sikäli, että osa kaduista on ollut hyvinkin puhtaita ja osa likaisia.

Vertailtaessa kuvaa 15 sekä liitteissä olevia katukohtaisia tuloksia havaitaan, että Vantaa puhdistui hyvin. Vantaan muita kaupunkeja selvästi parempi tulos johtuu Vantaan oman arvion (ylitiemestari Jorma Ranta, Maankäytön ja ympäristön toimiala) mukaan siitä, että Vantaan kaupunki puhdistaa itse samaan aikaan sekä

ajoradat että jalkakäytävät ja pyörätiet. Muissa kaupungeissa kiinteistöjen hoitama jalkakäytävien puhdistus on kontrolloimatonta ja paikoin erittäin epätydyttävää.

Espoo puhdistui Vantaata myöhemmin ja näyttää pysyvän Vantaata likaisempaan, mikä johtuu pääosin Leppävaarankadusta. Riihimäki pysyi melko likaisena koko kesän, varsinkin reitin pohjoisosa. Tampere puhdistui joiltakin osin, mutta osa kaduista jäi vähän likaiseksi. Keravalla merkittävä osa reitistä pysyi lievästi likaisena.

4.2 Vuoden 2007 kaupunkikohtaiset tulokset

4.2.1 Vantaa vuonna 2007

Vantaa oli edellisvuoden tapaan pölykauden alussa suhteellisen likainen verrattuna Helsinkiin ja Espooseen, mutta puhdistui lopulta hyvin (vertailu kuvassa 45, Vantaan tulokset tarkemmin liitteessä 7). Tämä korostaa edelleen talvikauden toimenpiteiden merkitystä. Vantaan kaduilla saavutettu hyvä puhtaus arvioitiin vuonna 2006 johtuvaksi siitä, että jalkakäytävät ja kevyen liikenteen väylät puhdistetaan samanaikaisesti ajoratojen kanssa – toisin kuin esimerkiksi Helsingissä. Näin ollen puhdistamattomat jalkakäytävät eivät enää tuota kaduille pölyä.

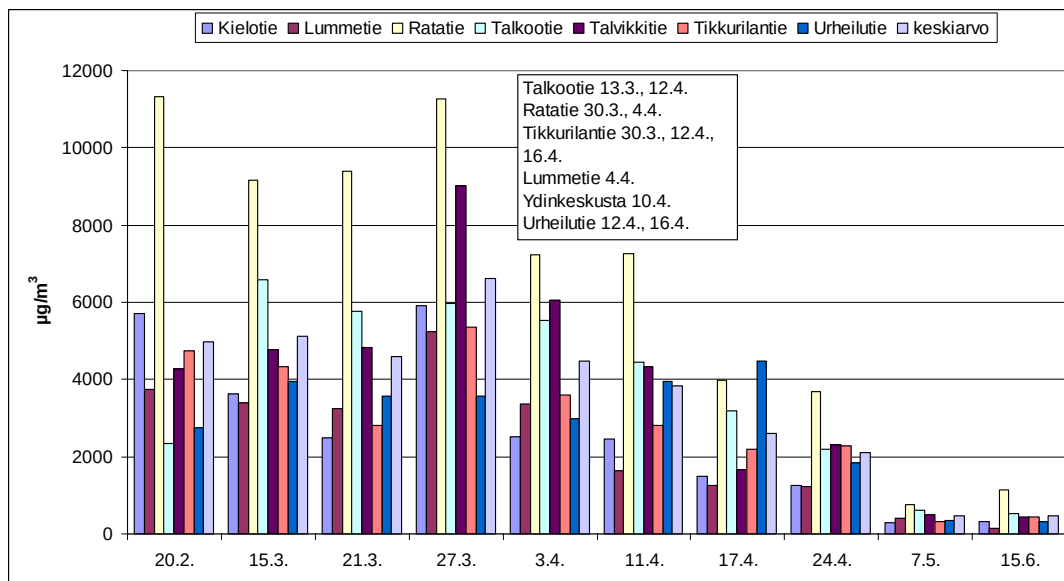
11.9.2007 tehty Nuuskijan mittauskierros pääkaupunkiseudulla osoitti, että Vantaan kadut olivat silloinkin muuta pääkaupunkiseutua puhtaampia (taulukko 1). Mittausta edelsivät varsin runsaat sateet ja kadut olivat muutenkin puhtaan näköiset, vaikkei niitä puhdistettu. Syytä Vantaan parempaan puhtaustasoon etsittiin päällysteen erilaisuudesta.

Taulukko 1. Nuuskijalla mitattuja PM₁₀-keskiarvopitoisuuksia 11.9.2007 (µg/m³).

Mittauspaikka	Pitoisuus (µg/m ³)
Helsinki	490
Espoo	868*
Vantaa	323
Suutarila	912

*Leppävaarankatu nostaa Espoon keskiarvoa.

VIEME-projektissa on mitattu hiljaisilla päällysteillä alhaisempia pölypitoisuuksia kuin niiden vertailupäällysteillä (H. Tervahattu, suullinen ilmoitus). Tämän oletetaan johtuvan hiljaisten päällysteiden tasaisemmasta pinnasta, minkä vuoksi niillä on vähemmän pölyn kertymistä lisäävää pienikokoista kuoppaisuutta. Tasaisempi pinta puolestaan johtuu asfaltin teossa käytetystä pienirakeisemmasta kivimurskeesta, joka hiljaisilla päällysteillä on yleisesti 8 mm ja normaaleilla päällysteillä kaupunkiolosuhteissa 16 tai 20 mm. Helsingin reitin päällysteet ovat tyypejä AB16, AB20, SMA16 ja SMA18 (lisäksi nupukiveystä). Sen sijaan Vantaan reitin päällysteenä on melkein koko matkalla SMA11, mitä käytetään vaimentamaan liikennemelua, joten se on siinä suhteessa lähellä hiljaisia päällysteitä.

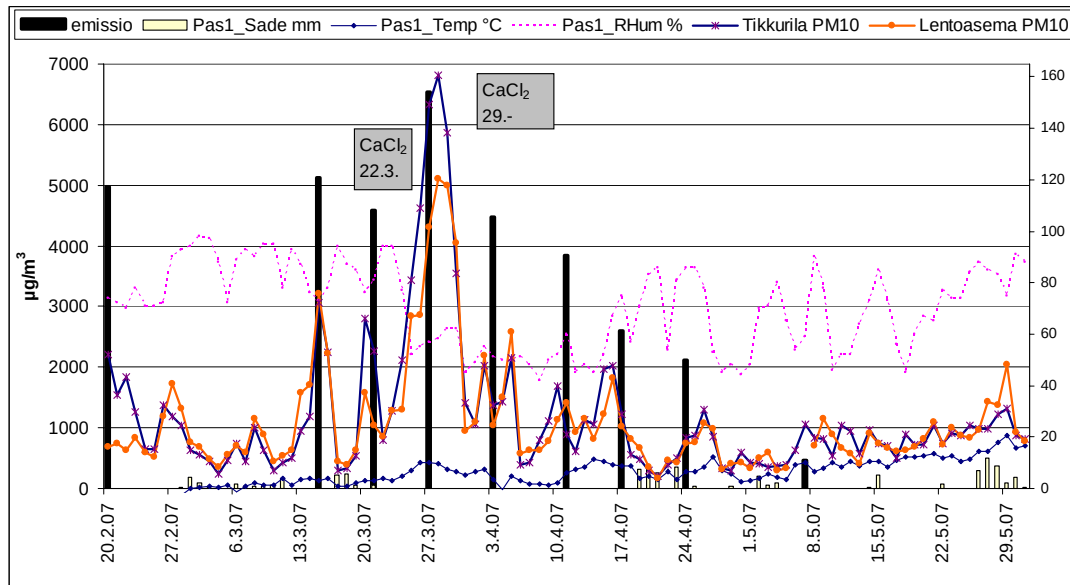


Kuva 16. Vantaan reitin Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt ja puhdistuspäivät eri ka-tuosiuksilla keväällä 2007.

Tasaisempi päällysteen pinta saattaisi siis osaltaan selittää Vantaan reitin katujen poikkeuksellisen puhtauden muulloin kuin kevätpölyaikaan. Mikäli tämä oletamus saa vahvistusta lisätutkimuksista, sillä saattaa olla merkitystä katupölyongelman kannalta. Tosin on oletettu, että myös AB-päällysteet pysyvät vähemmän rosoisi-na kuin SMA-päällysteet, mutta Helsingin reitillä AB-päällysteitä on varsin vähän (kuva 32).

Nuuskijalla mitatut katupölyn emissiot pysyivät verraten korkeana pitemmälle huhtikuulle siten, että 11.4. mitattiin koko kaupungin keskiarvoksi $3840 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tosin Tikkurilan mittausaseman pitoisuuksiin eniten vaikuttavalla Tikkurilantiellä keskiarvo oli $2805 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On siten ilmeistä, että kaduilla oli vielä huhtikuun alun jälkeen melkoisesti pölyä, mutta kalsiumkloridi pidätti sen nousua ilmaan ja siten paransi ilman laatua.

Vantaalla kalsiumkloridin käsittelyn vaikutukset ilmanlaatuun näkyivät selvästi. Tulosten arvioimista helpottaa se, että molemmat kastelut (kuva 17) tehtiin sa-teettomina aikoina. 22.3. tehdyn käsittelyn seurauksena YTV:n mittausasemilla (Tikkurila ja Lentoasema) PM_{10} -pitoisuudet alenivat suuresti. Vaikutus jäi kuiten-kin lyhytaikaiseksi, koska elettiin pahinta pölyvaihetta ja ilman suhteellinen koste-us oli alhainen. Käsittelyn toisto 29.–30.3. sen sijaan sai aikaan pitkävaikuttei-semman tuloksen. Pölyn sitominen kalsiumkloridilla yhdessä puhdistustoimenpi-teiden kanssa johti Vantaalla sikäli erinomaiseen tulokseen, että huhtikuussa mitattiin PM_{10} -raja-arvotason ylityksiä vain kaksi kertaa kuukauden alussa (2.4. ja 5.4.)!

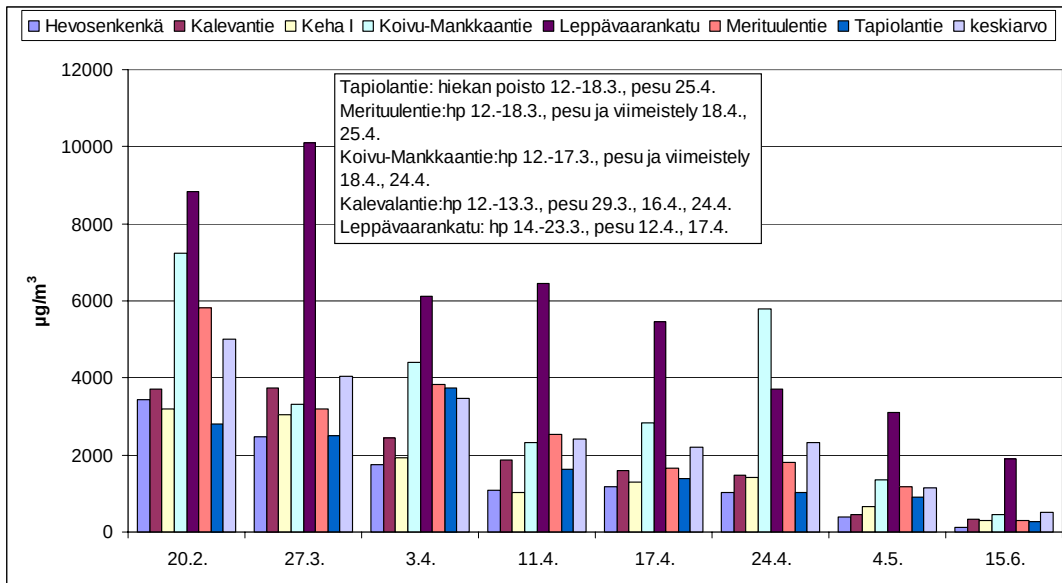


Kuva 17. Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt, kalsiumkloridikäsittelyt, lämpötila, sademäärät ja ilman suhteellinen kosteus Vantaalla keväällä 2007.

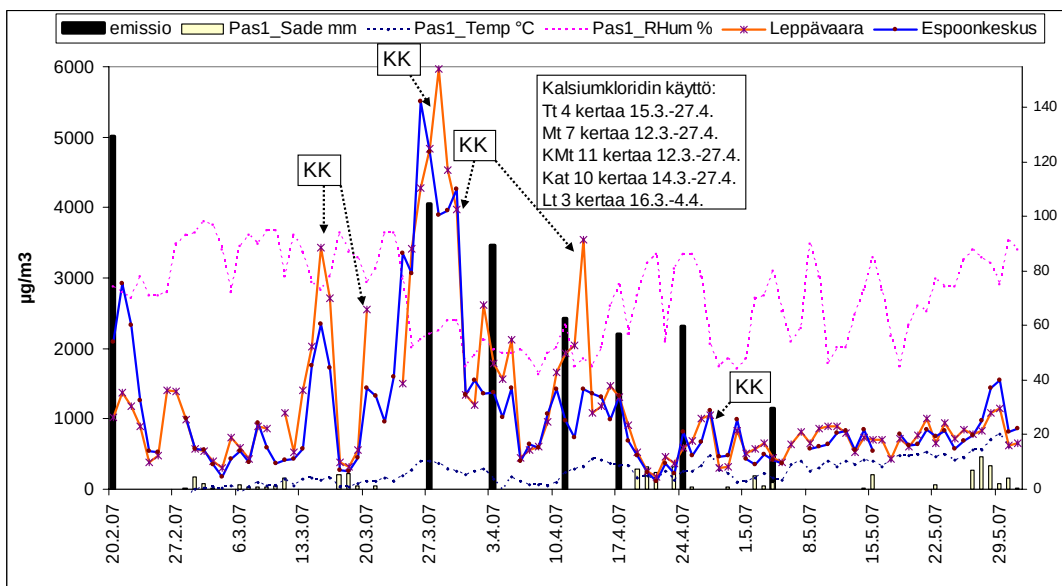
Vantaalla tehtiin kevään 2007 aikana kokeiluja, joissa pyrittiin parantamaan katu-
jen puhdistustulosta pesuaineen avulla. Nämä tutkimukset on raportoitu osassa
4.2.9.

4.2.2 Espoo vuonna 2007

Talven 2007 aikana liukkautta oli Espoossa normaalia enemmän. Liukkauden
torjuntaan käytettiin hiekoitussepeä noin 40 000 tonnia, mikä on noin 25 % kes-
kimääräistä enemmän. Lähtökohta pölyntorjuntaan oli tältä osin epäedullinen.
Puhdistustyöt lähtivät kuitenkin käyntiin jo 12.3.. Kevään suotuisat olosuhteet
käytettiin hyvin, joten hiekanpoisto oli reittikaduilta tehty jo 23.3. Tämän jälkeen
tehtiin pesua ja muuta puhdistuksen viimeistelyä vielä kuukauden ajan. Leppä-
vaarankatua lukuun ottamatta kadut saatiin hyvin puhtaiksi (kuva 18, liite 8).



Kuva 18. Espoon reitin katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt ja puhdistuspäivät keväällä 2007.



Kuva 19. Nuuskijalla mitatut pölyemissiot, kalsiumkloridikäsittelyt (kadun nimet lyhennetty kuvasta 18), lämpötila, sademäärät ja ilman suhteellinen kosteus Espoossa keväällä 2007.

Espoossa käytettiin kalsiumkloridia useita kertoja pölyn sidontaan, eniten Koivu-Mankkaantiella, jossa käsittely tehtiin peräti 11 päivänä. Käsittelyn vaikutukset näkyvät hyvin YTV:n PM_{10} -pitoisuuksien mittauksissa (kuva 19). Runsas kalsiumkloridin käyttö saattaa herättää epäilyksiä haitoista, joita mahdollisesti ovat autonosien ja tien pinnan korroosio, kemikaalien kuormitus vesistöihin sekä tien pinnan liukkaus. Seuraavasta katuylläpidonpäällikkö Vesa Valkeapään lausunnosta (11.9.2007) kuitenkin ilmenee, että pölyntorjunnan toteutukseen on kiinnitetty paljon huomiota: *"Pölyntorjunta tehtiin täsmäsuolauksena pääkatujen osilla, joilla arvioitiin suolauksesta kulloinkin olevan hyötyä. Liuoksen väkevyys oli noin 15 %. Liuosta levitettiin pääasiassa ajoradan viereen ajoradan reunaan, mihin*

hiekkä ja pöly enimmäkseen kertyvät. Työ tehtiin yleensä aikaisin aamulla, jotta liuos ehti ennen liikenteen vilkastumista sitoa pölyäviä aineksia. Kokeiltiin omalla "pajalla" kehiteltyjä, vain reuna-aluetta kastelevia suutinlaitteistoja. Kun kuiva kausi jatkui pitkään, jouduttiin pahimpia paikkoja käsittelemään useampaan kertaan.

Suolauksesta näytti selvästi olevan hyötyä pölyntorjunnassa emmekä tänä vuonna saaneet yhtään valitusta liukkaudesta tai muista suolahaitoista. Muutenkaan hiekanpoistosta ei tullut kovin paljon negatiivista palautetta. Päinvastoin, saatiin kiitosta oikeasta ajoituksesta ja tehokkuudesta enemmän kuin pitkään aikaan mistään muusta kunnossapitotoimenpiteestä."

Espoossa on kehitelty kalsiumkloridin levityslaitteistoa, joka edustaa sellaista teknologista kehitystä, johon KAPU-projektilla on pyrittykin (kuva 20). Tällaisella levityksellä voidaan välttää ajoradan liukkautta, käyttää riittävän väkevää liuosta ja toteuttaa pölyntorjuntaa tarvittaessa useammin kuin levittämällä koko ajoradalle.

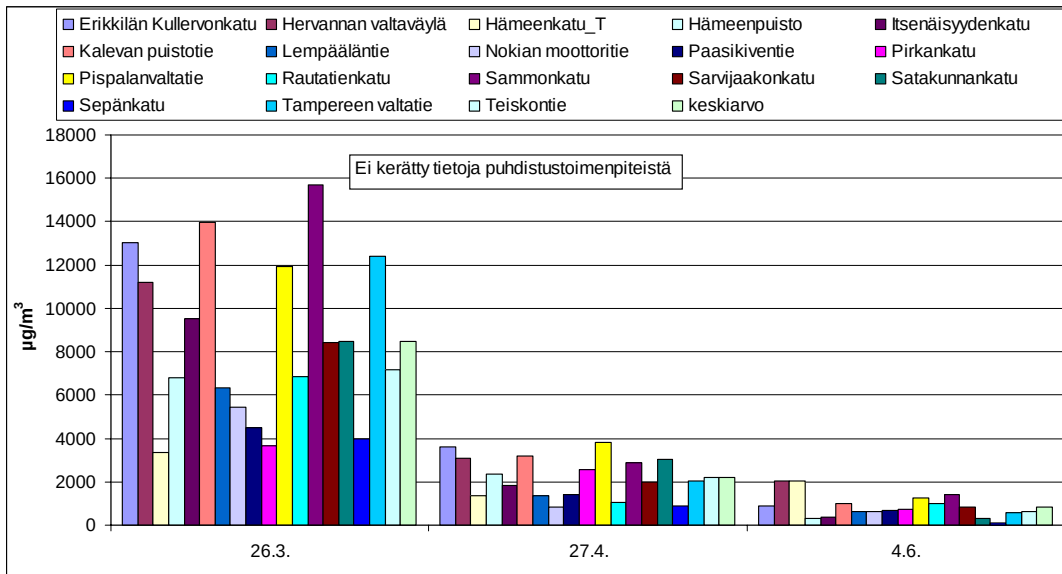


Kuva 20. Espoossa kehitelty kalsiumkloridin täsmälevitin. Tekijä Ari Molander, vanhempi hitsaaja, Espoon kaupunki.

4.2.3 Tampere vuonna 2007

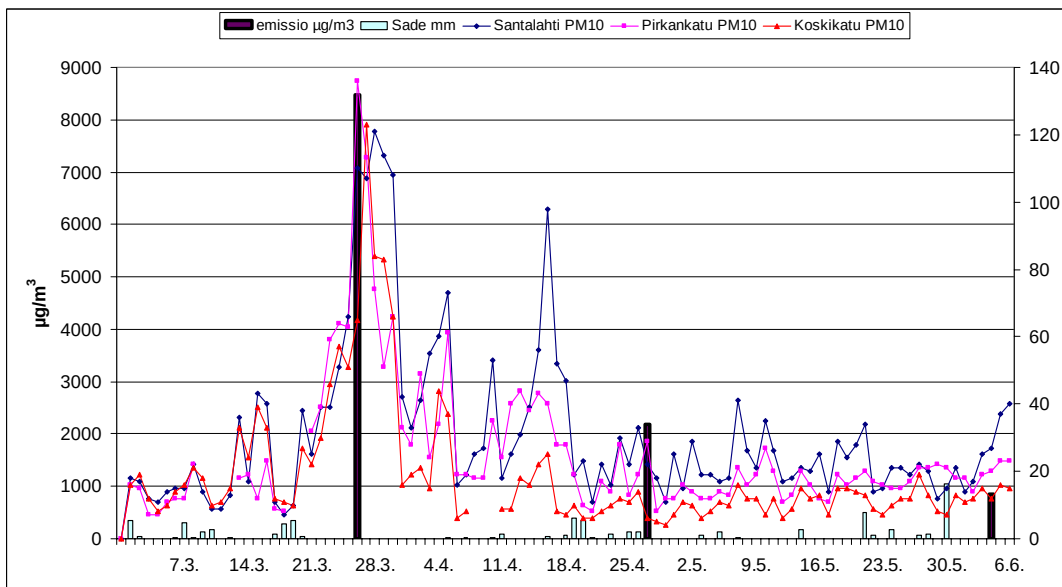
Tampereella tulos oli samankaltainen kuin vuonna 2006. Tosin ensimmäinen mittaus tuotti nyt selvästi korkeampia pitoisuuksia, mihin vaikutti sekä mittauksen ajoittuminen pahempaan pölyvaiheeseen että kitkarenkaiden käyttö. Suunnilleen samat kadut erottuivat likaisimpina molempina vuosina, esimerkiksi Sammonkatu oli kaikkein likaisin 26.3. (kuva 21, liite 9).

Tampereen kaupunki mittasi vuonna 2007 jatkuvatoimisesti hengitettävien hiukasten pitoisuuksia kolmessa paikassa, Santalahdessa, Pirkankadulla ja Koskikadulla, joista kaksi jälkimmäistä ovat keskustassa. Tulosten mukaan pölykauden huippu oli varhainen myös Tampereella (kuva 22). Huipun aikaan Tampereella oli lämpötilainversio (25.–30.3.2007). Pölykausi oli pääosin ohi jo huhtikuun alkaessa. Viimeinen raja-arvotason ylitys todettiin 17.4. Eniten ylityksiä mitattiin Santalahdessa (14). Siellä pölypäivien määrää voi jonkun verran nostaa mittausaseman vieressä oleva rakentamaton, savipinnalla oleva rinne.



Kuva 21. Tampereen reitin katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt keväällä 2007.

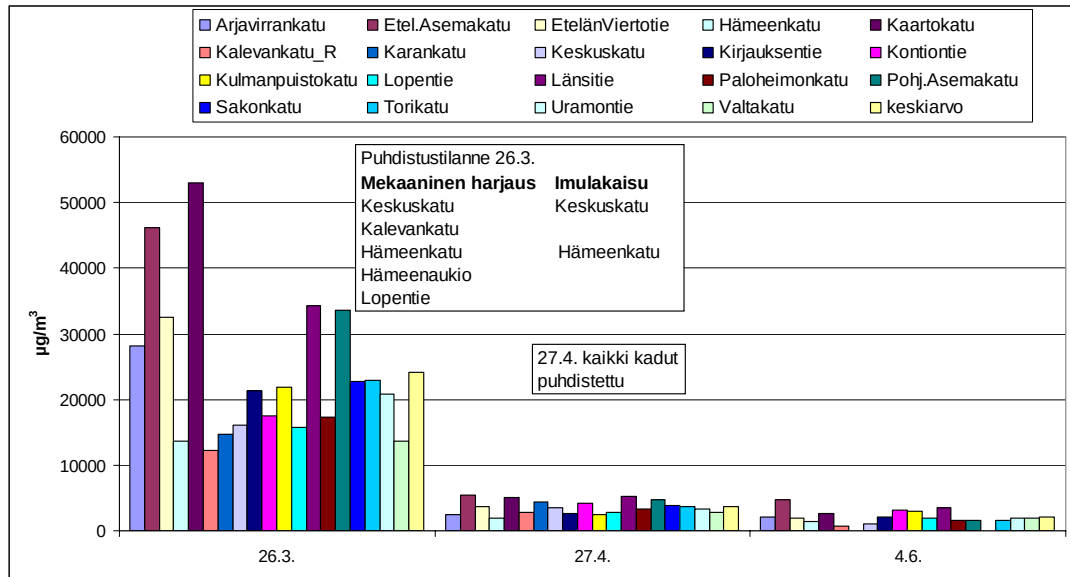
Katukohtaisista tuloksista kiinnittyy huomio Hämeenkatuun, jonka pölypitoisuuden olivat jokseenkin samalla tasolla sekä pölykauden alkaessa että kesäkuun alussa. Hämeenkatua on todennäköisesti keskeisenä katuna pidetty varsin lumetomana ja puhtaana talvellakin. Toisaalta sen nupukivipäällyste lienee syynä siihen, että se oli kesän alkaessa suhteellisen likainen.



Kuva 22. Nuuskijalla mitatut katupölyemissioiden, Tampereen kaupungin mittausasemien PM_{10} -pitoisuudet ja sademäärät keväällä 2007.

4.2.4 Riihimäki vuonna 2007

Riihimäellä mitattiin erittäin korkeat pitoisuudet 26.3. (kuva 23, Liite 10). Arvot olivat selvästi korkeimmat koko KAPU-projektin aikana. Kaartokadulla pitoisuus ylitti 50 000 µg/m³ ja koko reitin keskiarvo oli yli 24 000 µg/m³. Katujen kevätpuhdistus oli tuolloin juuri aloitettu ja käynnissä. Seuraavalla mittauskerralla 27.4. todettiin katujen huomattava puhdistuminen reitin keskiarvon ollessa noin 3 900 µg/m³.

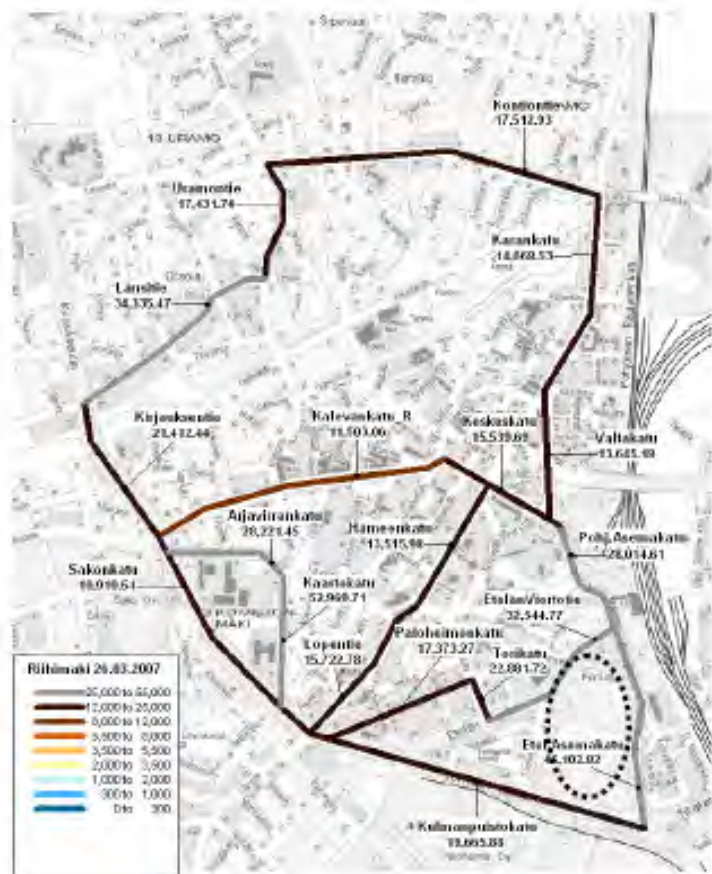


Kuva 23. Riihimäen reitin katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt ja puhdistustiedot keväällä 2007.

Etsittäessä syitä Riihimäen poikkeuksellisen korkeisiin pitoisuuksiin todettakoon, että myös vuonna 2006 siellä havaittiin muita kaupunkeja suurempia pölyarvoja. Silloin arvioitiin, että varsinkin alueen luoteis-pohjoisosassa reittikatuihin liittyviltä päällystämättömiltä kaduilta tulee pölyävää materiaalia, minkä vuoksi myös kesällä mitattiin korkeita pitoisuuksia.

Yhtenä syynä korkeisiin pölypitoisuuksiin pidettiin sitäkin, että Riihimäellä ei talviajan liukkauden torjuntaan käytetä lainkaan suolausta, ja vuonna 2006 käytettiin hiekoitusmateriaalia, jossa oli runsaasti hienojakoista pölyävää ainesta. Se vaihdettiin vuonna 2007 1–5 mm:n vesiseulottuun sepeliin, jonka oletettiin vähentävän pölyämistä. Näin ei kuitenkaan käynyt, koska muut tekijät muuttivat tilanteen paljon pahemmaksi. Näistä tekijöistä ympäristösihteeri Markku Kyöstilä (kirjallinen lausunto 7.9.2007) pitää tärkeimpinä lukuisia rakennuskohteita, mm. koko Jokikylän kortteli (reitin kaakkoiskulmassa, kuva 24) ja Et. Asemakadun kaukolämpötyömaa. Et. Asemakadun ja rautatien välissä olevien pysäköintialueiden rakennustyömaiden lisäksi reitillä on muitakin tavanomaisempia rakennustyömaita. Kaartokadun erittäin korkeisiin pitoisuuksiin on saattanut olla osasyynä paikallisesti tehostettu hiekoitus Hämeen ammattikorkeakoulun Riihimäen yksikön piha- ja pysäköintialueilla. Ilmeisesti samasta syystä Kaartokatu erottautui likaisena myös keväällä 2006 (26.4.).

On kuitenkin huomattava, että keskeiset rakennustyöt olivat käynnissä myös 27.4.2007, jolloin pölypitoisuudet oli puhdistuksella saatu vähenemään murto-osaan kuukautta edeltävistä arvoista (kuva 23). Riihimäellä saavutettiin kevään 2007 lopulla edellisvuotta selvästi parempi puhdistustulos, kun otetaan huomioon, että mittaus tapahtui v. 2007 kitkarenkailla ja 2006 kesärenkailla.



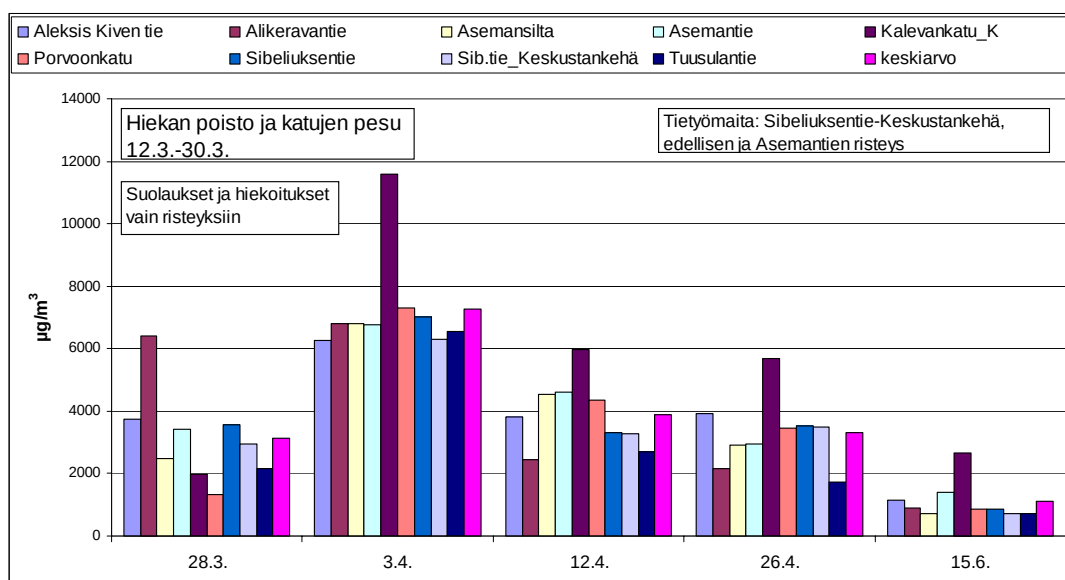
Kuva 24. Nuuskijalla mitatut Riihimäen katujen pölypitoisuudet 26.3.2007. Katkoviivarennalla on merkitty korttelialue, jolla eniten likaisuutta aiheuttavia töitä.

Riihimäen tilanteesta voi päätellä, että talven ja alkukevään toimenpiteet ovat olleet riittämättömiä katupölyn kannalta. Työmaiden vaikutuspiirissä olevien katuja ei ole pystytty puhdistamaan. Tätä johtopäätöstä tukee sekin, että Keravan keskustassa on vastaavana aikana ollut myös useita merkittäviä rakennuskohteita, mutta siellä eivät lähikadut ole olleet muita likaisempia tehokkaan puhdistuksen ansiosta (kuva 26). Riihimäellä on myös vakavasti harkittava pelkän hiekoituksen korvaamista monipuolisemmalla liukkaudentorjunnalla.

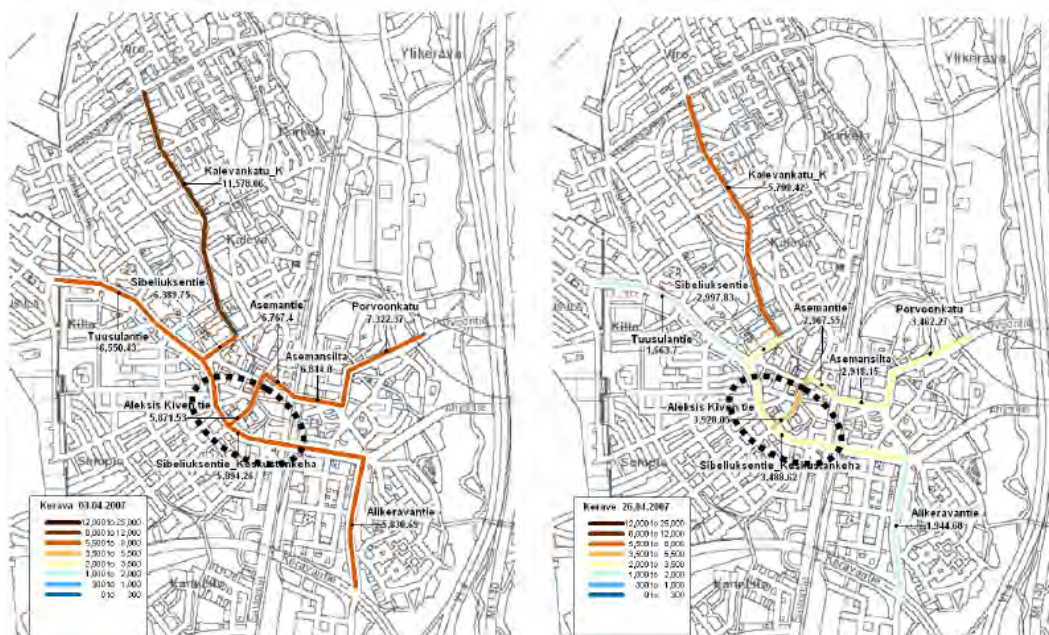
4.2.5 Kerava vuonna 2007

Myös Keravan tulokset ovat samankaltaiset kuin vuonna 2006. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Nuuskijalla 3.4., jolloin hiekan poisto ja katujen pesu oli jo tehty (kuva 25, liite 11). Kalevankatu näyttäyty jälleen muita katuosuuksia likaisempana. Sen sijaan keskustan lukuisat työmaat eivät ole aiheuttaneet keskustan kaduille suurempaa likaisuutta, vaikka niillä on liikkunut paljon työmaaliikennettä mukaan lukien maansiirtoautot. Työraporttien mukaan tämän alueen katujen harjauksia on tehty päivittäin ja pesuja kaksi kertaa viikossa. Tämä näyttää olleen riittävä pitämään työmaiden aiheuttama katujen likaantuminen kurissa.

Viimevuotiseen tapaan Keravan reitti ei kuitenkaan puhdistunut kovin hyvin, vaan vielä 15.6. esiintyi jonkin verran likaisuutta, varsinkin Kalevankadulla. On oletettavissa, että alueelle tulee hiekkapitoista ainesta päällystämättömiltä pinnoilta kuten pihoilta ja pysäköintialueilta.



Kuva 25. Keravan reitin katujen Nuuskijalla mitatut katupölypäästöt ja puhdistustiedot keväällä 2007. Lisätietoja toimenpiteistä: Lumenkuljetus 6–8.3. Hiekanpoisto 12.3–28.3, Katujen pesu 12.3–30.3, Katujen pesu myös 4.4.–25.4 (Kalevankatu ja Sibeliuksen tie 4.4 ja 25.4. Aleksis Kiven tie, Asemantie, Asemansilta ja Porvoonkatu 4.4. ja 24.4).

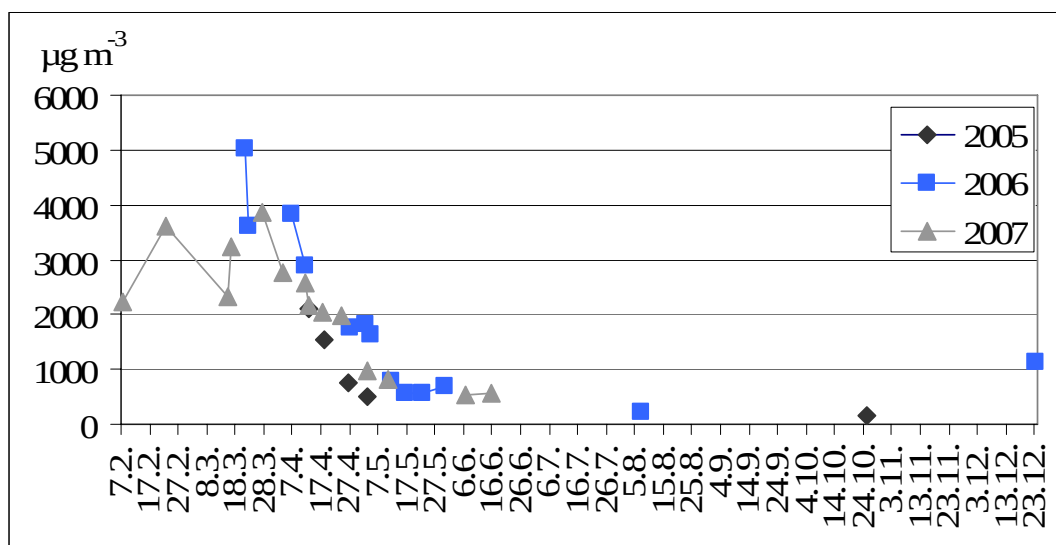


Kuva 26. Nuuskijalla mitatut Keravan katujen pölypitoisuudet 3.4. ja 26.4.2007. Katkoviivarenkaalla on merkitty korttelialue, jolla eniten likaisuutta aiheuttavia töitä.

4.2.6 Helsingin tulokset vuosina 2006 ja 2007

KAPU-projektissa mitattiin Nuuskijalla Helsinki-reitin katupölyn PM_{10} -päästötasot vuosina 2006 ja 2007 yhteensä 30 päivänä. Lisäksi aikaisemman VIPEN-projektin 5 päivän mittaustulokset vuodelta 2005 ovat olleet käytössä. Kuvassa 27 on esitetty Nuuskijan mittaamat keskimääräiset päästötasot Helsinki-reitin mittauspäivinä vuosina 2005, 2006 ja 2007. Vuodet eivät suoraan ole täysin vertailukelpoisia, sillä reittiä muutettiin 2006, ja mittarengas on ollut eri vuosina erilainen, mutta yleiskehityksen kuvaamiseen kuva 27 soveltuu hyvin.

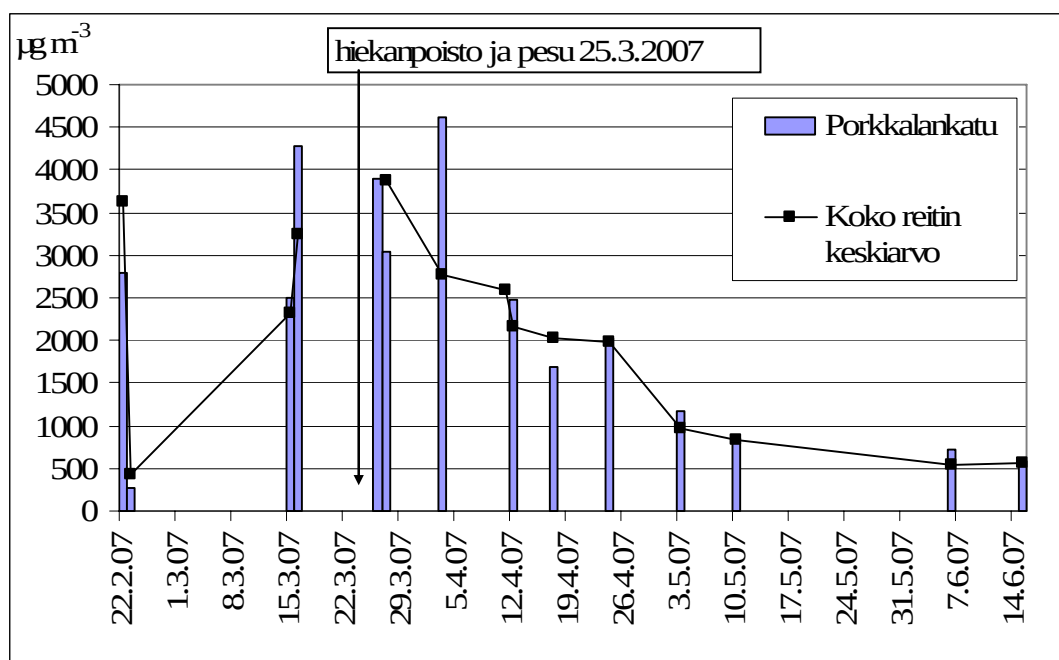
Korkeimmat päästötasot Helsinki-reitin kaduilla on havaittu maaliskuun vaihteessa (kuva 27). Huhtikuun aikana päästöt alkavat vähetä. Vähenemiskehityksessä on vuosien välillä eroja, mikä johtuu erilaisista kevätoloista ja eroista puhdistustoimenpiteiden ajankohdissa. Esimerkiksi vuonna 2006 päästötasot laskivat myöhemmin kuin vuosina 2005 ja 2007. Päästöt asettuvat toukokuun aikana kesäiselle tasolle ja ovat loppukesällä alhaisimmillaan. Vuodenvaihteen tienoilla päästötaso on jo hiukan kohonnut, joskaan ei lähellekään huippulukemia. Vasta helmikuun aikana päästöt nousevat selvästi kohti maaliskuun lopun huippua. Koko reitin Nuuskijan mittaamien pitoisuuksien keskiarvona korkein päästötaso on ollut maaliskuussa noin $5\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alhaisimmillaan pitoisuus on kesällä ja syksyllä noin $200\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kevätpölykauden lopussa (toukokuulla) pitoisuustaso on noin $500\text{--}600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mittarenkaalla on jonkin verran vaikutusta pitoisuustasoihin.



Kuva 27. Nuuskijan mittaamat keskimääräiset päästötasot vuoden mittaan Helsinki-reitillä 2005, 2006 ja 2007.

Katukohtaiset keskimääräiset pitoisuudet ovat vaihdelleet paljon. Korkein päästö-taso havaittiin maaliskuun lopulla 2006 Aleksanterinkadulla, 16 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aleksanterinkatu on kaikkina mittauspäivinä läpi vuoden ollut selvästi keskimääräistä korkeammalla tasolla ja se ei ole missään vaiheessa puhdistunut yhtä alhaiselle tasolle kuin muut kadut. Aleksanterinkadun kesäaikaiset päästötasot ovat olleet 1 000–2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mahdollisia syitä Aleksanterinkadun pölyisyydelle ovat: Aleksanterinkatu on lämmitetty katu, jolla ei tehdä puhdistusta samassa mitassa kuin muilla kaduilla; ajorata on yhteinen raitiovaunuille ja autoille; kyseessä on katu-kuilu, joten pöly ei pääse leviämään tehokkaasti pois; Aleksanterinkadulla on nu-pukivipäällyste, joka on pölyisempi kuin muut päällysteet. Helsinki-reitillä olevat muut katukuilut (Hämeentie, Runeberginkatu, osa Mannerheimintietä sekä Unio-ninkatu) eivät ole poikenneet keskimääräisestä päästötasosta.

Porkkalankadulla tehtiin vuonna 2007 kokeilu, jossa talviaikainen hiekoitus kor-vattiin suolauksella. Nuuskijan mittausten perusteella Porkkalankadun päästö-taso on ollut koko reitin keskimääräisellä tasolla (kuva 28). Porkkalankatu lisättiin Nuuskijan reittiin vuodeksi 2007 ja näin ollen tällä hetkellä ei ole tiedossa, mikä päästö-taso olisi ollut jos hiekoitusta olisi käytetty normaaliin tapaan. KAPU-projektissa saatujen tulosten perusteella on oletettavaa, että yhden kadun toi-menpiteiden muuttaminen ei välttämättä riitä niiden vaikuttavuuden arviointiin vaan tarkastelu ja toimenpiteiden muutokset täytyy ulottaa laajemmille alueille.

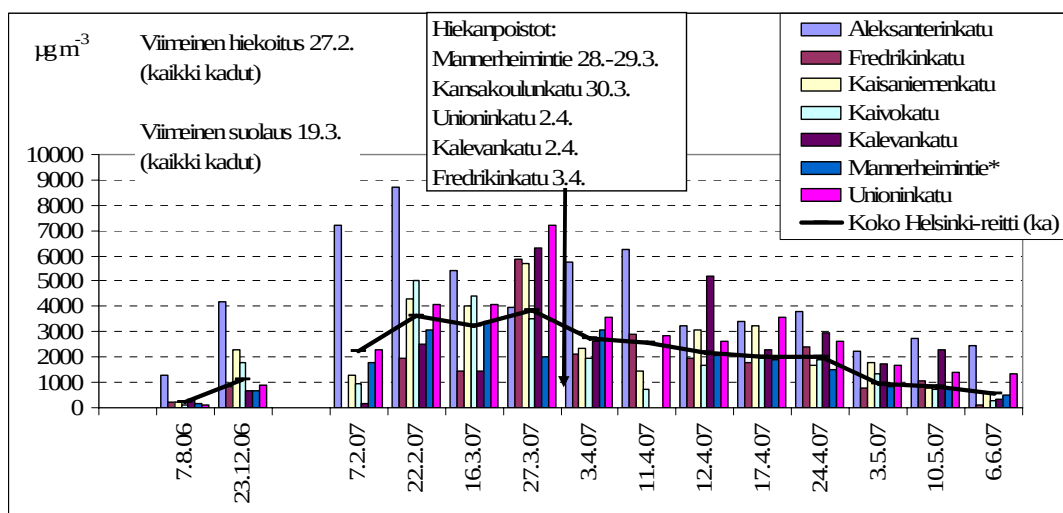


Kuva 28. Nuuskijan mitaamat päästötasot Porkkalankadulla sekä koko Helsingin reitillä keskimäärin vuonna 2007.

4.2.6.1 Katukohtaiset päästötasot ja talvikunnossapito 2007

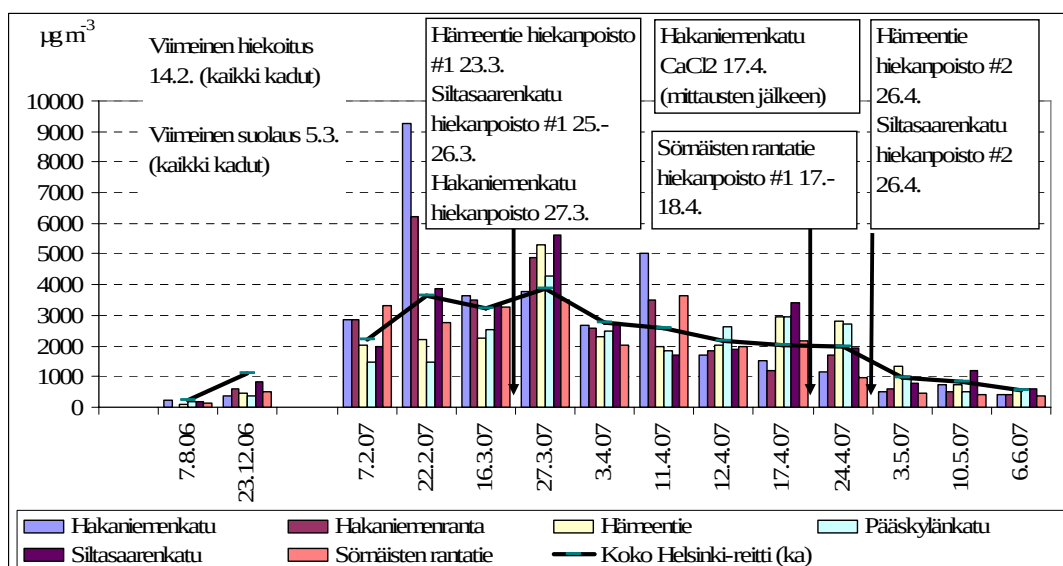
Tässä luvussa käsitellään Nuuskijan mitaamia katukohtaisia keskimääräisiä pitoisuustasoja ja esitellään talvikunnossapidon toimenpiteiden ajoittumista kevätkaudella 2007. Toimenpiteiden tehokkuutta on tarkasteltu tarkemmin erikseen omissa luvuissaan.

Kuvassa 29 on esitetty Nuuskijan mitaamat pitoisuustasot ja toimenpiteiden ajoittuminen keväällä 2007 keskustan alueella. Useat alueen kaduista ovat olleet koko Helsinki-reitin keskimääräistä tasoa korkeammalla. Kaisaniemenkadun katu-kuilu ja Unioninkatu ovat olleet vuoden 2006 tapaan myös 2007 keskimääräistä korkeammalla tasolla, samoin kuin Aleksanterinkatu, jolla havaittiin helmikuun 22. päivä alueen kaduista korkein pitoisuustaso, noin $8\,500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tämä on kuitenkin selvästi alhaisempi kuin vuonna 2006 havaittu $16\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoden 2007 aineistossa myös Kalevankadulla on havaittu ajoittain korkeita päästöjä. Hiekanpoisto tehtiin alueen kaduilla nopeasti maaliskuun vaihteessa. Aleksanterinkadulla ei merkintöjen mukaan kevätpuhdistusta tehty ja sen pitoisuustaso on vielä 6.6. ollut selvästi keskimääräistä korkeampi (yli $2\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$).



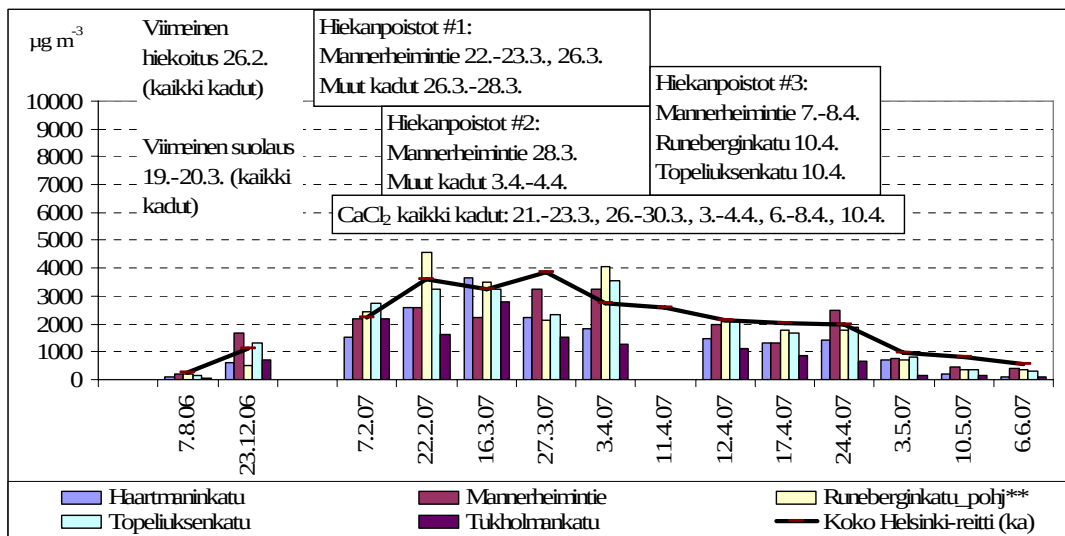
Kuva 29. Nuuskijan mitaamat pitoisuustasot ja toimenpiteiden ajoittuminen vuonna 2007 Keskustan alueen kaduilla.

Nuuskijan ajaman reitin itäisen lenkin katujen päästötasot ja puhdistusajankohdat on esitetty kuvassa 30. Usealla kadulla on ollut koko Helsinki-reitin keskimääräistä tasoa alhaisempia päästöjä. Esimerkiksi Pääskylänkatu ja Sörnäisten rantatie, joilla vuonna 2006 rakennustöiden vuoksi havaittiin muita korkeampia päästöjä, erityisesti loppukeväästä, eivät vuonna 2007 eronneet merkittävästi keskimääräisestä. Kuitenkin vuoden 2007 Helsinki-reitin korkein päästötaso, yli 9 000 $\mu\text{g m}^{-3}$, havaittiin Hakaniemenkadulla, jonka päästötaso oli myös 11.4. selvästi keskimääräistä korkeammalla. Hakaniemenkadun ja Hakaniemenrannan ympäristössä on tehty päällystys- ja rakennustöitä, mikä osaltaan voi selittää joinakin päivinä havaittuja keskimääräistä korkeampia päästötasoja. Hiekanpoistot ajoittuivat maaliskuun lopulle ja huhtikuulle. Hämeentiellä ja Siltasaarenkadulla kevätpuhdistus uusittiin huhtikuun lopulla.



Kuva 30. Nuuskijan mitaamat pitoisuustasot ja toimenpiteiden ajoittuminen vuonna 2007 itäisen alueen kaduilla.

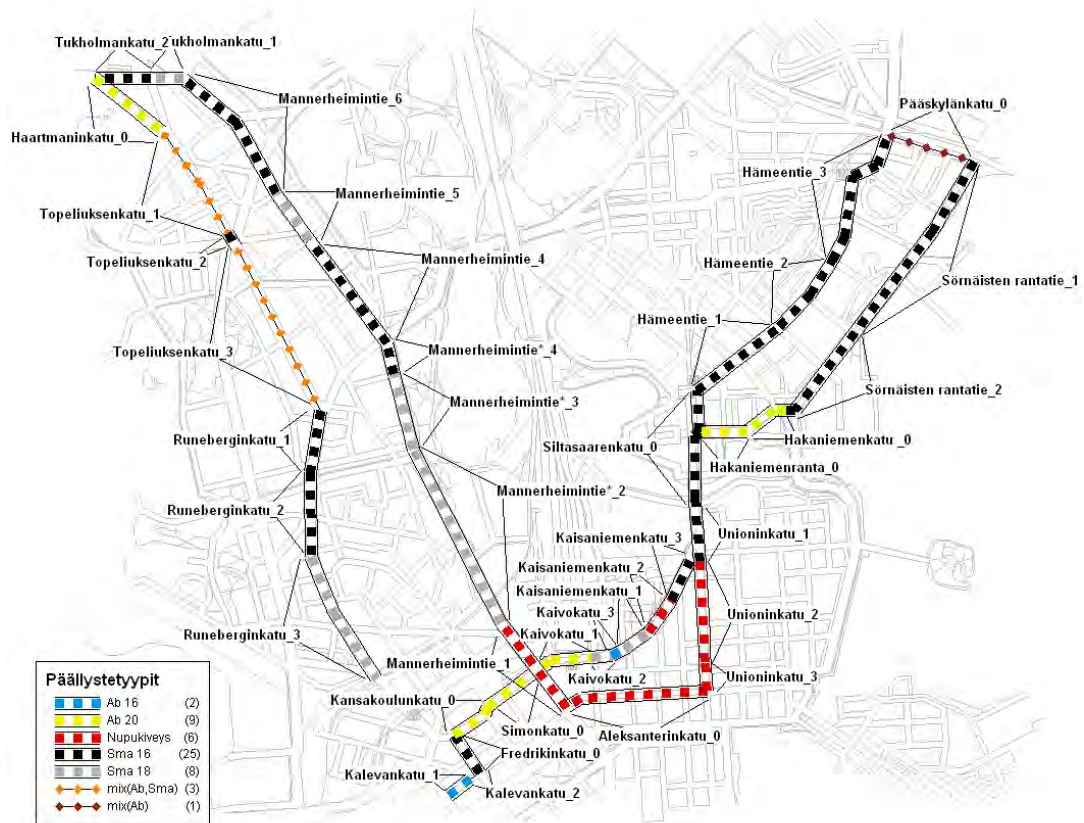
Nuuskijan reitin läntisen lenkin katujen päästötasot ja puhdistusajankohdat on esitetty kuvassa 31. Alueen kadut ovat olleet muutamaa päiväkohtaista poikkeusta lukuun ottamatta koko Helsinki-reitin keskimääräisellä tasolla tai sen alle. Mikään kaduista ei erityisemmin erotu muista. Hiekanpoistot ajoittuivat maaliskuun lopulle ja huhtikuun alkuun ja puhdistustoimenpiteitä on usealla kadulla toistettu. Hiekanpoistojen lomassa on myös käytetty CaCl_2 -pölynsidontaa. Alueella vuonna 2007 tehtyjen pölyntorjuntatoimien voi katsoa olleen onnistuneita verrattuna esimerkiksi vuoteen 2006, jolloin usealla kadulla oli Helsinki-reitin keskimääräistä korkeampia päästötasoja. Vuonna 2007 ei havaittu mitään erityistä keväistä päästöhuippua. Korkein päästötaso oli 22.2. Runeberginkadulla, noin $4\,500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä on kuitenkin melkein puolet alhaisempi kuin Runeberginkadulla 2006 havaittu maksimipitoisuus (n. $8\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). Katujen päästötaso on ollut alle $1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ jo toukokuun alussa.



Kuva 31. Nuuskijan mitaamat pitoisuustasot ja toimenpiteiden ajoittuminen vuonna 2007 läntisen alueen kaduilla.

4.2.6.2 Tarkasteluja päällysteen vaikutuksesta katujen pölyämiseen

Tietoja reitin päällysteistä (päällystetyyppi, päällystysvuosi, kuntoarvio) saatiin tutkimusten tueksi Helsingin kaupungin rakennusviraston katulaboratoriosta (yhteyshenkilö Riitta Alve). Helsingissä ajettu Nuuskijan mittausreitti kulkee paljolti pääkaduilla, joilla liikennemäärät ovat suuria. Näin ollen päällystetyypit on valittu hyvin kulutuskestäviksi (suuri raekoko, paljolti SMA-typin asfalttia). Reitti koostuu pääasiassa SMA16- ja SMA18-typin päällysteistä. Jonkin verran reitin varrelta löytyy myös AB16- ja AB20-typin päällysteitä sekä keskustan alueelta nupukiveä. Suurin osa päällysteistä, lukuun ottamatta nupukiveyksiä, on levitetty 2000 luvulla. Raitiovaunukiskoja kulkee usealla reitin kadulla. Lisäksi Aleksanterinkatu on lämmitetty. Reitin päällysteet on esitetty kartalla kuvassa 32.

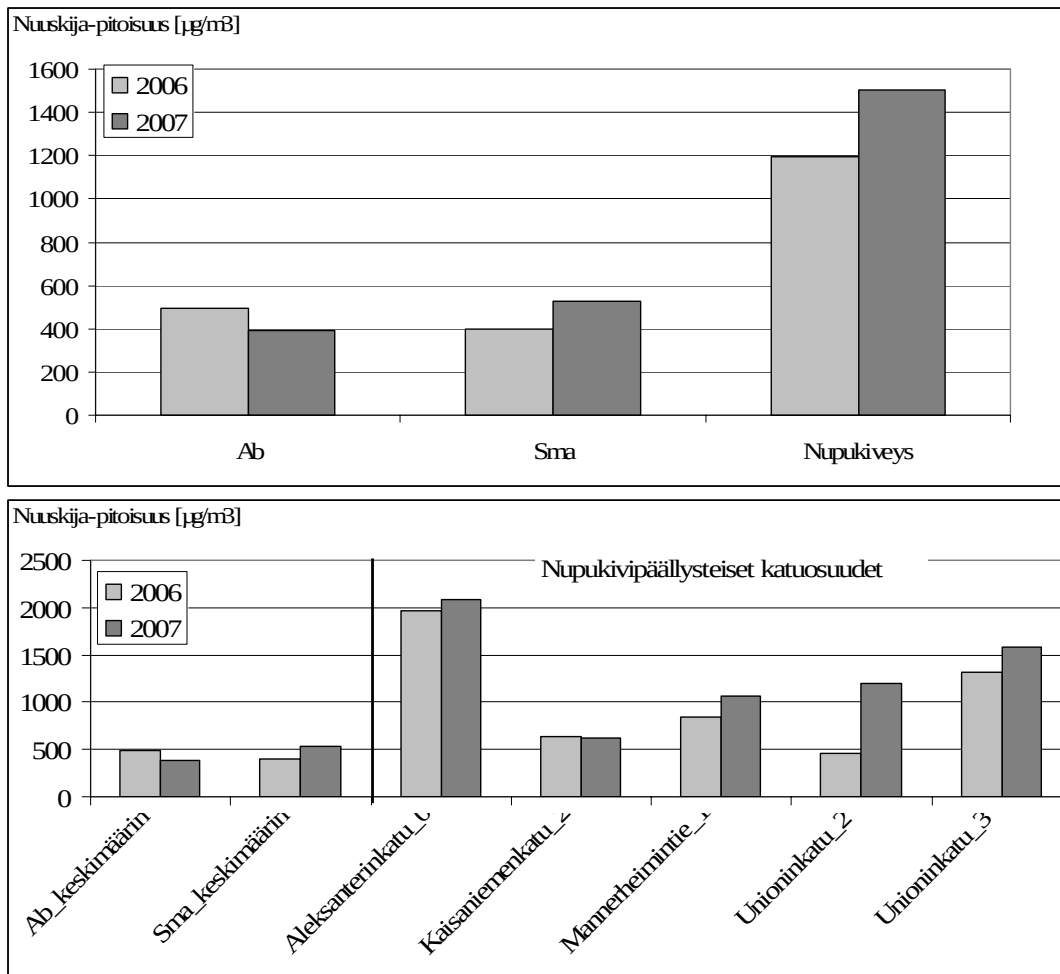


Kuva 32. Päällystetyypit Nuuskijan ajamalla reitillä Helsingissä.

Edellisessä luvussa on käsitelty Aleksanterinkatua, jolla on havaittu selvästi korkeimpia päästötasoja koko Helsinki-reitillä. Päällystetarkasteluissa nupukiveyksellisiä katuja on verrattu muihin yleisemmällä tasolla.

Eri päällysteiden pölyävyyttä tutkittiin vertailemalla Nuuskijalla mitattuja konsentratioita loppukevään, kesän ja syksyn mittauspäivien aineistosta eri päällystetyypeillä. Työhypoteesina on, että päällysteen tiiviimpi rakenne (AB-tyyppi tai pienempi raekoko) aiheuttaa sen, ettei pöly varastoidu niin tehokkaasti päällysteen makro- ja mikrorakenteeseen (Tervahattu ym. 2006). Vastaava käsitys on myös kunnossapitäjillä. Tässä vaiheessa on vertailtu SMA tyyppin päällysteillä saatuja mittaustuloksia AB-tyypin vastaaviin ja tarkasteltu pitääkö tämän aineiston pohjalta työhypoteesi paikkansa. Lisäksi on tarkasteltu nupukiveyskaduilla havaittuja päästötasoja sekä katuja, joilla kulkee raitiotieitä. Esitetyt tulokset ovat alustavia ja suuntaa-antavia, sillä tarkastelussa ei ole tässä vaiheessa pyritty vakioimaan monia muita seikkoja, jotka vaikuttavat päällysteiden pölyämiseen.

Nupukiveyksellä päällystetyillä kaduilla havaittiin keskimäärin noin kolminkertaisia päästötasoja verrattuna muihin päällystetyyppeihin (kuva 33). Aleksanterinkatu oli nupukiveyksellisistä katuosuuksista selvästi korkein. AB- ja SMA-päällysteisten katujen osalta ei systemaattista eroa päällystetyyppien koko reitin keskiarvoja tarkasteltaessa havaittu. Vuonna 2006 AB-päällysteillä oli korkeammat päästötasot ja 2007 päinvastoin. Kyseessä on kuitenkin vasta alustavat, keskimääräisiin päästötasoihin keskittyvät analyysit, ja aineistoon on syytä jatkossa paneutua tarkemmin. Huomioitava on, että ei pelkästään päällystetyyppi vaan myös raekoko on vaihdellut reitin kaduilla. Myöskään päällystysajankohdat eivät ole samat katuosuuksilla, vaikka päällystetyyppi olisikin.



Kuva 33. Nuuskijan vuosina 2006 ja 2007 mitaamat pitoisuustasot eri päälystetyypeillä Helsinki-reitillä. Alakuvassa nupukivipäälysteisiltä kaduilta on esitetty katuosuuskohtaiset pitoisuustasot.

Katuosuuksilla, joilla kulki raitioiteita, havaittiin useimmissa tapauksissa keskimäärin noin 20 prosenttia korkeampia päästötasoja. Vuonna 2007 tämä päti kaikille päälystetyypeille (AB, SMA ja nupukiveys). 2006 SMA-päälysteisillä katuosuuksilla raitiotiekatuosuudet olivat alhaisemmalla tasolla. Tulos on alustava ja tutkimuksia tulee jatkaa. Erot ovat suhteellisen pieniä ja niihin ovat voineet vaikuttaa muutkin tekijät kuin raitiotiet.

4.2.6.3 Rakennustyömaat Helsingissä

Helsingin alueella on ollut käynnissä moninaisia rakennustyömaita eri puolilla kaupunkia, myös Nuuskijan ajaman reitin varrella. Niiden vaikutus on paikoin näkynyt mitatuissa katukohtaisissa pitoisuustasoissa. Esimerkiksi katu- ja kaukokylmäverkostotyöt Pääskylänkadulla vuonna 2006 vaikuttivat Pääskylänkadulla ja Sörnäisten rantatiellä havaittuihin pitoisuustasoihin, ja vaikutus ilmeni erityisesti hiekanpoistojen jälkeen. Helsingin osalta rakennustyömaiden vaikutusta ei kuitenkaan tässä raportissa käsitellä erikseen yksityiskohtaisesti, sillä siihen on saatua muista kaupungeista kattavampi aineisto. Myös on huomioitava, että esimerkiksi musiikkitalon mittava työmaa ei ole näkynyt korkeampina päästötasoina Mannerheimintiellä.

4.2.6.4 Nuuskijan ajonopeuden vaikutus mittaustuloksiin

Helsinki-reitillä nopeus vaihtelee ja se vaikuttaa Nuuskijalla mitattuihin pitoisuustasoihin. Esimerkiksi pysähdyksissä tai hyvin alhaisilla nopeuksilla pitoisuudet ovat alhaisia verrattuna ajonaikaisiin mittauksiin. Alhaiset nopeudet eivät kuvasta liikenteen aiheuttamaa pölypäästöä edustavasti, siksi dataa on esikäsitelty poistamalla alle 10 km/h nopeuksilla mitatut pitoisuudet. Vuonna 2007 kerätyn datan avulla kokeiltiin eri alarajoja ja niiden vaikutusta tuloksiin. Alle 20 km/h nopeuksien poistoa kokeiltiin, ja tuloksia verrattiin alle 10 km/h nopeuksilla mitattujen kanssa.

Tulosten perusteella keskimääräiset konsentraatiot ovat korkeampia ja hajonta pienenee, jos huomioitavien mitta-arvojen nopeuskorjausta nostetaan huomioon alle 20 km/h nopeudet. Käsittelyllä ei ollut vaikutusta tehtyihin johtopäätöksiin tai katuosuus- ja päiväkohtaisiin vertailuihin. Alanopeuden noston haittapuolena oli, että katuosuuskohtaisten mitta-arvojen lukumäärä väheni, mikä puolestaan vaikeuttaa katuosuuksien vertailua ja sen edustavuutta. Näin ollen päädyttiin pitäytymään esikäsittelyssä, jossa poistetaan alle 10 km/h ajonopeudella saadut mitta-arvot.

4.2.6.5 Nuuskijan pitoisuussignaalin ja monitorointiasemien hiukkasmittausten yhteys

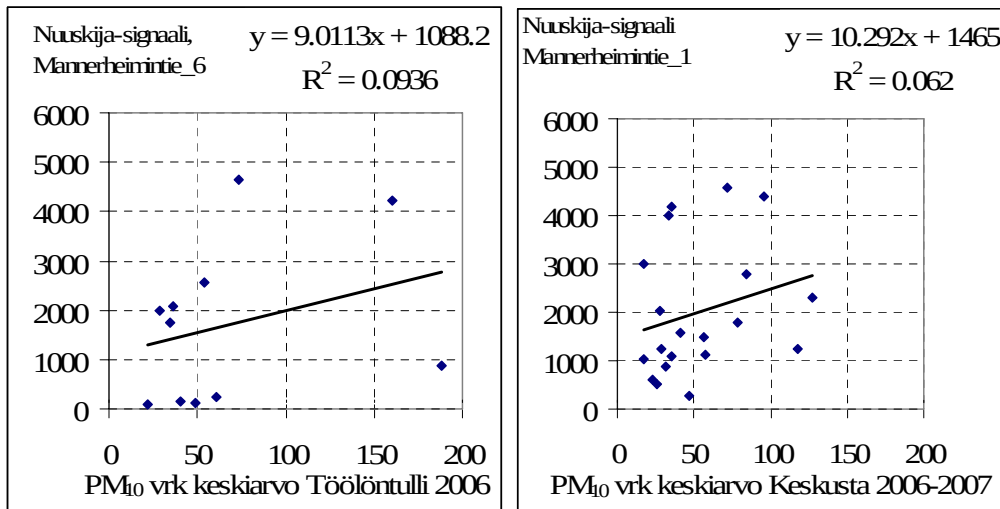
Kuvassa 34 on esitetty Töölöntullin (2006) ja keskustan (2006 ja 2007) ilmanlaadun monitorointiasemilla mitatut PM_{10} vuorokausikeskiarvot ja lähialueella (katso päälystekartta, kuva 32) mitatut Nuuskijan pitoisuudet. Vuoden 2006 aineistosta on poistettu $PM_{2.5}$ kaukokulkeumapäivät.

Töölöntullissa toimi vuonna 2006 YTV:n siirrettävä mittausasema, jolla mitattiin mm. PM_{10} -hiukkasia. Töölöntullissa PM_{10} raja-arvon numeroarvo ($50 \mu g m^{-3}$) ylittyi viitenä Nuuskijan mittauspäivänä (kuva 34, vasemmalla). Nuuskijan mittaama pitoisuus vaihteli ylityspäivinä noin välillä $1\ 000$ – $5\ 000 \mu g/m^3$. Keskustassa (Mannerheimintie 5) toimi 2006 ja 2007 YTV:n kiinteä ilmanlaadun monitorointiasema, jossa PM_{10} -hiukkasten lisäksi mitattiin $PM_{2.5}$ -hiukkasia. Keskustassa PM_{10} raja-arvon numeroarvo ylittyi kahdeksana Nuuskijan mittauspäivänä. Nuuskijan mittaama pitoisuus vaihteli ylityspäivinä noin $1\ 000$ – $5\ 000 \mu g/m^3$.

Kuvassa 34 on esitetty Nuuskijan mittaama pitoisuustaso ja monitorointiasemilla havaittuja PM_{10} vuorokausikeskiarvoja. Päästöjen ja vuorokausikeskiarvojen välillä on yhteyttä havaittavissa, mutta selitysaste on alhainen. Tämä johtuu siitä, että Nuuskijan mittausajo Helsingissä kestää noin 2–3 tuntia ja vuorokauden aikana moni tekijä vaikuttaa ilmanlaadun monitorointiasemien tuloksiin. Suurinta vaihtelua aiheuttavat mahdolliset muut päästölähteet ja meteorologiset tekijät. Molemmat saattavat vaihdella paljonkin saman vuorokauden aikana. Samantasaisen katupölypäästön vaikutus saattaa olla hyvinkin erilainen eri päivinä, koska PM_{10} pitoisuuksiin vaikuttavat esimerkiksi ilmakehän sekoituskorkeus, ilmakehän stabiilisuus sekä tuulisuus (Kukkonen ym. 2005).

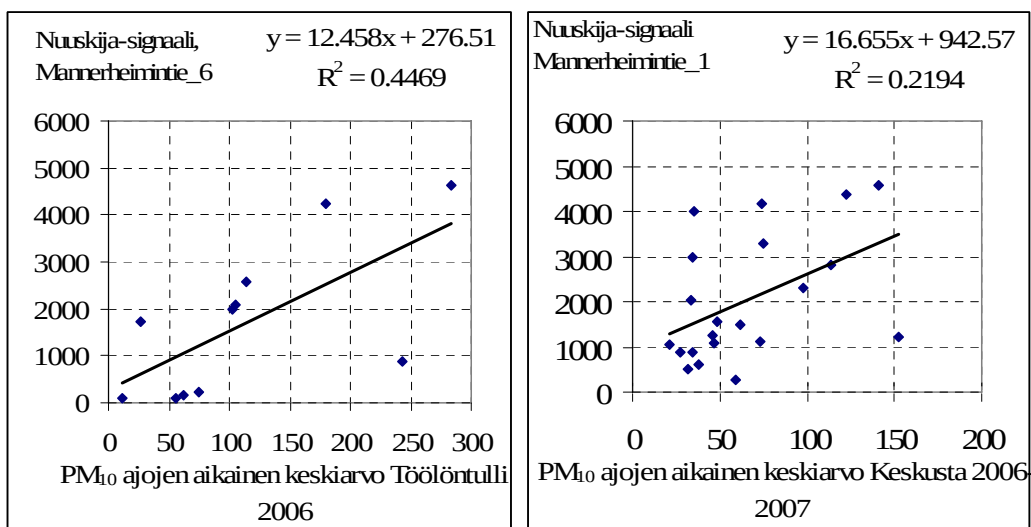
Kuvasta 34 on havaittavissa, että korkeilla päästötasoilla on kuitenkin myös monitorointiasemilla pääsääntöisesti havaittu korkeampia PM_{10} -pitoisuuksia ja raja-arvon numeroarvo ei ole keskustan monitorointiasemalla ole ylittynyt kertaakaan, kun Nuuskijan mittaama pitoisuus on ollut alle $1\ 000 \mu g/m^3$. Töölöntullissa on

havaittu vuonna 2006 yksi raja-arvotason ylitys jokseenkin alhaisella katupölyn päästötasolla, mikä voi johtua meteorologiasta ja muiden päästölähteiden vaikutuksesta.



Kuva 34. Töölöntullin (2006) ja keskustan (2006 ja 2007) ilmanlaadun monitorointiasemilla mitattujen PM₁₀ vuorokausikeskiarvojen ja lähialueen (kts. kuva 32) Nuuskija-pitoisuuden yhteys. 2006 aineistosta on poistettu PM_{2,5} kaukokulkeumapäivät.

Nuuskijan mitaamat päästöt selittävät paremmin ilmanlaadun monitorointiverkoston tuloksia, kun tarkastellaan pelkästään Nuuskijan ajon aikana mitattuja ilmanlaatua (PM₁₀) (kuva 35). Lähialueella mitattujen korkeiden päästötasojen ja ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen korkeiden pitoisuuksien yhteys näkyy selvemmin, vaikka erityisesti keskustan ilmanlaadun monitorointiasemalla on ollut suhteellisen alhaisia PM₁₀-pitoisuuksia korkeankin päästötason (~3 000–4 000 µg/m³) vallitessa (kuva 35 oikealla).



Kuva 35. Töölöntullin (2006) ja keskustan (2006 ja 2007) ilmanlaadun monitorointiasemilla mitattujen Nuuskijan ajon aikaisten PM₁₀ keskiarvojen ja lähialueen (kts. kuva 32) Nuuskija-pitoisuuden yhteys.

4.2.6.6 Talvikunnossapidon toimenpiteet 2006 ja 2007

Helsingissä pidettiin kirjaa Nuuskijan reitillä tehtävistä talvikunnossapidon toimenpiteistä erillisille lomakkeille. Lomakkeille merkattiin toimenpide ja sen ajankohta katuosuuskohtaisesti. Taulukkoon 2 on kerätty tietoa eri toimenpiteiden ajankohdasta, lukumäärästä tutkituilla katuosuuksilla. Kirjanpito aloitettiin vuoden 2006 tammikuussa, joten syyskaudella tehdyt toimenpiteet eivät ole mukana. Kirjanpitoa jatkettiin vastaavalla tavalla talvikausilla 2006 ja 2007. Toimenpidekirjausten ohella on tarkasteltu HKR:n vuoden 2006 ja 2007 tiedotteita hiekanpoistojen etenemisestä Helsingissä HKR:n vastuukaduilla. Toimenpidekirjauksista ja tiedotteista saatiin arvokasta tietoa tulosten tulkinnan tueksi.

Talvikunnossapidon käytännöt reitin eri osissa ovat vaihdelleet jonkin verran, joskin vertailussa on huomioitava myös, että reitin eri osat ovat eronneet myös esimerkiksi mäkisyyden ja muiden piirteiden osalta toisistaan (taulukko 2). Esimerkiksi hiekoitus- ja suolauskertojen lukumäärät ovat vaihdelleet katu- ja aluekohtaisesti melko paljon. Lumenpoistosta on vain satunnaisia kirjauksia joiltakin isommilta kaduilta

Taulukko 2. Talvikunnossapidon toimenpiteet Helsingissä vuosina 2006 ja 2007 Nuuskijan reitin ei osissa. Hiekoituksen ja suolauksen lukumäärät ovat katukohtaisia, eivätkä ole kohdistuneet välttämättä koko kadun pituudelle. Pisteytetty alue vuoden 2006 lopussa tarkoittaa katujen painepesua.

Viikko		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Hiekoitus ja suolaus															
2006 (1.1.2006 alkaen)	Itä:	viimeiset hiekoitukset vko 9, hiekoituskertojen lukumäärä 6-7; viimeiset suolaukset vko 13, suolauskertojen lukumäärä 4-6													
	Keskusta:	viimeiset hiekoitukset vko 10, hiekoituskertojen lukumäärä 14-23; viimeiset suolaukset vko 13, suolauskertojen lukumäärä 6-12													
	Töölö:	viimeiset hiekoitukset vko 12, hiekoituskertojen lukumäärä 33-40; viimeiset suolaukset vko 13, suolauskertojen lukumäärä 15-18													
2007	Itä:	viimeiset hiekoitukset vko 9, hiekoituskertojen lukumäärä 8-9; viimeiset suolaukset vko 12, suolauskertojen lukumäärä 31-34													
	Keskusta:	viimeiset hiekoitukset vko 9, hiekoituskertojen lukumäärä 20-23; viimeiset suolaukset vko 12, suolauskertojen lukumäärä 27-29													
	Töölö:	viimeiset hiekoitukset vko 7, hiekoituskertojen lukumäärä 13-29; viimeiset suolaukset vko 10, suolauskertojen lukumäärä 35-36													
CaCl2 pölynsidonta tutkituilla kaduilla															
2006	Itä														
	Keskusta														
	Töölö														
2007	Itä														
	Keskusta														
	Töölö														
Hiekannostot tutkituilla kaduilla															
2006	Itä														
	Keskusta														
	Töölö														
2007	Itä														
	Keskusta														
	Töölö														
Nuuskija mittauspäivien lukumäärä per viikko	2006			2		2	1	1	2	2	1	1	1	1	
	2007		1		1	1	2	1	1	1	1				1

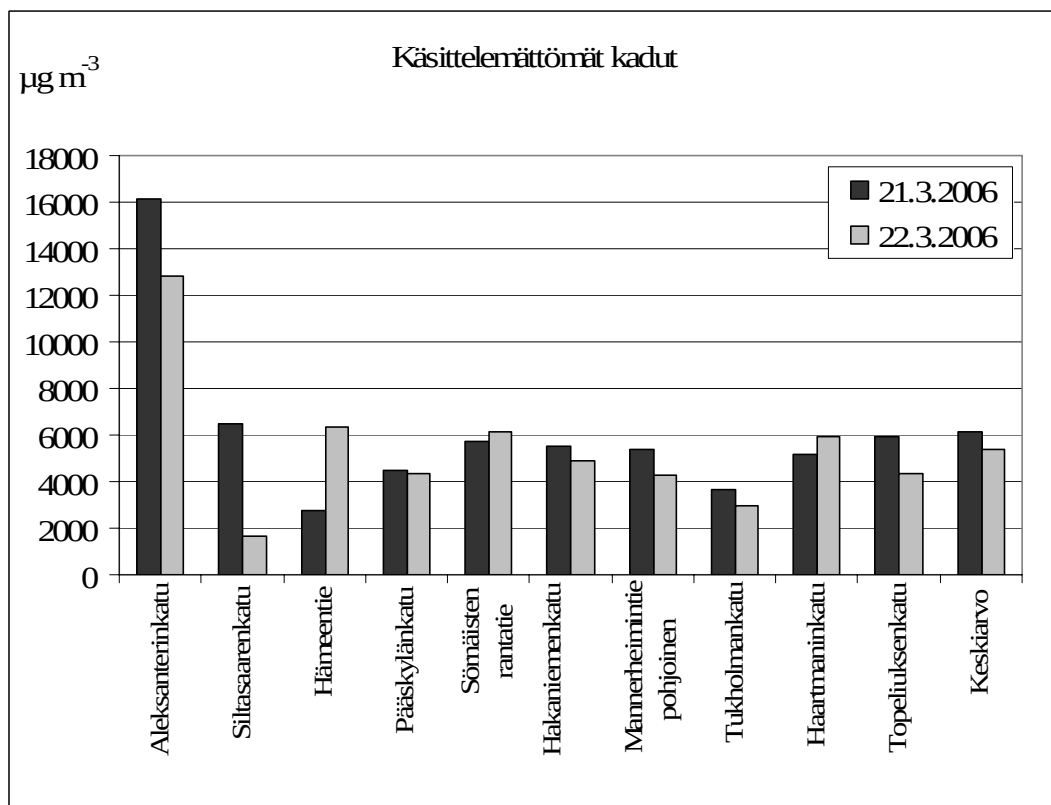
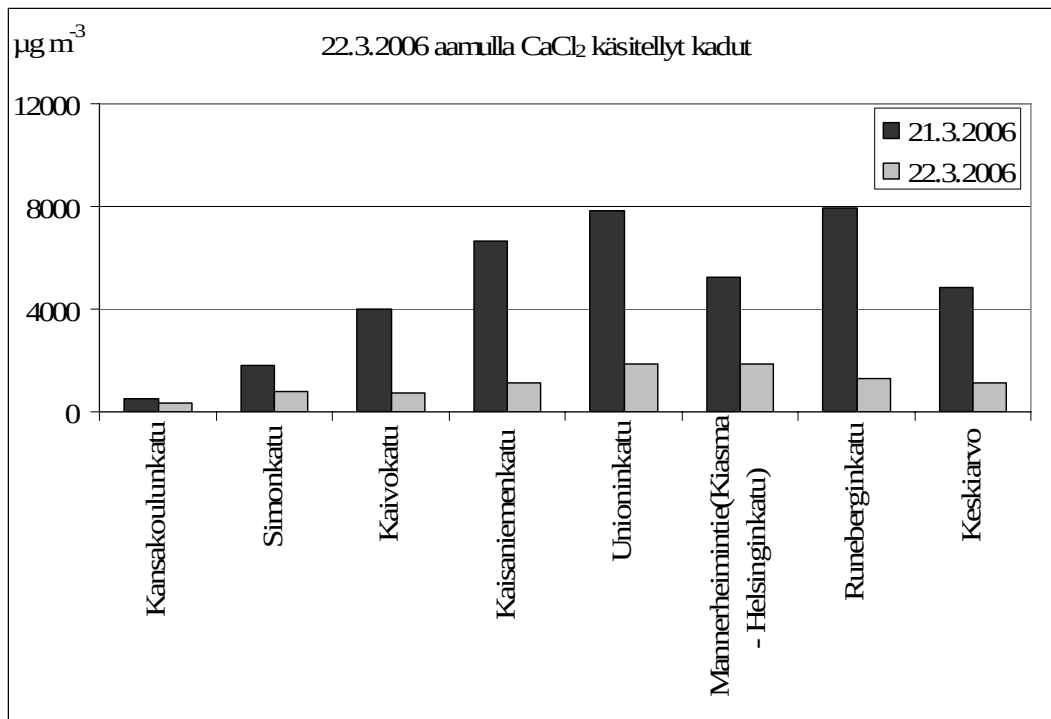
Toimenpiteiden ajoituksessa on ollut pientä vaihtelua eri osien kesken. Esimerkiksi vuonna 2007 CaCl_2 -pölynsidontaa on käytetty Töölön alueella hiekanpoiston lomassa, mikä näkyy toimenpiteiden ajoittumisena pitemmälle ajanjaksolle kuin muissa osissa. Nuuskijan mittaukset ovat ajoittuneet molempien vuosien kevätkausilla noin yhteen tai kahteen kertaan viikossa, joten molemmilta keväiltä on saatu hyvin yhtenäiset mittaussarjat.

Toimenpiteiden ajoittumisesta vuonna 2006 ja 2007 vertailtaessa näkyy selvästi keväisten sääolojen erilaisuus. Tämä ilmenee selvimmin hiekanpoistojen aloitusajankohdassa, joka oli vuonna 2006 3-4 viikkoa myöhäisempi kuin vuonna 2007. Hiekanpoistotoimenpiteet Helsingissä koostuvat useasta työvaiheesta ja työtä tehdään erilaisilla laitteistoilla. Ensimmäisessä vaiheessa pinta kostutetaan ja irtohiekka kerätään pois mekaanisella harjauksella. Toisessa vaiheessa pinta puhdistetaan imulakaisukoneella ja pestään painepesulla. Työn ohessa voidaan käyttää myös CaCl_2 -pölynsidontaa. Hiekanpoistot tutkituilla alueilla veivät noin kuukauden.

4.2.6.7 Pölynsidonnan vaikuttavuus 2006

CaCl_2 -pölynsidonnan vaikuttavuutta tutkittiin vuoden 2006 aineiston perusteella. Vuoden 2006 kevät oli sopivampi pölynsidonnan tutkimiseen, sillä silloin tehtiin pölynsidontaa ennen hiekanpoistoja ja Nuuskija mittasi katujen pölyisyyttä CaCl_2 -levitystä ennen ja sen jälkeen. Vuonna 2007 pölynsidonnan tehokkuutta ei voitu tutkia samassa mitassa kuin vuonna 2006, koska Nuuskija ei mitannut Helsingin katuja viikolla 12, jolloin pölynsidontaa käytettiin ennen hiekanpoistojen alkamista. Muilta osin, toimenpidekirjausten mukaan, pölynsidonta ajoittui hiekanpoiston kanssa lomittain ja näin ollen sen vaikuttavuutta ei voinut erikseen tarkastella.

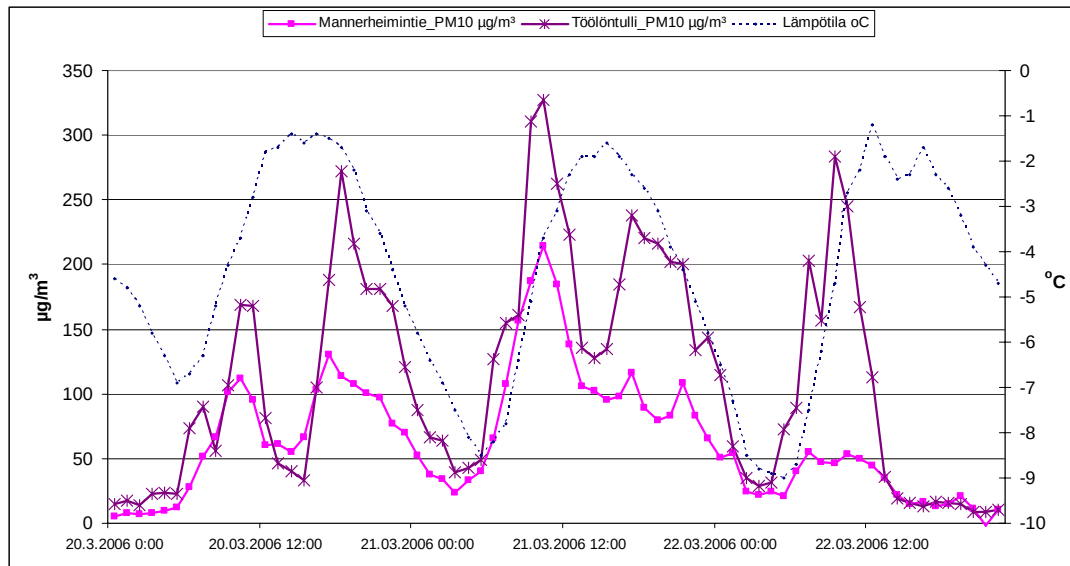
Sopiva päiväpari kalsiumkloridin vaikuttavuuden vertailuun oli maaliskuun puolessa välissä 2006. CaCl_2 -pölynsidonta tehtiin 22.3. aamulla osalla tutkimusreitien kaduista, jonka jälkeen Nuuskija mittasi pölypitoisuudet. Kaikilla käsitellyillä kaduilla havaittiin selvät pitoisuustasojen laskut, keskimäärin 69 prosenttia, kun taas vertailukaduilla ei systemaattista laskua tapahtunut, vaikka keskimääräinen pitoisuustasojen lasku olikin 12 prosenttia (kuva 36). Osa käsitellyillä kaduilla havaitusta alenemasta johtuu kalsiumkloridiliuoksen kostuttavasta vaikutuksesta ja jos pitoisuustasoja seurataan kevään edetessä, jo seuraava mittaus 6.4. osoittaa, että pitoisuudet ovat palanneet käsittelyä edeltävälle tasolle. Toisin sanoen kalsiumkloridilla voidaan alentaa päästötasoa, mutta sen vaikutus on ajallisesti rajoitettu.



Kuva 36. Nuuskijan mitaamat pölypitoisuudet 21.3. ja 22.3.2006 kaduilla, joilla tehtiin kalsiumkloridi pölynsidonta 22.3. ennen Nuuskijan mittauksia (yläkuva) ja kaduilla joilla ei tehty pölynsidontaa (alakuva).

Pölynsidonnan vaikutusta ilmanlaatuun tutkittiin vertailemalla 21.3. ja 22.3.2006 päivien tilannetta keskenään. Hiekanpoistoa ei ollut vielä aloitettu tutkimusalueilla. Tulosten perusteella (kuva 37) havaittiin, että kastelua edeltävän päivän aa-

mu- ja iltapäivällä sekä kastelun aamupäivällä keskustan ilmanlaadun mittausasemalla (Mannerheimintie 5) PM₁₀-pitoisuudet nousivat samoin kuin Töölöntullin mittausasemalla (Mannerheimintie 55–57). Keskustan käsitellyllä kadulla pitoisuudet eivät enää kohonneet 21.3. iltapäivällä eikä 22.3. aamupäivällä, mutta käsittelemättömällä Töölöntullin alueella ne edelleen kohosivat. Iltapäivällä kello 14 jälkeen on YTV:n Pasilan mittausaseman sääaineiston perusteella satanut pieniä määriä lunta (alle 0,2 mm), mikä on ollut riittävästi sitomaan pölyä. Molemmilla asemilla pitoisuudet ovat laskeneet voimakkaasti.



Kuva 37. Ilman PM₁₀-pitoisuuden YTV:n Mannerheimintien (keskusta) ja Töölöntullin mittausasemilla sekä lämpötila Pasilassa 20.–22.3.2006.

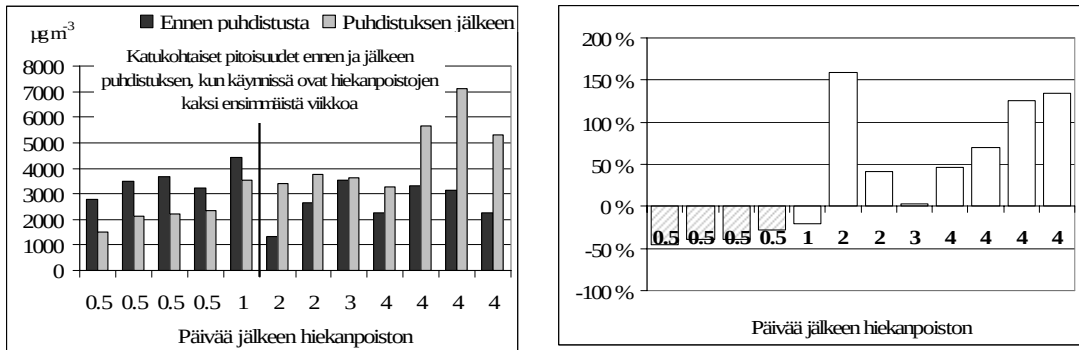
Tulokset osoittavat, että kalsiumkloridilla kastelun jälkeen katupöly pidättyi hyvin kadun pintaan eikä noussut ilmaan. Ilmanlaatu parani huomattavasti. Näillä havainnoilla on suuri merkitys sen vuoksi, että ne on tehty katupölykauden alkuvaiheessa, jolloin katuja ei vielä ole päästy puhdistamaan. Pölyepisodin aikana valitsi kylmä sää, jolloin lämpötila ei päivälläkään noussut plussan puolelle (kuva 37). Näissä olosuhteissa ei voida käyttää pelkkää vedellä kastelua, mutta kalsiumkloridi sopii tällöinkin pölynsidontaan.

4.2.6.8 Hiekanpoistojen vaikutus pölyämiseen vuosina 2006 ja 2007

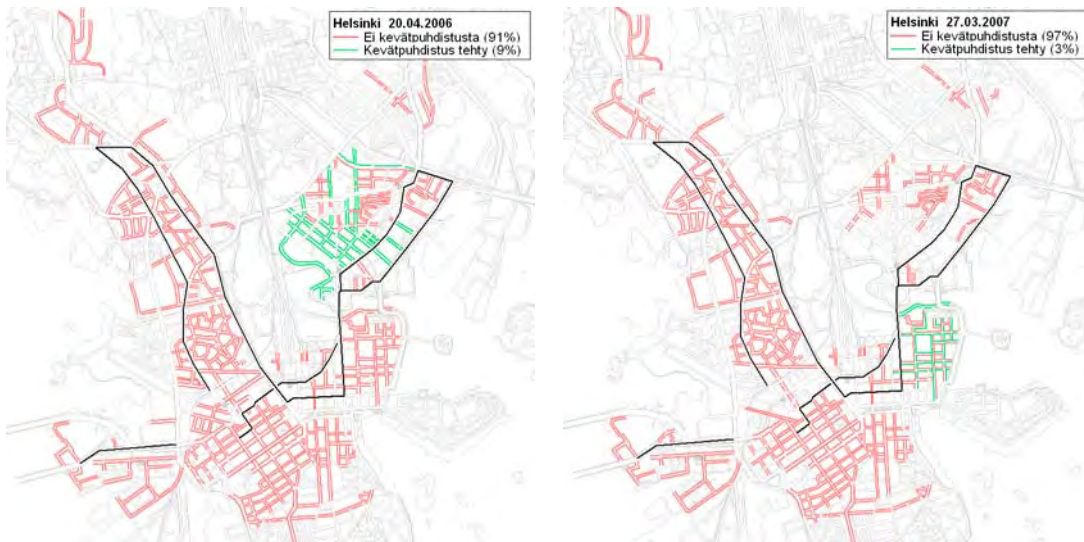
Hiekanpoistojen vaikuttavuutta Helsingissä vuosina 2006 ja 2007 tutkittiin KAPU-projektissa vertailemalla katukohtaisia Nuuskijan mittaamia pitoisuuksia ennen ja jälkeen puhdistuksen. Hiekanpoistot etenevät eri kaduilla eri aikaan. Näin ollen aineisto ryhmiteltiin sen mukaan, montako päivää hiekanpoistosta on kulunut. Lisäksi huomattiin, että hiekanpoiston aloitusajankohdalla koko kaupungin tasolla oli vaikutusta. Puhdistumisen kestolla havaittiin olevan eroa riippuen siitä, missä vaiheessa kevättä ja hiekanpoiston etenemistä koko kaupungin mitassa oltiin. Tulosten perusteella esitetään teoria, jonka paikkansapitävyyttä on tarpeen jatkoksa tutkia.

I. Tilanne alkukeväällä, kun hiekanpoistot on juuri aloitettu

Alkukeväällä, kun hiekanpoisto on juuri aloitettu kaupungissa (sen ensimmäinen tai toinen viikko), kadun pinnasta mitattu pitoisuus saattaa palata nopeastikin puhdistusta edeltävälle tasolle ja sen yli. Todennäköisinä syinä tälle ”jälkilikaantumiselle” voivat olla esimerkiksi se, että alkukeväällä pölyä vapautuu vielä tehokkaasti lumipenkoista, jalkakäytäviltä ja tienvarsilta lumen ja jään sulaessa sekä pintojen kuivuessa ja että ympäröiviltä, puhdistamattomilta katualueilta kulkeutuu pölyä ja likaa puhdistetuille kaduille (vrt. puhdistuksen eteneminen kuvassa 39). KAPU-mittausten perusteella palautuminen puhdistusta edeltävälle tasolle voi tapahtua 1–2 päivässä (kuva 38). Hiekanpoisto kustuttaa kadun pinnat tehokkaasti, ja pintojen kosteus sitoo pölyä, joten pitoisuuksien hetkellinen aleneminen alkukeväällä voi olla suurelta osin myös kosteuden vaikutusta.



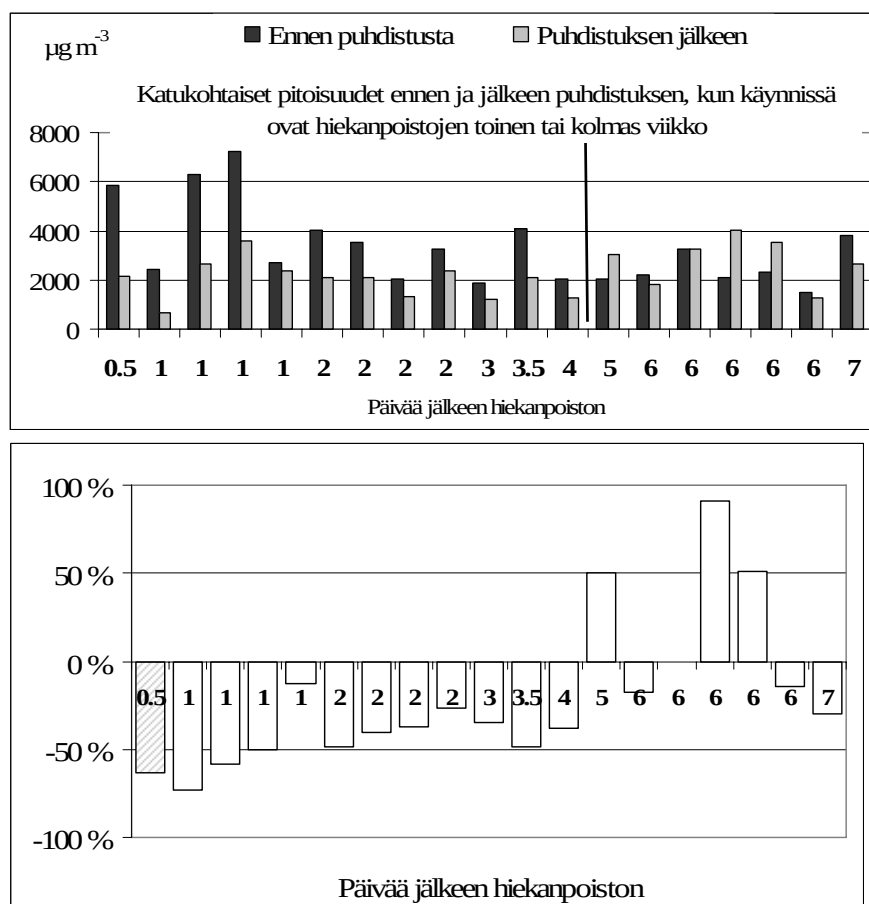
Kuva 38. Katukohtaiset pitoisuustasot vuosina 2006 ja 2007 joillakin Helsingin reitin kaduilla ennen ja jälkeen hiekanpoiston (vasemmalla), kun käynnissä ovat hiekanpoistojen kaksi ensimmäistä viikkoa. Oikealla on esitetty pitoisuuden prosentuaalinen muutos suhteessa tilanteeseen ennen puhdistusta. Kadut, joilla kosteuden pölyä sitova vaikutus on todennäköistä, on merkitty poikkiviivoituksella.



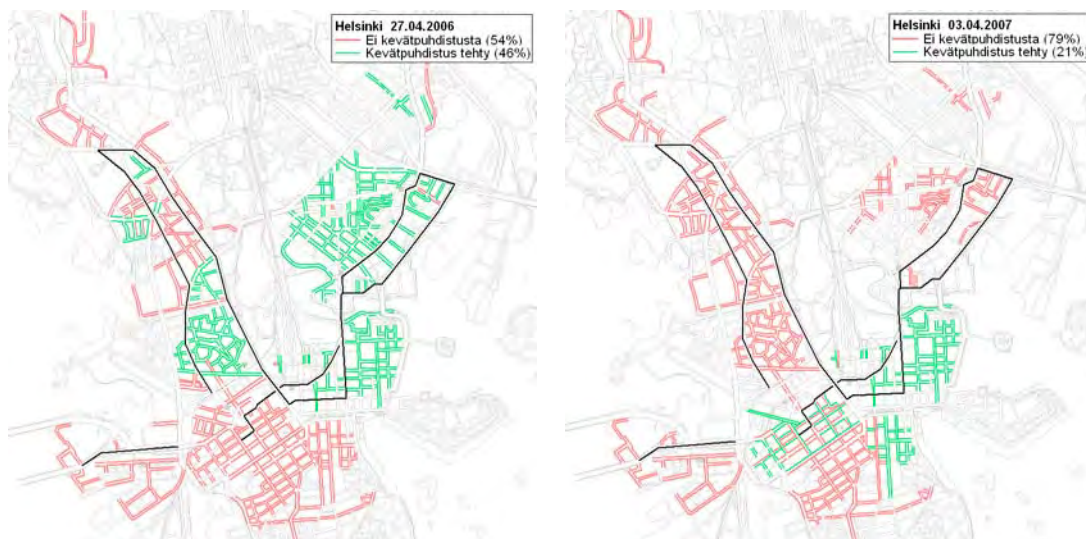
Kuva 39. Hiekanpoiston eteneminen HKR:n vastuukaduilla alkukeväällä 2006 (vasemmalla) ja 2007 (oikealla), kuvan 38 puhdistuksen jälkeisenä päivänä.

II. Tilanne kevään edetessä, kun hiekanpoistot ovat olleet käynnissä noin kaksi tai kolme viikkoa

Hiekanpoistolla ja katujen pesulla on päästötasoa alentava vaikutus myös kevään edetessä, kun puhdistukset ovat jo olleet käynnissä jonkin aikaa (puhdistusten toinen ja kolmas viikko). Pitoisuudet saattavat tuolloinkin palata puhdistusta edeltävälle tasolle ja sen yli kuten alkukevästä, mutta palautuminen kestää pitemmän aikaa. Ympäröiviltä katualueilta, lumipenkoista, jalkakäytäviltä ja tienvarsilta saattaa edelleen kulkeutua pölyä, mutta ei enää niin tehokkaasti. Osa lähikaduista on jo puhdistettu (kuva 41) ja muiden lähteidenkin vaikutus vähenee ja hiljalleen poistuu. KAPU-mittausten tulosten perusteella palautuminen puhdistusta edeltävälle tasolle tapahtui 5-6 päivässä (kuva 40).



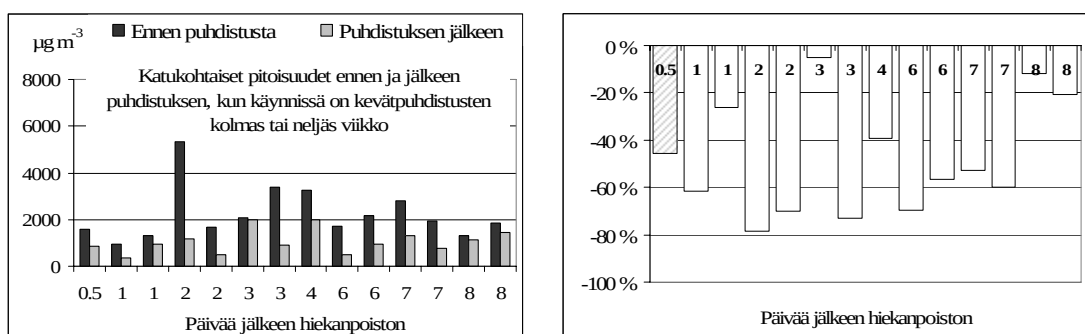
Kuva 40. Katukohtaiset pitoisuustasot vuosina 2006 ja 2007 joillakin Helsingin reitin kaduilla ennen ja jälkeen hiekanpoiston (yläkuva), kun käynnissä ovat hiekanpoistojen puoliväli (toinen ja kolmas viikko). Alakuvassa on esitetty pitoisuuden prosentuaalinen muutos suhteessa tilanteeseen ennen puhdistusta. Kadut, joilla kosteuden pölyä sitova vaikutus on todennäköistä, on merkitty poikkiviivoituksella.



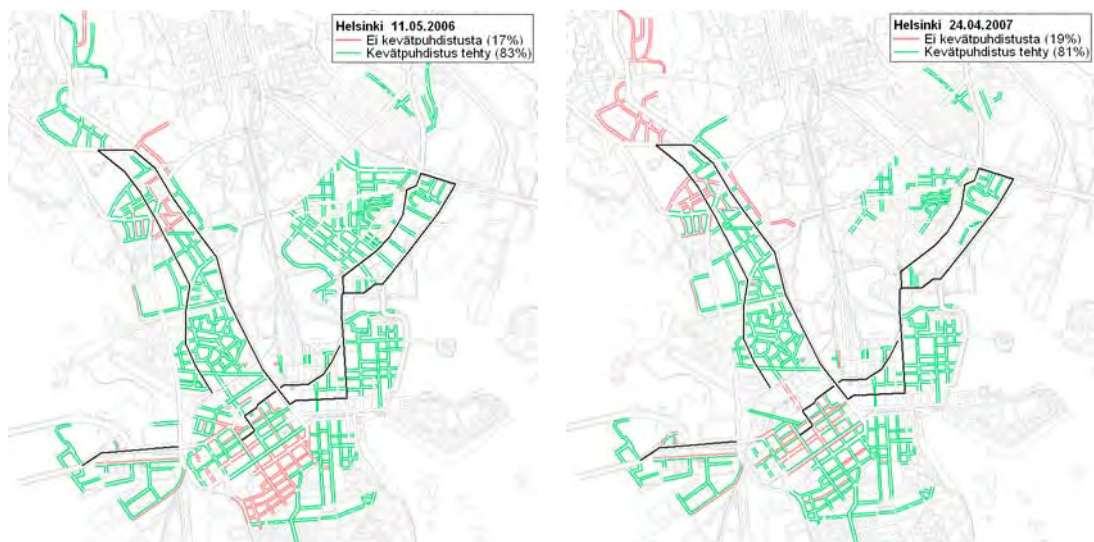
Kuva 41. Hiekanpoiston eteneminen HKR:n vastuukaduilla keväällä 2006 (vasemmalla) ja 2007 (oikealla), kuvan 40 puhdistuksen jälkeisenä päivänä.

III. Tilanne loppukeväällä, hiekanpoistojen loppuvaiheessa

Loppukeväästä, kun suurin piirtein kaikki alueet on puhdistettu ja osalla kaduista pesutoimet on toistettu, hiekanpoistolla ja katujen pesulla on edelleen päästö-
tasoja alentava vaikutus (kostuttaa pintaa, poistaa irtoainesta ja pölyä ja näin vähentää pölyn muodostumista sekä suspensiota). Loppukeväällä päästötasot eivät enää palaudu puhdistusta edeltävälle tasolle. Lähikadut on jo puhdistettu ja pölyn vapautuminen lumipenkoista ja muista lähteistä on loppunut. Harvoilla puhdistamattomillakin kaduilla pitoisuudet alenevat, kun pölyä kulkeutuu pois (esimerkiksi Aleksanterinkatu vuonna 2007).



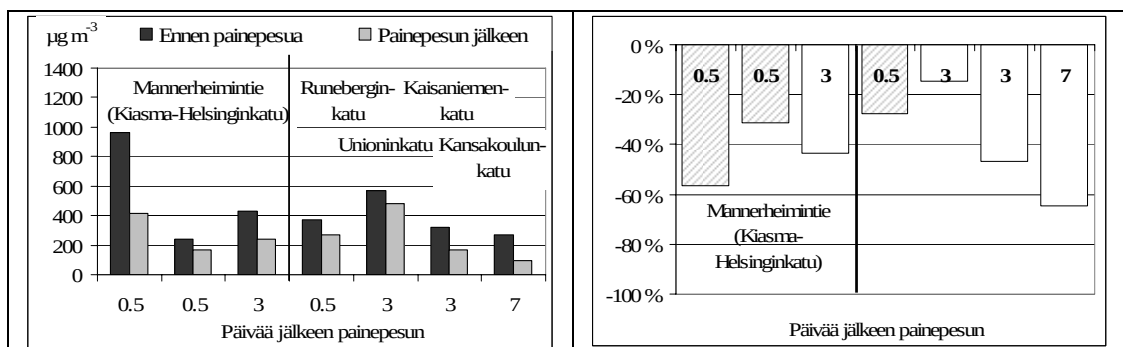
Kuva 42. Katukohtaiset pitoisuustasot 2006 ja 2007 joillakin Helsingin reitin kaduilla ennen ja jälkeen hiekanpoiston (vasemmalla), kun käynnissä ovat hiekanpoistojen puoliväli (kolmas ja neljäs viikko). Oikealla on esitetty pitoisuuden prosentuaalinen muutos suhteessa tilanteeseen ennen puhdistusta. Kadut, joilla kosteuden pölyä sitova vaikutus on todennäköistä, on merkitty poikkiviivoituksella.



Kuva 43. Hiekanpoiston eteneminen HKR:n vastuukaduilla loppukeväästä 2006 (vasemmalla) ja 2007 (oikealla), kuvan 42 puhdistuksen jälkeisenä päivänä.

4.2.6.9 Katujen painepesun vaikutus pölyävyyteen

Loppukeväällä ja kesällä, kun hiekanpoistot on tehty ja pitoisuudet ovat alhaisia (Nuuskijan mittaamana Helsingin kaduilla tyypillisesti keskimäärin $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tai alle), painepesulla voidaan edelleen puhdistaa katuja. Vuonna 2006 Mannerheimintien ja Kiasman ja Helsinginkadun välillä tehtiin kokeilu painepesun vaikutuksesta. Pesutoimenpiteitä tehtiin toimenpidekirjausten mukaan lisäksi myös muilla kaduilla, jotka sisällytettiin tarkasteluihin mukaan (kuva 44). Lyhyellä ajalla pesun jälkeen (puoli päivää) kosteuden pölyä sitovaa vaikutusta ei voi sulkea pois, mutta pitkällä aikavälillä sillä ei ole vaikutusta.



Kuva 44. Katukohtaiset pitoisuustasot vuonna 2006 joillakin Helsingin reitin kaduilla ennen ja jälkeen painepesun (vasemmalla). Oikealla on esitetty pitoisuuden prosentuaalinen muutos suhteessa tilanteeseen ennen pesua. Kadut, joilla kosteuden pölyä sitova vaikutus on todennäköistä, on merkitty poikkiviivoituksella.

4.2.6.10 Puhdistustoimenpiteiden yhteenvetoa ja johtopäätöksiä (pohdinnat jatkotutkimuksia varten on *kursivoitu*)

Kansainvälisessä kirjallisuudessa on esitetty, ettei perinteisillä kadunpuhdistustoimenpiteillä (painepesu, mekaaninen harjaus, imulakaisu) ole suoraa vaikutusta katujen varsilla tai kadun pinnoilta mitattuihin PM₁₀ pitoisuuksiin (Fitz 1998, Kuhns ym. 2003, Lohmeyer ym. 2004, Norman & Johansson 2006), vaikkakin on todettu, että menetelmät poistavat kyllä karkeampaa irtomateriaalia pinnoilta, joka voi muodostaa pölyävää materiaalia hajotessaan pienempiin osiin. Tältä osin KAPU-tutkimuksessa on päädytty toisenlaiseen johtopäätökseen. Helsingin mitaustulosten perusteella näyttäisi siltä, että Helsingissä käytetyillä hiekanpoistomenetelmillä ja katujen painepesulla on ollut PM₁₀-päästötasoja alentava vaikutus. Päästötasojen alenemiseen ovat olleet syynä:

- 1) Puhdistustoimet kostuttavat kadunpintoja ja kosteus sitoo pölyä.
- 2) Puhdistuksen yhteydessä tai lähipäivinä on mahdollisesti käytetty myös kalsiumkloridi-pölynsidontaa.
- 3) Puhdistustoimet poistavat irtainesta ja pölyä kadunpinnasta. Näin ollen toimet vähentävät pölyn muodostumista ja jo muodostuneen pölyn suspensiota. Ne myös poistavat jossain määrin suspensioherkkää pölyä kadun pinnoilta.

Kuitenkaan kerralla ei saada "kesäpuhdasta" vaan se vaatii laajojen alueiden puhdistusta ja puhdistusten toistoja. Molempina tutkimusvuosina (2006 ja 2007) tutkimusalueiden puhdistamien kesti noin kuukauden. Kevätpuhdistuksen ajankohdassa oli vuosien välillä noin kolmen viikon ero (2006 kevätpuhdistus päästiin aloittamaan vasta huhtikuussa), mikä näkyi myös kaupungin puhdistumisessa. *Mitkä laitteistot ja menetelmät voisivat olla tehokkaimpia, jotta kevätpuhdistusta saataisiin nopeutettua?*

Toimenpiteiden vaikuttavuuden havaittiin tehostuvan kevään edetessä, siten että alkukeväällä kadut voivat palautua nopeastikin (1–2 päivässä) puhdistusta edeltävälle päästötasolle tai jopa sen yli. Todennäköisinä syinä tälle "jälkilikaantumiselle" voivat olla esimerkiksi se, että alkukeväällä pölyä vapautuu vielä tehokkaasti lumipenkoista, jalkakäytäviltä ja tienvarsilta lumen ja jään sulaessa sekä pintojen kuivuessa ja että ympäröiviltä, puhdistamattomilta katualueilta kulkeutuu pölyä ja likaa puhdistetuille kaduille. Katujen jälkilikaantuminen hidastuu ja vähenee kevään edetessä, kun pölylähteet poistuvat. Loppukeväällä ja kesällä päästötasot eivät enää palaudu puhdistusta edeltävälle tasolle, ellei ilmene uusia päästölähteitä, kuten rakennustyömaita tms. *Kannattaako alkukevään olosuhteissa keskittyä tehokkaaseen pölynsidontaan ja pölyvarastoiden vähentämiseen (esimerkiksi lumipenkat ja jääpolanteet) ja ajoittaa hiekanpoistot vasta kun pölyvarastot ovat poissa? Onko olemassa kuivamenetelmiä pölynpoiston aikaistamiseksi? Joka tapauksessa näyttää siltä, että puhdistuminen tapahtuu katualueitain pikemminkin kuin kaduittain ja alkukevästä pölyä vapautuu vielä ja sitä kulkeutuu tehokkaasti myös muualta. Toisaalta jostain toimenpiteet on aloitettava. Miten saadaan muut osapuolet, esimerkiksi kiinteistöt ja autoilijat tehokkaimmin mukaan hiekannostojen nopeuttamiseksi? Puhdistuksessa on tarpeen varautua toistoihin.*

KAPU-projektissa tehtyjen havaintojen perusteella voidaan teoretisoida, että katuympäristön pölyisyyden erot pyrkivät tasoittumaan (kts myös Etyemetzian ym. 2003, US EPA 2003, Kupiainen 2007). Alkukevästä puhdistetut kadut pyrkivät likaantumaan samalle tasolle kuin puhdistamattomat lähikadut, kun pölyä vielä vapautuu varastoista lumen ja jään sulaessa, pintojen kuivuessa (jälkilikaantumi-

nen) sekä pölyn kulkeutuessa ja laskeutuessa jo puhdistetuille kaduille. Loppukeväästä taas puhdistamattomat kadut taas pyrkivät puhdistumaan samalle tasolle kuin puhdistetut lähikadut, kun liikenne ja tuuli voi nostattaa pölyä ilmaan, joka kulkeutuu ilmavirtojen vaikutuksesta pois (itsepuhdistuminen). Itsepuhdistumisesta on viitteitä esimerkiksi Aleksanterinkadulla, jolle ei ole kirjattu puhdistustoimenpiteitä, mutta Nuuskijan mittaama pitoisuustaso on kuitenkin laskenut selvästi suhteessa alkukevääseen. Tosin pitoisuus Aleksanterinkadulla ei ole laskenut samalle tasolle kuin puhdistetuilla kaduilla. Samoin Suutarilassa tehdyissä mittauksissa havaittiin, että loppukeväällä Nuuskijan mittaamat pitoisuudet laskivat, vaikka toimenpiteitä ei enää alueella tehty (kts. luku Puhdistuskaluston testaukset Suutarilassa keväällä 2007). *Mikä on katujen itsepuhdistumisen rooli ja kuinka paljon puhdistustoimilla pystytään puhdistumista nopeuttamaan?*

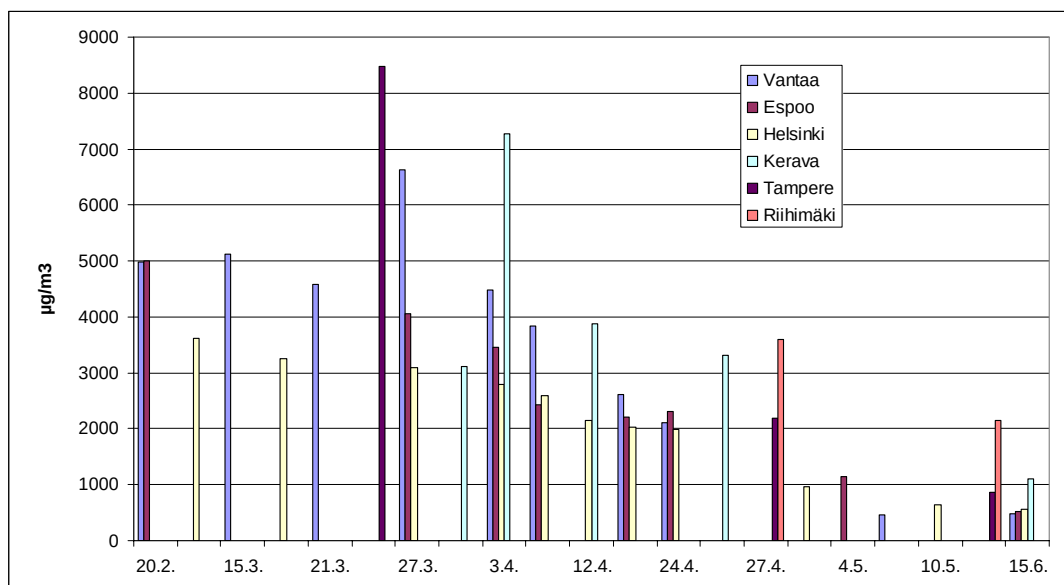
Avainasemassa katujen puhdistumisessa on ajankohta, jolloin päästään aloittamaan kevätpuhdistukset. Molempina tutkimusvuosina (2006 ja 2007) tutkimusalueiden puhdistamien kesti noin kuukauden. Esimerkiksi 2006 hiekanpoisto pääsi alkamaan vasta noin 2–3 viikkoa myöhemmin kuin 2007. Näin ollen kadunpintojen pölypitoisuuksien kehitys on ollut suurin piirtein vastaavan ajan jäljessä. Toisaalta liian aikaisen aloituksen hyödyt voivat hävitä jos pölyä vapautuu vielä teiden varsien lumi- ja jääpenkoilta merkittäviä määriä. Näihin pölyvarastoihin voidaan vaikuttaa talviaikaisella kunnossapidolla. *Mikä on näiden pölyvarastoiden rooli, eli paljonko esimerkiksi Helsingin alueella varastoituneena lumipenkkoihin yms.?*

Näyttäisi siltä, että vielä hyvin alhaisillakin pitoisuustasoilla, esimerkiksi kesäaikaan, puhdistustoimilla on saavutettavissa hyötyjä (kts. painepesut 2006 yllä). Osa pitoisuuksien alenemasta lyhyellä aikavälillä (noin päivä) voi johtua kosteuden pölyä sitovasta vaikutuksesta. *Kauanko kosteuden pölynsidontavaikutus kestää?*

Puhdistustoimien todellinen ilmanlaatuvaikutus näkyy vasta sitten, kun laajemmat alueet on puhdistettu. Lisäksi meteorologiset olosuhteet, esimerkiksi inversiotilanteet tai kaukokulkeutuma, vaikuttavat ilmanlaatuasemilla mitattuihin pitoisuuksiin. *Jatkossa selvitettäväksi jää, mikä voisi olla tyydyttävä taso katujen puhtaudelle. Onko inversiotilanteita tms. sääoloja, joissa katujen pölyisyydellä esim. 500 tai 1 000 µg/m³ tai niiden alle tulee vielä raja-arvotason ylityksiä?*

4.2.7 Reittikohtainen vertailu vuonna 2007

Edellisen vuoden kaltaiset erot toistuivat vuonna 2007 (kuva 45). Vantaan pölypitoisuudet olivat katupölyvaiheen alkaessa taas suhteellisen korkeat, mutta lopulta kaikkein alhaisimmat. Helsinki puolestaan oli muita vähemmän likainen alkukeväällä, muttei puhdistunut erityisen hyvin. Espoossa onnistuttiin nopealla puhdistuksella ja kalsiumkloridilla pölyä sitomalla pitämään pitoisuudet varsin alhaisina. Riihimäki oli erityisen likainen maaliskuun lopussa, mutta lähtöarvoihin verrattuna puhdistus tuotti hyvän tuloksen. Kuitenkin viimevuotiseen tapaan Riihimäen pitoisuudet olivat kesän koittaessa muita kaupunkeja korkeammat. Myöskään Kera-valla ei päästy kovin puhtaaseen "lopputulokseen". Tampere pysyi koko kauden lähellä "keskikastia" samaan tapaan kuin vuonna 2006.

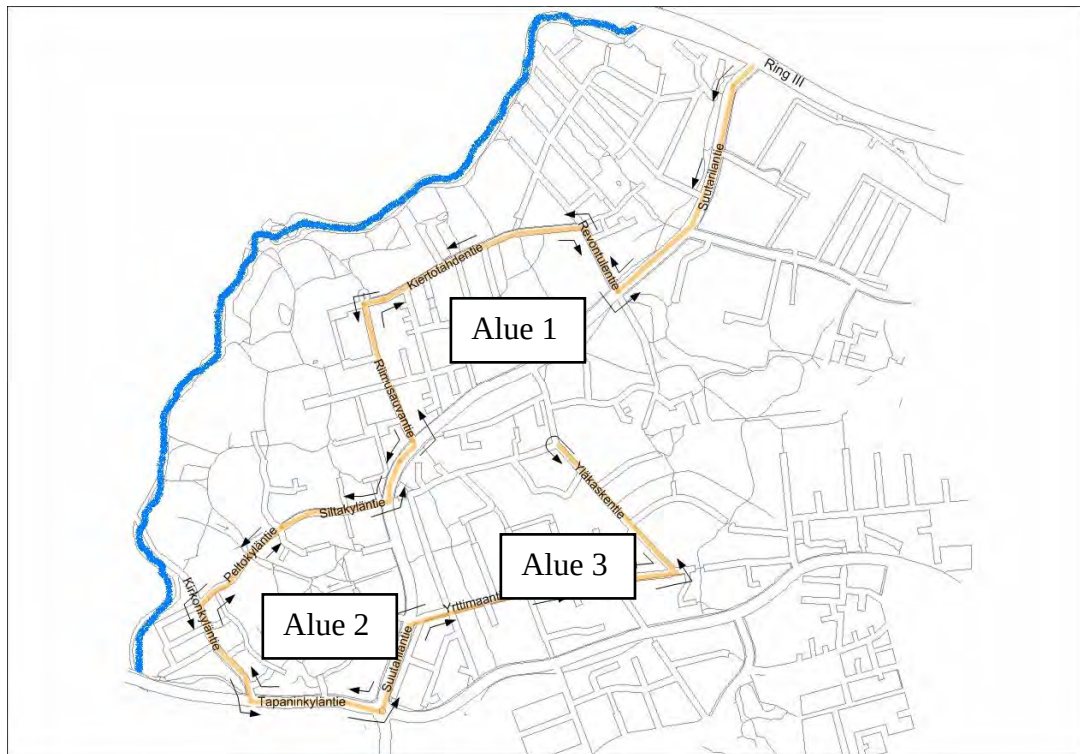


Kuva 45. Helsingin, Vantaan, Espoo, Keravan, Tampereen ja Riihimäen Nuuskijalla mitattujen katupölypäästöjen keskiarvojen vertailu kevään 2007 aikana.

Mielenkiintoinen vertailuaineisto saatiin 11.9.2007 tehdyltä mittauskierrokselta, johon sisältyivät Helsinki, Espoo, Vantaa ja Suutarila Helsingissä. Tuloksia on selostettu edellä Vantaan aineiston yhteydessä (4.2.1.). Mittausta edeltävät sää oli pitkään varsin runsassateinen. Kadut olivat siis kauttaaltaan varsin puhtaat, vaikkei mitään puhdistustoimenpiteitä suoritettu.

Muita selvästi korkeammat pitoisuudet mitattiin Suutarilassa (kuva 46). Tämä on yhdenmukainen Riihimäen ja Keravan pientaloalueiden kanssa. Niissä kesäaikaankin kaduille tulee hiekkaa autojen mukana päällystämättömiltä pihoilta, pientareilta ja pysäköintialueilta sekä sorapäällysteisiltä sivukaduilta. Sen sijaan kaikkein alhaisimmat pitoisuudet mitattiin Vantaan Tikkurilan reitiltä, jossa sielläkin tosin juuri Talkootien pientaloalueella oli muuta reittiä korkeammat pitoisuudet. Tikkurilan alhaisiin pitoisuuksiin otaksutaan vaikuttavan sen, että kadut on tehty SMA11-päällysteestä, joka on sileäpintaisempi ja siten vähemmän pölyä "varastoiva" kuin muiden reittien karkeammista kivimurskeista tehdyt päällysteet.

Tutkimusalue jaettiin kolmeen osaan, joilla kokeiltiin erilaisia laitteistoja. Kuvan 47 karttaan on piirretty Nuuskijan mittausreitti, tutkitut katuosuudet ja puhdistuksen vastualueet.



Kuva 47. Nuuskijan mittausreitti Suutarilassa, tutkitut katuosuudet ja puhdistuksen vastualueet.

Alueella 1 (Revontulentie, Kiertotähdentie, Riimusaupantie) puhdistuksessa käytettiin isoa, alustalla toimivaa imulakaisukonetta. Koneen etuosaan oli asennettu painepesujärjestelmä, jossa suuttimien määrään, pesun suuntaukseen ja paineeseen on kiinnitetty erityistä huomiota (kuva 48).

Alueella 2 (Siltakyläntie, Peltokyläntie, Kirkonkyläntie) puhdistuksessa käytettiin isoa, alustalla toimivaa imulakaisukonetta (kuva 49). Painepesu tehtiin erillisellä laitteella.

Alue 3: Yrttimaantie, Yläkaskentie. Keskikokoinen imulakaisukone (kuva 50).



Kuva 48. Imulakaisu ja painepesu Suutarilan alueella 1.



Kuva 49. Imulakaisu Suutarilan alueella 2



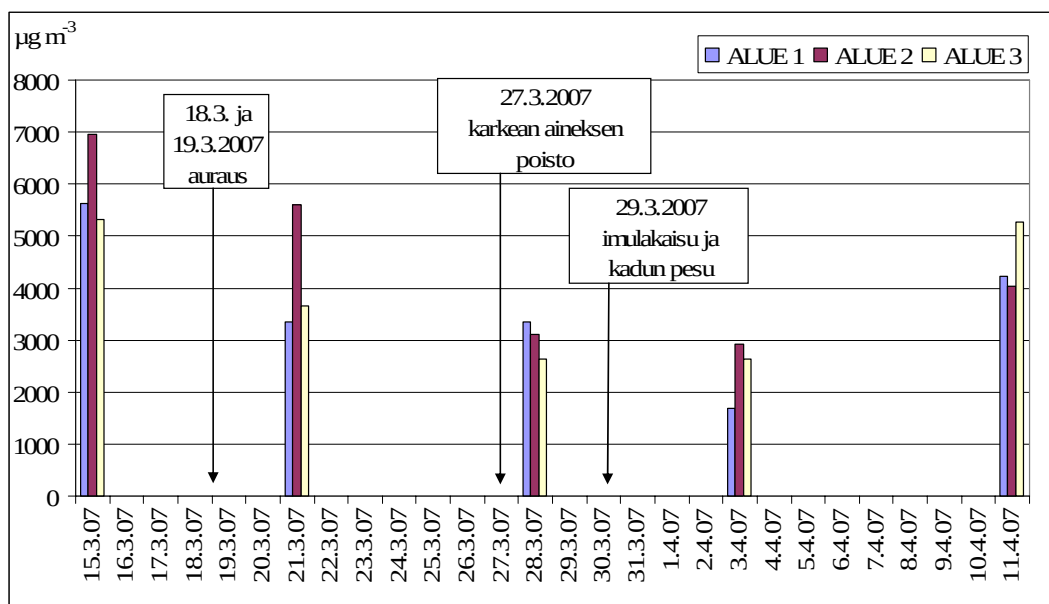
Kuva 50. Imulakaisu Suutarilan alueella 3

4.2.8.2 Kaluston puhdistuskokeilun tuloksia

Kuvassa 51 on esitetty Nuuskijan mittaamat päästötasot eri päivinä sekä puhdistustoimenpiteiden ajoittuminen alkukevään aikana. Päästötaso on vähentynyt jo ennen puhdistustoimenpiteitä 15.3. ja 21.3. välisenä aikana. Tuolloin on esiintynyt jonkin verran lumi- tai räntäsadetta (18.3.) ja navakkaa tuulisuutta (19.3.). Sateiden yhteydessä tutkimusalueiden kadut on aurattu. Sääolot (tuulisuus, mahdolliset hulevedet) ja auraus ovat jonkin verran voineet vaikuttaa irtopölyn kulkeutumiseen pois kadun pinnoilta ja selittävät osaltaan päästötasojen laskua ennen puhdistustoimenpiteitä. Puhdistusten jälkeen 11.4. päästötasot ovat jälleen palautuneet suurin piirtein puhdistumista edeltävälle tasolla. Syitä tällaiseen kehityskulkuun on tarkemmin käsitelty luvussa Hiekanpoistojen vaikuttavuus katujen pölyämiseen Helsingissä 2006 ja 2007..

27.3. tapahtuneen karkean aineksen poiston jälkeen alueilla 2 ja 3 havaittiin alempia päästötasoja verrattuna 21.3. vallinneeseen tilanteeseen. Alueella 1 päästötaso on ollut käytännössä sama molempina päivinä. Ennen imulakaisua ja painepesua alueiden keskimääräiset päästötasot olivat suurin piirtein samalla tasolla (28.3. mittaukset, kuva 5), mikä auttaa eri alueiden vertailukelpoisuutta.

Imulakaisu ja katupintojen painepesu toteutettiin 29.3.2007. Puhdistustehokkuuksien vertailussa on käytetty 21.3., 28.3. ja 3.4. saatuja mittaustuloksia (taulukko 3). On huomioitavaa, että 3.4. toimenpiteistä on kulunut jo 5 päivää, joten on mahdollista että päästötasot ovat olleet alhaisempia lähempänä puhdistusajan kohtaa. Jatkossa vastaavissa tutkimuksissa tulee mittauksia tehdä useammin, esimerkiksi kerran päivässä toimenpiteiden jälkeen.



Kuva 51. Nuuskijan mitaamat päästötasot Suutarilan eri alueilla ja puhdistustoimenpiteiden ajoitus. Alueen 2 tuloksissa eivät ole mukana Kirkonkyläntien mittaukset.

Taulukossa 3 on esitetty Nuuskijan mitaamat keskimääräiset päästötasot eri alueilla ennen (21.3.) ja jälkeen (3.4.) puhdistustoimenpiteiden sekä ennen (28.3.) ja jälkeen (3.4.) katujen imulakaisun ja painepesun. Tulokset koskevat vain hengitettävää pölyä, eikä näkyvän lian tai pölyn poistoa.

Kaikki puhdistustoimenpiteet (harjaus, imulakaisu, painepesu) ajoittuivat 21.3. ja 3.4. mittausten väliin. Tuona aikana päästötasot ovat vähentyneet kaikilla alueilla. Suurin vähenemä on havaittu alueilla 1 ja 2 (49 % ja 48 %), kun taas alueella 3 vähenemä on ollut 28 % (taulukko 3).

Taulukko 3. Nuuskija keskimääräinen signaali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Suutarilan eri alueilla ennen (21.3.) ja jälkeen (3.4.) puhdistustoimenpiteiden sekä ennen (28.3.) ja jälkeen (3.4.) katujen imulakaisun ja painepesun.

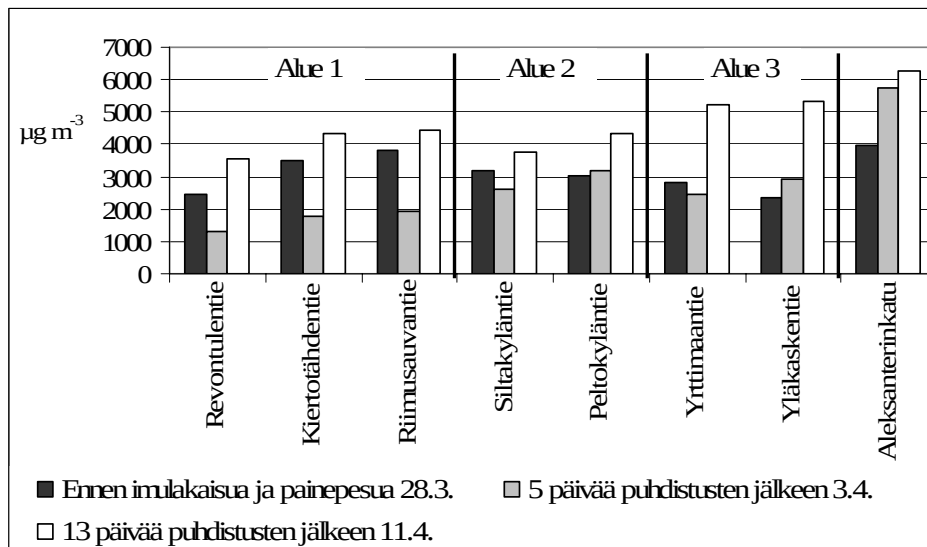
Nuuskija signaali [$\mu\text{g m}^{-3}$]	15.3.07	21.3.07	28.3.07	3.4.07	Pitoisuuden alenema 28.3. vs 3.4.	Pitoisuuden alenema 21.3. vs 3.4.
ALUE 1	5614.82	3337.46	3345.18	1696.43	49 %	49 %
ALUE 2	6957.29	5598.94	3114.69	2911.19	7 %	48 %
ALUE 3	5305.69	3661.14	2638.61	2644.48	0 %	28 %
Alueen 2 laskelmassa Kirkonkyläntie ei mukana						

29.3. tapahtuneen katujen imulakaisun ja painepesun jälkeen alueella 1 havaittiin 3.4. selvin päästötasojen vähenemä, 49 prosenttia, verrattuna 28.3. tilanteeseen (taulukko 3). Huomioitava on, että harjauksen jälkeen (21.3. vs. 28.3.) alueella 1 ei havaittu lainkaan päästötasojen vähenemää, miltä osin se poikkesi alueista 2 ja 3. Alueella 2 päästötaso on vähentynyt pelkästään imulakaisun ja painepesun vaikutuksesta keskimäärin 7 prosenttia. Aineistossa ei ole mukana Kirkonkyläntien mittauksia, jossa havaittiin Nuuskijan eri kierrosten välillä suurta vaihtelua, jota ei ole voitu selittää. Alueella 3 ei ole keskimääräisessä tarkastelussa havaittu päästötason vähenemää imulakaisun ja painepesun vaikutuksesta. Seuraavassa

kappaleessa käsitellään imulakaisun ja painepesun vaikutusta katutasen tuloksissa.

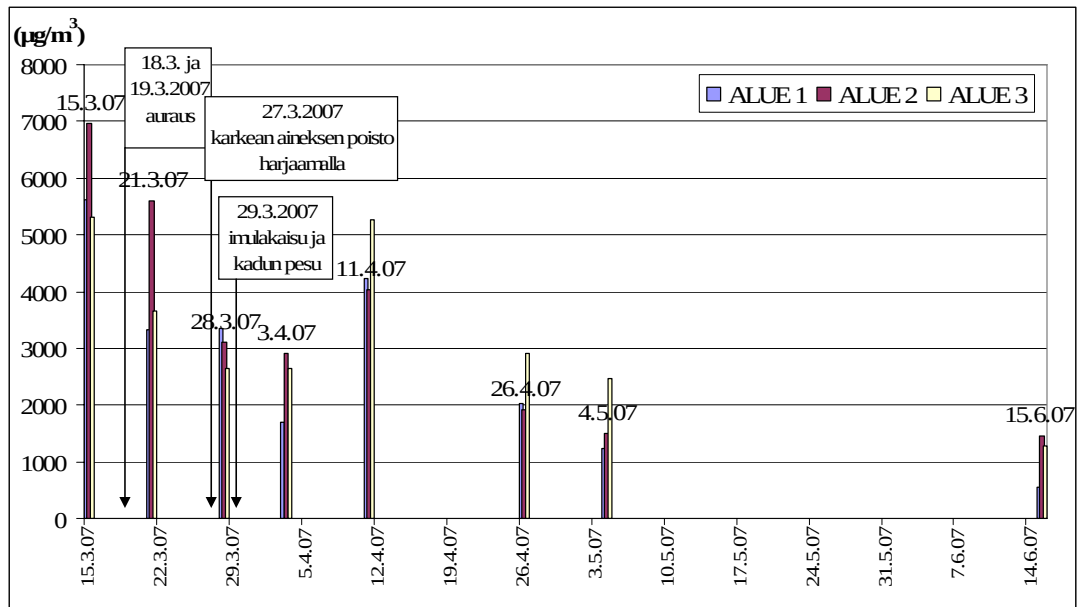
Imulakaisun ja painepesun vaikuttavuutta on katutasolla käsitelty kuvassa 52. Kuvasta näkyy, että toimenpiteitä edeltävät päästötasot ovat olleet suurin piirtein samalla tasolla (n. 2 000–4 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) myös katukohtaisesti. Viiden päivän jälkeen toimenpiteistä päästötaso on ollut alhaisemmalla tasolla kaikilla alueen 1 kaduilla, kun taas alueilla 2 ja 3 osalla kaduista on ollut alhaisempi päästötaso ja osalla sama tai jonkin verran korkeampi. Vertailun vuoksi kuvaajaan on piirretty myös Helsingin Aleksanterinkadun päästötasot, jolla ei ole tehty mitään puhdistustoimenpiteitä tarkastellulla aikavälillä. Siellä päästötasojen nousu on ollut selvää.

Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että 3.4. puhdistuksesta on kulunut jo viisi päivää, ja on mahdollista että päästötasot ovat olleet alhaisempia lähempänä puhdistusajankohtaa. Helsingin aineistossa (luku Hiekanpoistojen vaikuttavuus katujen pölyämiseen Helsingissä 2006 ja 2007) maaliskuuhun vaihteessa päästötasojen havaittiin palautuvan puhdistusta edeltävälle tasolle 5–6 päivässä. Näiltä osin Suutarilan tulokset ovat yhtäpitäviä Helsingin aineiston kanssa. 13 päivää puhdistuksen jälkeen, 11.4., Nuuskijan mitaamat pitoisuudet olivat Suutarilassa nousseet puhdistusta edeltävälle tasolle tai sen yli.



Kuva 52. Katukohtaiset päästötasot Suutarilassa keväällä 2007 ennen ja jälkeen imulakaisun ja painepesun. Vertailukohteena kuvan oikeassa laidassa Aleksanterinkatu, jolla ei ole tehty puhdistustoimenpiteitä.

Kuvaan 53 on lisätty kaikki seurantapäivien aluekohtaiset keskiarvot loppukeväältä (26.4. ja 4.5.) ja kesältä (15.6.). Päästötasot ovat laskeneet 11.4. jälkeen kaikilla alueilla, vaikka puhdistustoimenpiteitä ei ole alueilla 29.3. jälkeen tehty. Kesäkuussa Nuuskijan mitaamat pitoisuudet ovat olleet noin 500 ja 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kesällä Suutarilan kadut ovat keskimäärin jääneet pölyisemmiksi kuin Helsinki-reitin kadut, mihin voi vaikuttaa kaupunkiympäristöjen erilaisuus ja se, ettei Suutarilassa ole tehty puhdistustoimenpiteitä hiekanpoiston jälkeen.



Kuva 53. Nuuskijan mitaamat keskimääräiset aluekohtaiset päästötasot Suutarilassa 15.3.–15.6.2007.

4.2.8.3 Johtopäätökset kalustotestauksista Suutarilassa

Tulosten perusteella päästötasot olivat vähentyneet kaikilla alueilla puhdistustoi-
mien aikana. Imulakaisu ja katujen pesu vähensi päästötasoa selvimmin alueella
1, kun taas muilla alueilla vähenemä jäi pienemmäksi tai sitä ei havaittu. Alueella
1 oli erityistä huomiota kiinnitetty painepesun toteutukseen, mikä saattaa osal-
taan selittää hyvää tulosta. Toisaalta muilla alueilla oli havaittu päästötason vä-
henemistä jo harjauksen yhteydessä. Pölypäästötasojen vähenemät olivat suu-
rempia isolla kalustolla kuin keskisuurella. Tulokset ovat suuntaa-antavia, ja tut-
kimuksia laitteistojen PM_{10} -pölyn vähentämistehokkuuksien selvittämiseksi tulee
jatkaa. Tulokset koskevat vain hengitettävää pölyä, eikä näkyvän lian tai pölyn
poistoa. Toteutettu tutkimus on antanut tärkeää kokemusta ja tuloksia jatkotöiden
suunnitteluun.

Tulokset ovat yhtäpitäviä luvussa Hiekanpoistojen vaikuttavuus katujen pölyämi-
seen Helsingissä 2006 ja 2007 esitetyn tulokinnan kanssa, että hiekanpoistolla on
päästöjä alentava vaikutus, joskin Suutarilan tulokset viittaavat siihen että kalus-
toilla oli eroja. Esimerkiksi alueella 1 pitoisuustaso oli vielä 5 päivää puhdistuksen
jälkeen 50 prosenttia alhaisempi kuin ennen kevätpuhdistusta. Muilla alueilla oli
pääosin palautunut puhdistusta edeltävälle tasolle. On mahdollista, että pitoi-
suustaso on ollut alhaisempi lähempänä puhdistusajankohtaa. 13 vuorokautta
puhdistuksen jälkeen kaikilla katuosuuksilla havaittiin korkeampia pitoisuuksia
kuin ennen puhdistusta. Syynä tähän on ympäröivien katualueiden puhdistamat-
tomuus ja pölyn vapautuminen (tai vapautumisen jatkuminen) lumipenkoista, jal-
kakäytäviltä ja tienvarsilta lumen sulaessa ja pintojen kuivuessa.

4.2.9 Katujen kemiallinen pesukokeilu Vantaalla

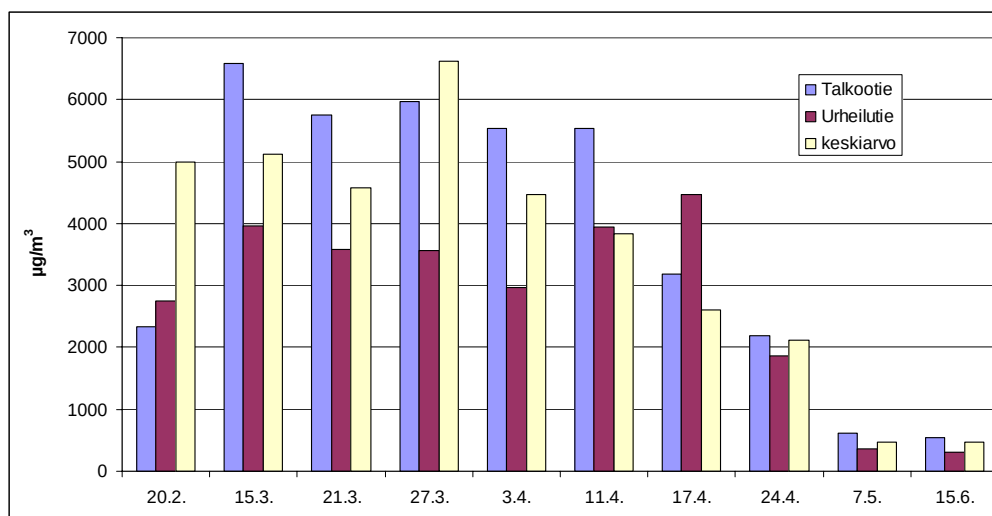
Keväällä 2007 toteutettiin Vantaalla kokeilu, jolla pyrittiin selvittämään, voidaanko katujen puhdistusta tehostaa kemiallisesti. Koekohteita oli kolme: Talkootie, Tuupakantie ja Askistentie. Kaikissa kohteissa osa kadusta puhdistettiin normaalitoimien lisäksi käyttämällä MäntyEko-vedenpehmennyskemikaalia. Toinen osa kadusta puhdistettiin vertailun vuoksi muuten käytössä olleella menetelmällä (kuva 54).

MäntyEko on EKOPINE Oy:n valmistama vedenpehmennyskemikaali, joka yhtiön esitteen mukaan on mäntyöljypohjainen, lievästi emäksinen pinta-aktiivisuutta alentava kemikaali. Tuotteen vaikuttava aine, mäntyöljyrasvahappo on peräisin luonnosta. Kemikaali on kehitetty parantamaan imeytymistä huokosiin, pinnaltaan lievästi hydrofobisiin materiaaleihin, kuten turpeeseen, puunkuoriin, hakkeen ja puupölyyn. Täten MäntyEko vedenpehmennyskemikaali sopii erinomaisesti mm. suo- ja turvepalojen sammutuksiin (<http://www.ekopine.fi/index.htm>).

4.2.9.1 Talkootien koe

Ensimmäinen koe tehtiin Talkootiellä, joka on osa KAPU-projektin Tikkurilan tutkimusreittiä, joten siitä on saatavana varsin runsaasti katupölyn tutkimustietoa vuosilta 2006 ja 2007. Talkootie on esikaupunkialueella oleva katu, jonka pölypitoisuudet olivat jonkin verran korkeammat kuin Tikkurilan reitin keskiarvo (vuonna 2006: Talkootie 3 803, Tikkurilan reitti 3 399 ja vuonna 2007: Talkootie 3 831, Tikkurilan reitti 3 523 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

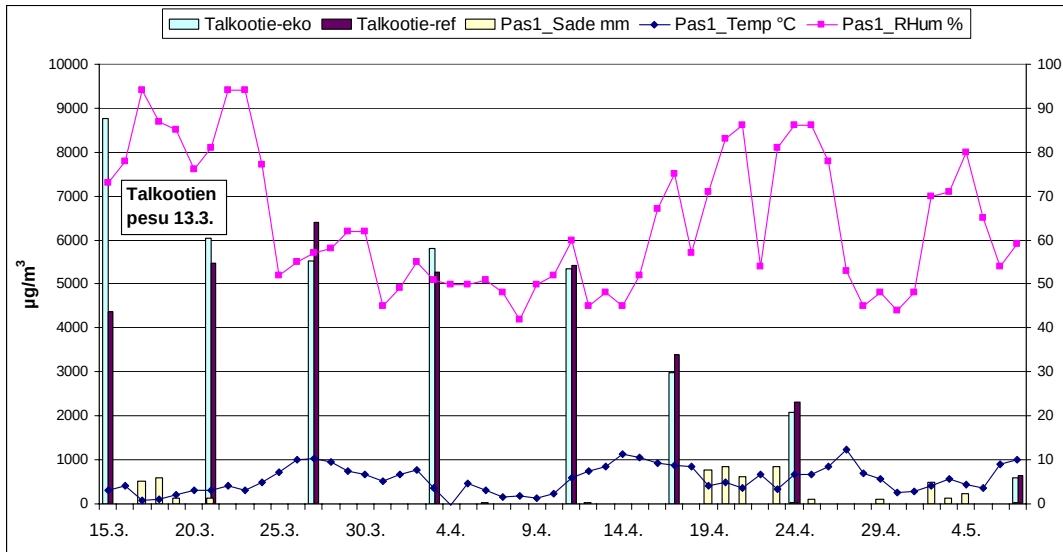
Talkootie on noin 1 km:n pituinen. Sen puhdistus tehtiin 13.3. Noin puolet (koillis-osa) käsiteltiin 2 % MäntyEko-liuoksella ja toinen puoli (kaakkoisosa) normaalisti. Puhdistus haluttiin tehdä mahdollisimman varhain, jotta kadulla olisi riittävästi puhdistettavaa katupölyä, ja siten saataisiin mahdollisimman selkeät tulokset. Katupölyn mittaukset tehtiin Nuuskija-autolla KAPU-projektin puitteissa.



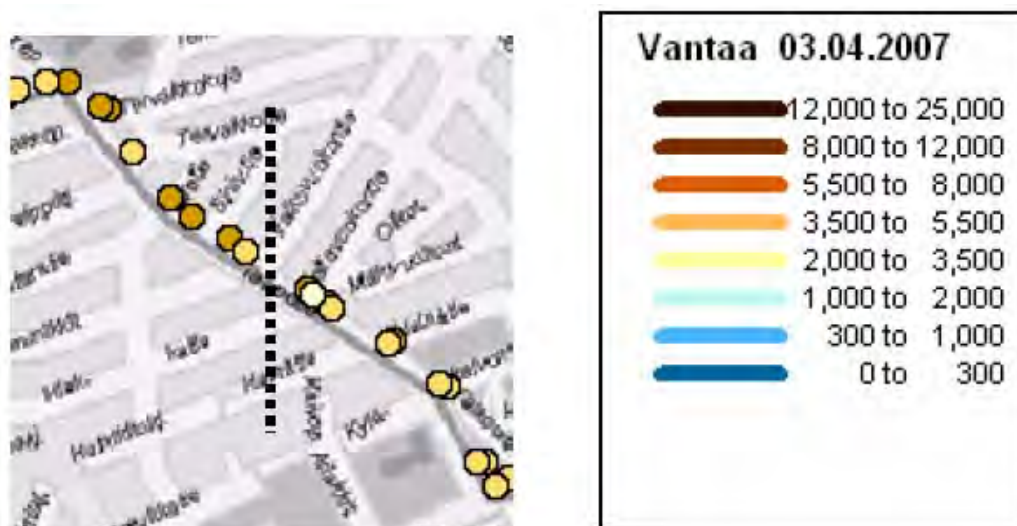
Kuva 54. Katupölyemissiöt Nuuskija-autolla mitattuina Vantaan Talkootiellä, Urheilutiellä sekä Vantaan koko tutkimusreitillä keväällä 2007.

Puhdistus oli kuitenkin ilmeisesti liian varhainen, sillä ajoradan ja jalkakäytävien reunoilla oli likaista jäätä vielä puhdistuksen jälkeen, ja se aiheutti ylimääräistä likaisuutta kadulle. Kuvasta 54 nähdään, että Talkootie oli 13.3. tehdyn pesun jälkeen likaisempi kuin sitä lähinnä vastaava Urheilutie ja Tikkurilan tutkimusreitin katujen keskiarvo. Kuvista 55 ja 56 puolestaan nähdään, ettei MäntyEko-liuksella pesty Talkootien osa tullut sen puhtaammaksi kuin normaalisti käsitelty kadun osa.

Näistä tuloksista ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä käytetyn kemikaalin vaikutuksesta, koska koe ei teknisesti onnistunut toivotulla tavalla.



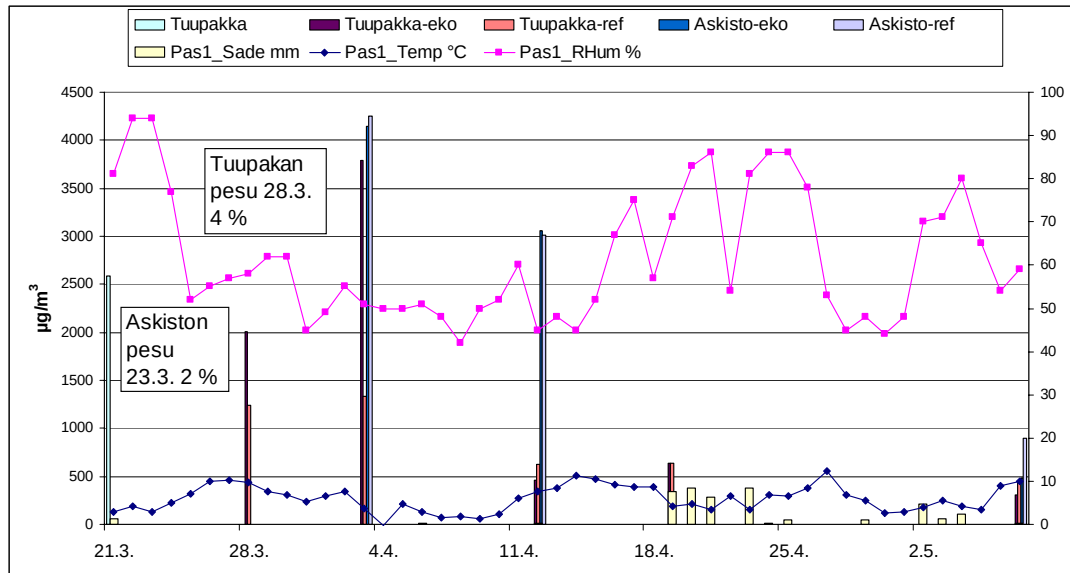
Kuva 55. Katupölyemissioiden Nuuskija-autolla mitattuina keväällä 2007 Vantaan Talkootiellä pesuaineella puhdistetulla osuudella (eko) ja vertailuosuudella (ref). Lisäksi säätietoja YTV:n Pasilan mittausasemilta.



Kuva 56. Nuuskijan mittaustuloksia Vantaan Talkootiellä 3.4.2007. Pystyviivan vasemmalla puolella MäntyEko-liuksella pesty osuus, oikealla normaalisti käsitelty. Taulukon yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.9.2 Askistontien ja Tuupakantien kokeet

Kemikaalikokeilua jatkettiin Vantaan länsiosissa Askistontielle ja Tuupakantielle. Askistontielle puhdistus tehtiin 23.3. 2 %:sella MäntyEko-liuoksella ja Tuupakantielle 28.3. 4 %:sella liuoksella. Molemmissa oli osa kadusta normaalipuhdistuksen vertailukohteenä. Puhdistusajankohtaa on näissä tapauksissa pidettävä onnistuneena, sillä lämmin kevätssä oli sulattanut kaduilla ja jalkakäytävien reunoilla olleet jäät (säätietoja kuvassa 57).



Kuva 57. Katupölyemissiöt Nuuskija-autolla mitattuina keväällä 2007 Vantaan Askistontielle ja Tuupakantielle pesuaineella puhdistetuilla osuuksilla (eko) ja vertailuosuuksilla (ref). Lisäksi säätietoja YTV:n Pasilan mittausasemilta.

Kuvasta 57 havaitaan, ettei kemikaalilla puhdistettu katuosuus kummassakaan tapauksessa tullut referenssiä puhtaammaksi. Tulokset ovat tosin jonkin verran hämmäntäviä, sillä esimerkiksi myöhemmin (12.4.) Tuupakantien pitoisuudet ovat paljon alhaisemmat kuin Askistontantiella. On mahdollista, että mittauksia edeltävinä päivinä on yöpakkasten vuoksi käytetty suolausta. Mikäli niin on tehty Tuupakantiella mutta ei Askistontantiella, se selittäisi kyseisen eron.

Korkeimmat pitoisuudet kaikilla tutkituilla katuosuuksilla mitattiin 3.4. eli selvästi puhdistuksen jälkeen. Tämä on yleinen ilmiö kaikkialla pääkaupunkiseudulla. Se johtuu suureksi osaksi siitä, että puhdistamattomilta kaduilta ja jalkakäytäviltä sekä päälystämättömiltä kaduilta, pysäköintialueilta, pihoilta yms. kulkeutuu hiekkaa ja pölyä autojen mukana jo itse puhdistuksen aikana sekä kaiken aikaa sen jälkeen. Ennen kuin puhdistus on riittävän laajassa mitassa tehty, ei puhdistetuillakaan kaduilla päästä alhaisiin pitoisuuksiin.

Koska silmämääräisesti pesun jälkeen voitiin kaduilla nähdä likaisia kuplia (kuva 58), pääteltiin, että pesuaine saattaa sittenkin irrottaa likaa. Voi olla mahdollista, että parantamalla laitteiston imutehoa ja/tai huuhtelutehoa saadaan näin irrotettu lika pois ja puhtaampi pesutulos.



Kuva 58. MäntyEko-liuoksen aikaansaamia likakuplia kadun pinnalla Tuupakantiellä.

4.2.9.3 Jalkakäytävien pesukokeilu

Myöhemmin keväällä pestiin Vantaalla MäntyEko-liuoksella erikseen likaisia betonilaattapäällysteisiä jalkakäytäviä (kuva 59). Niistä ei tehty pölymäärän mittauksia, mutta silmämääräiset havainnot osoittivat hyvää puhdistusta muunlaiselle lialle kuin varsinaiselle katupölylle.



Kuva 59. Jalkakäytävien pesua MäntyEko-liuoksella.

Vantaan kuntatekniikan keskuksen ylittemestari Erkki Tammiston mukaan tällä pesusysteemillä jalkakäytävälle ja erikoiskohteille saadaan puhtaampi ilme eli vaaleat kiveykset vaalenevat, ja samalla tulee muutamiksi päiviksi raikas tuoksu.

4.2.9.4 Arvioita ja johtopäätöksiä pesukokeilusta

Tutkimusmenetelmän ongelmana on se, että katujen pölypitoisuuksia ei voida mitata välittömästi puhdistuksen jälkeen, vaan mittaukset voidaan tehdä vasta sitten, kun kadut ovat kunnolla kuivuneet. Lisäksi ei ollut mahdollista käyttää Nuuskijaa mittauksiin riittävän usein. Näin ollen edellä mainittua jälkipölyyntymistä on esimerkiksi Askistontien 3.4. tehtyihin mittauksiin mennessä ehtinyt tapahtua jo 11 päivän ajan.

Toinen ongelma liittyy siihen, että käytettäessä MäntyEko-pesuliuosta ei voida käyttää lainkaan kalsiumkloridia, mitä pääkaupunkiseudulla käytetään yleisesti katujen puhdistuksen yhteydessä. CaCl_2 sitoo tehokkaasti ilmasta kosteutta ja siten pitää kadun pintaa kosteana ja vähentää pölyämistä.

Tässä tutkimuksessa ei voitu havaita, että MäntyEko-pesuliuoksella olisi voitu parantaa keväisen katupölyn puhdistustulosta. Syynä lienee se, että kemikaali on kehitetty parantamaan pesuveden imeytymistä huokosiin materiaaleihin. Koska katupölyn massa on valtaosaltaan ei-huokoista mineraaliainesta, tällaisesta pesuliuksesta ei ole sanottavaa apua. Vantaalla tehty erillinen jalkakäytävien pesu toisaalta osoitti, että tällä mäntyöljypohjaisella pesuliuoksella saavutetaan pelkkää vesipesua parempi pesuteho, kun kyseessä on muunlainen likaisuus kuin kiviainespohjainen katupöly. Tällaista likaa ovat katujen orgaaniset hienopölyt (pakokaasuista, renkaista, öljyt, ulosteet, oksennukset).

Kyse oli ensimmäisestä yrityksestä testata tällaisen kemikaalin vaikutusta varsin monimutkaisissa olosuhteissa. Edellä on kerrottu tutkimuksen toteuttamiseen liittyneistä ongelmista. Mikäli katsotaan, että niillä olisi ollut huomattava vaikutus tutkimustulokseen, koejärjestelyt pitäisi toteuttaa niin, että tällaiset tekijät voidaan eliminoida. Lisäksi on syytä kokeilla pesuaineen puhdistustehoa täydentäviä toimenpiteitä, joilla irrotettu lika saadaan paremmin pois katujen pinnoilta.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Liitteenä 13 (<http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/kapuliitteet>) olevaan kaavioon on koottu tekijöitä, jotka vaikuttavat katupölyn muodostukseen ja poistumiseen. Tekijöitä on hyvin paljon, mikä tekee ymmärrettäväksi, että vaikka monissa kaupungeissa on tehty paljon katupölyongelman vähentämiseksi, merkittäviä tuloksia ei ole saavutettu. Tähän yhteenvetoon on koottu sekä KAPU-projektissa että muissa tutkimuksissa saatuja tuloksia, joiden perusteella voidaan paremmin arvioida eri toimenpiteiden tehokkuutta sekä laatia ohjeita ja säädöksiä niiden toteuttamiseksi.

5.1 Säätilan vaikutus

Keväällä 2006 vallitsivat tämän tutkimuksen kannalta hankalat sääolot. Niiden johdosta katupölykausi myöhästyi huomattavasti, pitoisuudet olivat yleensä selvästi normaalia alhaisemmat ja episodin kesto oli lyhytaikainen. Lisäksi samaan aikaan sattui poikkeuksellisen voimakas ja pitkäkestoinen kaukokulkeumaepisodi, joka jonkin verran vaikeutti mittaustulosten tulkintaa.

Varsinaisen kevätpölykauden säätä luonnehti pitkäkö sateeton jakso 22.4.–13.5.2006. Tänä aikana katupölypitoisuudet alenivat varsin alhaiselle tasolle eikä merkittävää puhdistumista sen jälkeen tapahtunut. Näin ollen vuoden 2006 keväällä ei ollut mahdollista testata hypoteesia, jonka mukaan varsinainen hiekan poisto ja pesu eivät ole riittäviä hengitettävän pölyn poistamiseksi, vaan vasta runsaat kevätsateet huuhtelevat pölyn pois. Toisaalta juuri tuo kuiva jakso antoi uutta mielenkiintoista tietoa kyseisen sääjakson vaikutuksista katupölyn määrään. Vuoden 2006 sääolosuhteet eivät olleet suotuisat sen tutkimiseksi, miten kalsiumkloridilla tehtävä pölyn sidonta vaikuttaa kadun pinnalta tapahtuviin pölypäästöihin.

Keväällä 2007 vallitsivat aivan toisenlaiset sääolot kuin ensimmäisenä tutkimusvuonna. Kevät saapui varhain. Pölykausikin oli hyvin aikaisin ja pääosin jo ohi siinä vaiheessa, kun vuoden 2006 pahin pölykausi alkoi. Katujen puhdistus voitiin aloittaa jo maaliskuun alkupäivinä, minkä jälkeen yöpakkasia oli vain vähän. Huh-tikuun alussa puhdistus reittikaduilla oli enimmäkseen tehty. Hengitettävien hiukkasten raja-arvotason ylitykset jäivät selvästi vähäisemmiksi kuin vuonna 2006.

5.2 Hiekanpoiston ja pesun vaikutus

Tässä tutkimuksessa tehtiin se aikaisemminkin havaittu huomio, että keväinen katujen puhdistusoperaatio ei ole riittävän tehokas hengitettävän pölyn poistamiseksi, vaan katujen pinnalta mitatut pitoisuudet saattoivat jopa lisääntyä välittömästi puhdistuksen jälkeen (esim. Vantaalla). Myöskään Helsingissä toteutettu tehostettu katujen pesu ei näyttänyt tuottavan toivottua tulosta, joskin pesun ajoituksella ja tehokkuudella tulosta voidaan ehkä parantaa.

Kuitenkin vuoden 2007 Helsingin aineistojen tarkempi tutkimus osoitti, että kevätpuhdistuksen vaikutus PM₁₀-hiukkasmassan vähentämiseen on ilmeisesti selvästi suurempi kuin on päätelty puhdistuksen jälkeisistä ilman ja kadun pinnan korkeis-

ta PM₁₀-pitoisuuksista. Kevätpuhdistuksen todellista vaikutusta on toistaiseksi ollut vaikea todentaa, koska:

- 1) mittausta ei voida heti suorittaa kadun pinnan ollessa kostea
- 2) puhdistuksen yhteydessä käytettävä kalsiumkloridi sitoo pölyä
- 3) jälkilikaantuminen alkaa jo puhdistuksen aikana.

Puhdistuksen jälkeen kaduille tulee likaa jalkakäytäviltä ja liikenteen mukana puhdistamattomilta kaduilta sekä päällystämättömiltä kaduilta, pysäköintialueilta ja pihoilta. Tämä nostaa pölypitoisuuksia varsinkin puhdistuskauden alkuvaiheessa, jolloin suuri osa kaduista on vielä likaisina. Puhdistuskauden loppuvaiheessa jälkilikaantumista tapahtuu paljon vähemmän. On tarpeen selvittää, onko kertaalleen suoritettu puhdistus riittävä ja saadaanko toistuvalla puhdistuksella merkittävä lisähyötyä.

Vantaalla saavutettuun hyvään puhdistustulokseen on ilmeisesti vaikuttanut se, että Vantaan kaupunki puhdistaa itse samaan aikaan sekä ajoradat että jalkakäytävät ja pyörätiet. Syksyllä 2007 ilmeni, että Vantaan reitin kadut olivat muita pölyttömämpiä myös puhtaana syyskautena. Tämän oletettiin olevan vaikutusta Vantaan reitin päällysteellä, joka on melkein koko matkalla SMA11, mitä käytetään vaimentamaan liikennemelua. Tasaisempi päällysteen pinta saattaisi siis osaltaan selittää Vantaan reitin katujen poikkeuksellisen puhtauden muulloin kuin kevätpölyaikaan. Mikäli tämä oletamus saa vahvistusta lisätutkimuksista, sillä saattaa olla merkitystä katupölyongelman kannalta.

5.3 Pesuaineen käyttö katujen puhdistuksessa

Vantaalla tehdyissä tutkimuksissa ei voitu parantaa keväisen katupölyn puhdistustulosta käyttämällä MäntyEko-pesuliuosta. Toisaalta jalkakäytävien pesussa saavutettiin tällä mäntyöljypohjaisella pesuliuksella hyvä pesuteho. Pesuaine soveltuu paremmin katujen orgaanisen lian (pakokaasuista, renkaista, öljyt, ulosteet, oksennukset) kuin mineraaliperäisen katupölyn poistamiseen. Kyse oli ensimmäisestä yrityksestä testata tällaisen kemikaalin vaikutusta varsin monimutkaisissa olosuhteissa. Mikäli tutkimuksia jatketaan, tulee koejärjestelyjä parantaa ja kokeilla pesuaineen puhdistustehoa täydentäviä toimenpiteitä, joilla irrotettu lika saadaan paremmin pois katujen pinnoilta.

5.4 Kevätpesun tehokkuus

Helsingin Suutarilassa kokeiltiin kolmella keskenään vertailukelpoisella alueella erilaisen pesutehon omaavia laitteistoja. Paras puhdistustulos saavutettiin laitteistolla, jossa voimakas ja hyvin suunnattu painepesu. Jatkotutkimuksissa on tarpeen yhdistää tällaiseen pesuun tehokas imulaitteisto ja/tai huuhtelu, jotta kadun pinnasta irronnut lika saadaan tehokkaasti poistetuksi.

Imutehon nostaminen voi kuitenkin johtaa siihen, että poistoilman mukana katuympäristöön tulee enemmän hienojakoista pölyä. Se saattaa heikentää tuntuvasti ilman laatua, minkä vuoksi laitteistoon on yhdistettävä poistoilman suodatus. Asian lisätutkimukset ovat tarpeen.

5.5 Liikenteen vaikutus katupölyn määrään

Liikenne vaikuttaa katupölyn muodostumiseen nastarenkaiden vaikutuksesta sekä jauhamalla hiekoitushiekkaa hienommaksi ja kuluttamalla asfalttia myös hiekan avulla ns. hiekkapaperiefektissä. Toisaalta liikenteen vaikutuksesta kadulle levitetty hiekoitusmateriaali sinkoaa pois kaduilta (Kuhns ym. 2003, Kupiainen ym. 2006).

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että pitkän kuivan sääjakson aikana (22.4.–13.5.2006) katujen pölypitoisuus laski huomattavasti, vaikkei mitään puhdistustoimia tehtykään (mm. hyvin selvästi Vantaalla). Tästä tehtiin se johtopäätös, että vaikka hiekan poisto ei välittömästi alennakaan hienojakoisen katupölyn määrää, sen vaikutus tuntuu myöhemmin sen vuoksi, että enää ei kaduilla ole merkittävää määrää hiekkaa jauhautumassa pienemmäksi ja kuluttamassa asfaltin pintaa.

Tällaisessa tilanteessa liikenne nostaa kadun pienissä koloissa olevaa hienojakoista pölyä ilmaan, ja sitä poistuu kadulta liikenteen ilmapirran ja tuulen vaikutuksesta. Uuden pölyn muodostuminen on siten vähäisempää kuin vanhan poistuminen. Espoossa tehtiin jopa sellainen johtopäätös, että tietyissä olosuhteissa kadut puhdistuvat melkoisesti jopa ilman hiekan poistoa. Tällaista ”itsepuhdistumista” tapahtunee parhaiten olosuhteissa, joissa ei ole merkittävästi ilmapirtauksia rajoittavia rakennus- tai maastoesteitä ja joissa on runsaasti liikennettä lähes maksimaalisella kaupunkinopeudella. Katujen itsepuhdistumisesta on kuitenkin hidasta eikä se auta raja-arvotasojen ylitysongelmiin varsinkaan tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä, jossa myös ajonopeudet ovat suhteellisen alhaisia.

5.6 Kalsiumkloridin käytön vaikutus

Aikaisemmassa tutkimuksessa on todettu, että kalsiumkloridilla voidaan tuntuvasi vähentää katujen pölyämistä. Vaikutus kestää sateettomalla säällä jopa kaksi viikkoa, mutta sateet huuhtelevat suolan kadun pinnalta. Pölynsidonta on myös suuresti riippuvainen ilman kosteudesta, joten keväisin usein vallitsevan kuivan sään aikana teho on heikko. Keväällä 2007 saatiin erityisesti Espoossa hyviä tuloksia kalsiumkloridin käytöstä tekemällä täsmälevityksiä itse kehitellyllä laitteistolla. Tällaisella levityksellä voidaan välttää ajoradan liukkaita, käyttää riittävän väkevää liuosta ja toteuttaa pölyntorjuntaa tarvittaessa useammin kuin levittämällä koko ajoradalle.

Helsingissä maaliskuussa 2006 suoritettu kalsiumkloridin levitys osoitti, että pölynsidontaa voidaan tehdä myös katupölykauden alkuvaiheessa, jolloin pakkasten vuoksi ei katuja vielä päästä puhdistamaan eikä esimerkiksi pelkällä vedellä kastelua voida käyttää. Kalsiumkloridiliuoksen avulla katupöly pidättyi hyvin kadun pintaan eikä noussut ilmaan. Ilmanlaatu parani huomattavasti.

5.7 Rakennus- ja tietöiden vaikutus katupölyn määrään

Rakennus- ja tietyöt saattavat lisätä suuresti hiekan ja pölyn määrää kaduilla. Riihimäellä maaliskuun lopussa 2007 todetut erittäin korkeat katupölyn emissiot osoittavat, että mikäli näiden töiden yhteydessä ei riittävästi huolehdita kuljetusten ja työmaiden pölyistä ja katujen puhtaanapidosta, tilanne saattaa muodostua

pahaksi. Toisaalta Keravan keskustassa pystyttiin rakennustöiden vaikutuspiirissä olleet kadut pitämään samalla suhteellisen alhaisella tasolla kuin muutkin kadut.

Myös esimerkiksi Helsingissä esiintyneet valitukset rakennustöiden likaavasta vaikutuksesta antavat aiheen laatia säädökset, joilla töiden aikaiselle katujen puhtaustasolle määritellään kriteerit. Niihin tulee sisällyttää valvonta mittaamalla katujen pölypitoisuuksia.

5.8 Nastarenkaiden vaikutus

Tässä hankkeessa ei ole varsinaisesti tutkittu nastarenkaiden vaikutusta katupölyn määrään. Tunnettua kuitenkin on, että nastarenkaat kuluttavat tien pintaa ja lisäävät hengitettävää pölyä. Nastarenkaiden aiheuttama asfaltin kuluminen on moninkertaista määrällä tienpinnalla kuivaan verrattuna (suolaus lisää kulumista). Nastarenkaat nostavat pölyä kadun pinnalta ilmaan enemmän kuin kesärenkaat, mutta selvästi vähemmän kuin kitkarenkaat (Tervahattu ym. 2005). Kitkarenkaista muodostuu enemmän orgaanista kumipölyä kuin nastarenkaista. Katupölyongelman kannalta on edullista käyttää talviaikana kitkarenkaita, mutta ne tulisi vaihtaa keväällä hyvissä ajoissa pois, koska ne pölykaudella ovat nastarenkaita haitallisia.

5.9 Hiekoituksen vaikutus

Hiekoituksen määrällä on suuri vaikutus syntyvän pölyn määrään. Hiekoituksen aiheuttama hengitettävän pölyn lisääntyminen on ajallisesti rajautunut, koska hiekoitusmursketta sinkoaa pois kaduilta. Ajojaloille leviää hiekkaa jalkakäytäviltä ja ajoneuvojen mukana hiekkaa kulkeutuu hiekoittamattomille katuosuuksille. Myös tuuli levittää hiekkaa usein laajoillekin alueille.

Hiekoitusmateriaalin valinnassa tärkeää on erityisesti sen raekokojakauma. Hienojakoinen hiekka lisää pölyn muodostusta karkeampiin murskeisiin verrattuna. Hiekoitusmateriaalin mineraalikoostumus on myös tärkeä etenkin iskunkestävyydeltään heikoilla (helposti murskaantuvilla ja jauhautuvilla) kiviaineksilla. Jos hiekoitusmurske on heikkoa ja se koostuu lisäksi pääasiallisesti kovista mineraaleista (esimerkiksi kvartsista) muodostuu hiekoitusmurskeen jauhautumisen seurauksena tehokas kuluttava "hiekkapaperimateriaali".

5.10 Asfaltin merkitys

Asfaltin "kova" kivimateriaali kuluu vähemmän ja tuottaa vähemmän pölyä. Toisaalta hiekoitusmurske kuluu enemmän "kovaa" asfalttikiveä vasten ja muodostuu siten enemmän pölyä.

Hiekoitusmateriaalin ja asfaltin kiviaineksen keskinäisillä ominaisuuksilla on myös merkitystä. Molempien ominaisuuksista riippuu, kumpi kuluu enemmän ja muodostaa hienojakoista hiukkasmassaa.

Eri tekniikalla valmistetut päällysteet saattavat myös poiketa pölyominaisuuksiltaan. AB-päällysteet ovat ilmeisesti SMA-asfaltteja parempia sen vuoksi, että ne ovat tasaisempia pinnaltaan eikä niissä siten pysty olemaan yhtä paljon pölyä pinnan koloissa. Samasta syystä hiljaiset päällysteet ovat ilmeisesti parempia kuin normaalit päällysteet. Tämä johtuu pienirakeisemmasta kivimurskeesta, joka tekee pinnan tasaisemmaksi. Edellä mainitut hyvät kokemukset SMA11-päällysteen käytöstä Vantaalla antavat aihetta jatkotutkimuksiin. Mikäli osoittautuu, että SMA11:lla on hyvät pöly-, melu- ja kulutusominaisuudet, niiden käyttöä kaupunkiliikenteessä on syytä lisätä.

Asfalttilaatujen osalta on tarpeen jatkaa tutkimuksia ja pyrkiä laatimaan myös pölyongelmat huomioon ottavat suositukset erilaisille liikenneväylille. Suosituksiin tulee sisällyttää myös asfaltin iän ja kuluneisuuden normitus ja sekä kuluneisuuden mittauslaite-suositus.

5.11 Talvikunnossapidon toimet

KAPU-projektissa ei saatu merkittävästi aineistoa talvikunnossapidon vaikutuksista. Toki välillisiä johtopäätöksiä tehtiin. Esimerkiksi katupölyn määrä pölykauden alkaessa ennen puhdistustoimia kertoo jotain talvikunnossapidon onnistumisesta pölyongelman kannalta. Helmikuussa 2007 sattunut voimakas pölyepisodi korosti talviaikaisten toimien vaikutusta, koska tuohon aikaan ei vielä puhdistukseen voida yleensä ryhtyä.

Jatkotutkimuksissa on tarpeen kiinnittää enemmän huomiota mahdollisuuksiin vähentää pölyongelmaa talvikunnossapidon avulla. Esimerkkinä talviajan toimista mainittakoon aurauksen ja lumen poiskuljetuksen tehostaminen. Nykyisin lumi usein pakkautua tiiviisti sekä ajoradoille että jalkakäytävälle, ennen kuin auraukseen ryhdytään. Jalkakäytävälle levitetään yleisesti runsaasti hiekkaa pakkautuneen lumen päälle. Talven mittaan hiekkaa kertyy jalkakäytävälle erittäin runsaasti, ja se on jäljellä keväällä lumien sulettua. Aurausta ja lumen poistoa tehostamalla voidaan vähentää hiekoitusta ja suolausta, kun liukkautta aiheuttava lumi ja jää poistetaan. Näin vähennetään katupölyn muodostusta. Hiekoituksen ja suolauksen kustannussäästöillä voidaan rahoittaa tehostettua aurausta ja lumen poistoa.

5.12 Puhtauskriteerit

Selkeitä kriteereitä katujen puhtaudelle ei ole olemassa. Myöskään puhtausasteen kuvaamiselle ei ole vakiintunutta käytäntöä. Tässä työssä on käytetty ilmaisuja "likainen", "melko likainen", lievästi likainen jne. määrittelemättä, mitä kullakin sanonnalla tarkoitetaan. Eri puhtausasteiden rajoja harkittiin laadittaessa asteikkoja Nuuskijan mittaustuloksista tehdyille pitoisuuskartoille. Niissä väriasteikko on 9-portainen. Näin laaja skaala katsottiin tarpeelliseksi, jotta erilaiset puhtauserot tulevat kartoilla hyvin esille. Tämä asteikko voisi olla pohjana myös yleisemmälle katujen puhtausasteen määrittelylle, jossa kuitenkin lienee tarpeen muodostaa esimerkiksi 6-portainen asteikko.

KAPU-projektin aineiston avulla on mahdollista määritellä katujen puhdistuksen jälkeiset pölyemissioiden (PM_{10} -pitoisuuksien) kriteerit, joihin puhdistuksella tulee

päästä. Kadun pinnan pölypitoisuus tulee olla sellainen, ettei se enää ylläpidä huonoa ilmanlaatua. Ilmanlaadun arvio tehtäisiin ilmanlaadun mittausasemien tulosten perusteella ja kadun pölyemission mittaus Nuuskijalla. Kevään 2007 mitausten perusteella näyttää siltä, että 2000 µg/m³ saattaisi olla sopiva vaatimustaso (kitkarenkailla mitattuna).

Puhtauskriteerien noudattamisen kannalta on tarpeen, että lähtökriteerit kirjataan urakka-asiakirjoihin niin selkeästi, että urakoitsijat ymmärtävät niiden merkityksen hinnoittelussaan. Tilaajapuolen kontrollointitapa ja kriteerit pitää olla selkeästi määriteltä. Valvonnan täytyy käytännössä toimia urakoitsijoiden yhdenvertaisuus huomioiden.

5.13 Puhdistuksen vastuukysymykset

Puhdistuksen vastuuvelvoitteita on tarpeen selvittää. Keväinen puhdistus katsotaan kuuluvan talvihoitoon, mutta selkeämpi erillisvastuu voisi olla parempi. Lakisääteisesti kadun (15 tai 24 m tontin rajasta) puhtaanapito kuuluu kadun varren kiinteistöille. Kaupungit tekevät keväisin puhdistuksen osalta verovaroin kiinteistöille kuuluvia tehtäviä. Pitäisikö lakia muuttaa ja siirtää puhtaanapito sekä katu- ja jalkakäytävien osalta kaupungille? Miten siinä tapauksessa turvataan riittävät resurssit puhtaanapidolle? Jos kiinteistöjen tehtäviä siirretään kaupungille, lienee tarpeen säätää kiinteistöille maksuvelvoite.

5.14 Huomio koko logistiikkaketjuun

KAPU-projektin pohjalta voidaan suositella Suomen kaupungeille, että he laativat kaupunkikohtaisen selvityksen katupölyongelmaan liittyvien asioiden koko logistiikkaketjusta. Sen tärkeimmät aihepiirit ovat: katujen talvikunnossapito, katujen kevätpuhdistus sekä ilman laadun valvonta ja tutkimus. Selvityksessä käydään läpi käytössä olevat toimenpiteet, materiaalit ja laitteet sekä tehdään ehdotukset tarvittavista toimenpiteistä.

Tällaisen logistiikkaselvityksen lähtökohtana ovat ympäristönsuojelulain säädökset:

- parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta (mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu- rakentamis- ylläpito sekä käyttötapoja)
- ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteesta (ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä, kuten työmenetelmiä sekä raaka-ainevalintoja)

Selvitys sisältää mm. toimenpiteiden taloudellisuuden arvioinnin sekä riskianalyysin. Ehdotettuja toimenpiteitä toteutetaan koeluonteisesti ja tulokset evaluoidaan. Nämä säädökset tekevät mahdolliseksi antaa kuntakohtaisia määräyksiä talvikunnossapidosta ja kevätpuhdistuksesta. Kyseiset määräykset otetaan mukaan urakakilpailuun.

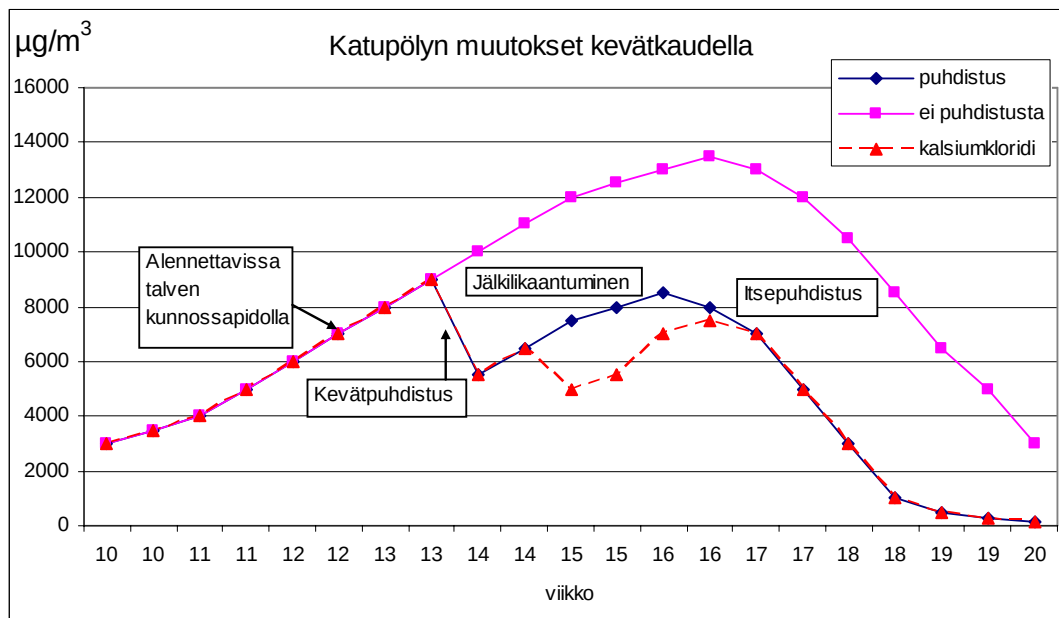
Monet esitetyistä toimenpiteistä edellyttävät valtakunnallisia tai kuntakohtaisia säädöksiä, ohjeistusta ja normitusta. Tässä esitettyjen keinojen lisäksi katupöly-

ongelmaan voidaan vaikuttaa liikenteen määrää vähentävillä toimilla ja nopeusrajoituksilla. Näillä, samoin monilla esitetyillä toimenpiteillä, voidaan saavuttaa pölyongelman vähentämisen lisäksi monia muita hyötyjä kuten melun väheneminen, energian säästö sekä liikenneurauhkien ja onnettomuuksien väheneminen. Kaikki tekijät yhdessä parantavat esitettyjen keinojen kustannus-hyötysuhdetta ja tukevat niiden kiireellistä toteuttamista.

6 Puhdistustoimenpiteet ja pölypitoisuus

Puhdistustoimenpiteiden ja hengitettävien hiukkasten keskinäissuhdetta kevätkaudella on vielä kaavamaisesti tarkasteltu kuvassa 60. Talven jälkeen pölypitoisuudet alkavat kohota katujen vapautuessa lumesta ja jäädä. Tämän vaiheen pölypitoisuudet ovat alennettavissa talven kunnossapidon avulla (mm. lumen auraus ja pois kuljetus, hiekoitus, puhdistus). Helsingin kokemus osoitti, että pölynsidontaa kalsiumkloridilla voidaan tehdä tässäkin vaiheessa lämpötilan ollessa pakkasen puolella, jolloin katujen puhdistusta ei vielä voida tehdä.

Kevätpuhdistuksen todellista vaikutusta on toistaiseksi ollut vaikea todentaa, koska (A) mittausta ei voida heti suorittaa kadun pinnan ollessa kostea, (B) puhdistuksen yhteydessä käytettävä kalsiumkloridi sitoo pölyä, (C) imulakaisun poistoilmassa saattaa kaduille palautua merkittävä määrä hengitettävää pölyä ja (D) jo puhdistuksen aikana alkaa kadun jälkilikaantuminen. Puhdistuksen jälkeen kaduille tulee likaa jalkakäytäviltä ja liikenteen mukana puhdistamattomilta kaduilta sekä päälystämättömiltä kaduilta, pysäköintialueilta ja pihoilta. Myös nastat saattavat vielä tässä vaiheessa tuottaa uutta pölyä.



Kuva 60. Kuvitteellinen kaavio eri tekijöiden vaikutuksesta katupölyn määrään kevät-pölyvaiheen aikana.

Jälkilikaantuminen kohottaa PM₁₀-pitoisuudet sekä kadun pinnalta Nuuskijalla mitattuna että ilmassa YTV:n asemilla mitattuna korkeammiksi kuin ennen puhdistusta. Ilman puhdistustoimia pölypitoisuudet nousisivat kuitenkin paljon korke-

ammiksi ja ilman laatu pysyisi huonona paljon kauemmin. Jälkilikaantumisen vaiheessa ilman pölypitoisuuksia voidaan alentaa sitomalla pölyä kadun pintaan kalsiumkloridiliuoksella. Sen teho on kuitenkin heikko ilman suhteellisen kosteuden ollessa alhainen.

Pölyä poistuu aina kaduilta autojen renkaiden ja turbulenssin nostaessa sitä ilmaan sekä tuulten ja sateiden vaikutuksesta. Sen jälkeen kun katujen puhdistustoimet on tehty, ei kaduilla enää ole hiekkaa jauhautumassa ja kuluttamassa asfalttia, jolloin uuden pölyn muodostuminen on vähäistä. Poistuvan pölyn massan ollessa suurempi kuin uuden muodostuminen, alkaa "itsepuhdistuminen" tulla näkyviin ja hengitettävän pölyn pitoisuudet alenevat, vaikkei mitään puhdistustoimia enää tehdäkään. Itsepuhdistuminen on nopeampaa silloin, kun kadulla on runsaasti liikenne, ajetaan suhteellinen kovalla vauhdilla ja maasto on avointa. Katukuiluissa ja ruuhkaisilla kaduilla se on hidasta.

Kirjallisuusluettelo

Etyemezian V., Kuhns H., Gillies J., Chow J., Hendrickson K., McGown M., and Pitchford M., 2003b. Vehicle-Based Road Dust Emission Measurement (III): Effect of Speed, Traffic Volume, Location, and Season on PM10 Road Dust Emissions in the Treasure Valley, ID. *Atmospheric Environment* 37, 4583–4593.

Fitz, D.R. and Bufalino, C. 2002. Measurement of PM10 Emission Factors from Paved Roads Using On-Board Particle Sensors. Paper presented at the US EPA 11th International Emission Inventory Conference, 15.-18.4.2002 Atlanta, GA.

Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2006. – YTV:n julkaisuja 12/2007.

Johansson, C., Norman, M., Omstedt, G., Swietlicki, E., 2004. Partiklar i stadsmiljö – källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM10. SLB Rapport 4:2004.

Kuhns, H., Etymezian, V., Green, M., Hendrickson, K., McGown, M., Barton, K., Pitchford, M., 2003. Vehicle-based Road Dust Emission Measurement — Part II: Effect of Precipitation, Wintertime Road Sanding, and Street Sweepers on Inferred PM10 Emission Potentials from Paved and Unpaved Roads. *Atmos. Environ.* 2003, 37, 4573–4582.

Kukkonen J., Pohjola M., Sokhi R.S., Luhana L., Kitwiroon N., Fragkou L., Rantamäki M., Berge E., Ødegaard V., Slørdal L.H., Denby B., and Finardi S., 2005a. Analysis and Evaluation of Selected Local-Scale PM10 Air Pollution Episodes in Four European Cities: Helsinki, London, Milan and Oslo. *Atmospheric Environment* 39, 2759–2773.

Kupiainen, K., 2007. Road dust from pavement wear and traction sanding. *Monographs of the Boreal Environment Research* 26, 1–50.

Kupiainen, K., Pirjola, L., Tervahattu, H., 2005. Mobile measurements of spring-time street dust in Helsinki, Finland. *Report Series in Aerosol Science* 77, 78-83.

Lohmeyer A., Bächlin W. & Düring I. 2004. Modelling of Vehicle Induced Non-Exhaust PM10 Emissions. *Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop*. Lago Maggiore, Italy, 18 October 2004. Paper 14.

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 Suomessa jaksolla 1999–2005. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B2006:18. YTV, Helsinki. 47 s + liitteet.

Pirjola, L., Parviainen, H., Hussein, T., Valli, A., Hämeri, K., Aalto, P., Virtanen, A., Keskinen, J., Pakkanen, T., Mäkelä, T., Hillamo, R. (2004). Sniffer, a novel tools for chasing vehicles and measuring traffic pollutants. *Atmospheric Environment* 38, 3625–3635.

Tampereen kaupunki, 2006. Tampereen ilmanlaadun mittaustulokset. Neljännesvuosiraportti 2/2006. Yhdyskuntapalvelut, Ympäristövalvontayksikkö. 36 s.

Tervahattu, H. 2005. Kalsiumkloridin käyttö katupölyn sidontaan pääkaupunkiseudulla keväällä 2004. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 2/2005. 18 s.

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

Tervahattu, H., Kupiainen, K., Sainio, P., Lahti, T., Pirjola, L., 2006. Vierintämelun vähentäminen. Tutkimus- ja kehittämisprojekti VIEME. Väliraportti.
http://www.nordicenvicon.fi/data/dd09s9wa/VIEME_valiraportti.pdf

US EPA, 2003. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 13: Miscellaneous Sources.

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Joulukuu 2007 / December 2007	
Tekijä(t)/Författare/Author(s)		Heikki Tervahattu, Kaarle Kupiainen, Liisa Pirjola ja Jari Viinanen	
Julkaisun nimi Publikationens title Title of publication		Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä – KAPU-projektin loppuraportti Undersökning av olika åtgärder för minskning av gatudammet – slutrapport för projektet KAPU The Study of Measurements to Reduce Road Dust – Final Report of KAPU-project	
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentralens publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 14/2007	
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-473-995-5	ISBN (PDF) 978-952-473-996-2	
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatekstit/Bildtexter/Captions	fin fin, sve, eng fin fin	
Asiasanat Nyckelord Keywords	katupöly, kevätpöly, hiukkaset gatudammet, vårdammet, partiklarna road dust, spring dust, particles		
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Jari Viinanen Puh./tel. (09) 310 31519 Sähköposti/e-post/e-mail: jari.viinanen@hel.fi		
Tilaukset Beställningar Distribution	Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu PL 500, 00099 Helsingin kaupunki Helsingfors stads miljöcentral, Kundtjänst PB 500, 00099 Helsingfors stad City of Helsinki Environment Centre, Customer Service P.O. Box 500, FIN-00099 CITY OF HELSINKI Puh./tel. +358-9-310 13000 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi		

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2005

1. Helsingin ekologisen kestävyys ohjelma. Ympäristönsuojelun painopisteet vuosille 2005–2008
2. Munne, P., Autio, L. Ravinteiden vapautuminen Laajalahden ja Seurasaarenselän sedimentistä
3. Kolju, N., Autio, J. Pääkaupunkiseudun ympäristölupaselvitys 2002–2004
4. Pönkä, A., Kalso, S. Pehmeäjäätelön mikrobiologinen laatu Helsingissä vuosina 2001–2004
5. Yrjölä, R., Luostarinen, M., Tanskanen, A. Vuosaaren satamahankkeen linnustonseuranta 2004. Linnustomuutokset vuosina 2002–2004
6. Laine, L.J., Yrjölä, R. Kirjokertun, pikkulepinkäisen, ruiskäärän ja luhtahuitin habitaattikartoitus Mustavuoren lehdon ja Östersundomin lintuvesien Natura-alueella.
7. Tarvainen, V., Koho, E., Kouki, A.-M., Salo, A. Helsingin purot. Millaista vettä kaupungissamme virtaa?
8. Vatanen, S. Sedimenttien haitta-ainekartoitus Helsingin vesialueella vuonna 2005

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2006

1. Polojärvi, K., Niskanen, I. SO₂- ja NO_x-kuormituksen vaikutukset bioindikaattoreihin pääkaupunkiseudulla 1990-2004
2. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustonseuranta 2005.
3. Åberg, R., Kalso, S., Talja, P., Nousiainen, L.-L., Raussi, V., Pönkä, A. Savukalan laatu torimyyntissä Helsingissä kesällä 2005
4. Honkanen, J. (toim.). Haltialan metsäalueen luonto
5. Ympäristösuunnittelu Enviro Oy. Vanhankaupunginlahden lintuvesi –Natura 2000 –alueen hoito- ja käyttösuunnitelma
6. Kiema, S., Saarenoksa, R. Pornaistenniemen käävät ja orvakat sekä niiden suojeluarvo
7. Riska, T., Åberg, R., Raussi, V., Tuominen, M.-L. Eineskeittiöiden omavalvonnan toimivuus: lämpötilat ja puhtaus
8. Ilmarinen, K., Viitasalo, I. Vesikasvillisuus Seurasaarenselän–Katajaluodon alueella kesällä 2005: tutkimusmenetelmien vertailu
9. Nylund, N.-O., Lajunen, A., Sipilä, E., Mäkelä, K. Vähäpäästöiset ajoneuvot Helsingissä

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2007

1. Pönkä, A., Åberg, R., Kalso, S. Salaattien mikrobiologinen laatu Helsingissä kesällä 2006
2. Marttila, H. Helsingin lammet
3. Gorbatow, M. Uiminen Helsingissä
4. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2006
5. Pellikka, K., Räsänen, M., Viljamaa, H. Kasviplanktonin suhde ympäristömuuttujiin Helsingin ja Espoon merialueella vuosina 1969 - 2003
6. Lahti, T., Gouatarbès, B., Markula, T. Helsingin kaupungin meluselvitys 2007
7. Lahti, T., Gouatarbès, B., Markula, T. Helsingfors stads bullerutredning 2007
8. Weckström, M. Katsaus Euroopan kaupungeissa tehtyihin ilmansuojelun toimintaohjelmiin
9. Pönkä, A., Kalso, S. Pirtelöiden mikrobiologinen laatu Helsingissä
10. Viinanen, J. Helsingin kaupungin varautumissuunnitelma ilman epäpuhtauspitoisuuksien äkilliseen kohoamiseen
11. Viinanen, J. Helsingfors stads beredskapsplan för episoder med höga halter av luftföroreningar
12. Huuska, P., Miinalainen, M. (toim.). Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 2007
13. Hakkarainen, T., Kallionpää, S., Pönkä, A. EU-uimarantojen hygieeninen taso Helsingissä vuonna 2007
14. Tervahattu, H., Kupiainen, K., Pirjola, L., Viinanen, J. Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä. KAPU-projektin loppuraportti.