Mittausraportti: Ilmanlaatuseuranta Remeon tulipalon yhteydessä Tampereen Ruskossa 6.–9.11.2024

19.2.2025

Raportti ja analyysit: Atte Ojala, Mari Honkanen, Panu Karjalainen

Mittaukset: Atte Ojala, Ukko-Ville Mäkinen, Petteri Marjanen, Milja Jäppi, Lauri Savolainen, Tuomas Ylihärsilä

ISBN 978-952-03-3832-9 (verkkojulkaisu)

Sisällys

1. Tulipalo jätteenkäsittelylaitoksella Tampereen Ruskossa – tapahtumien kulku 3
2. Mittaukset ja kalusto..... 4
2.1. Mittauslaitteisto..... 4
2.2. Mittausten toteutuksen tarkempi kuvaus..... 5
2.2. Elektronimikroskopia 6
2.3. Säätiedot mittausjakson aikana 7
3. Mittaustulokset ja johtopäätökset 8
3.1. Mittaustulokset palopaikalla..... 9
3.2. Savun leviäminen lähiympäristössä..... 10
3.2.1. Savun leviäminen keskiviikkona 6.11. 10
3.2.2. Savun leviäminen torstaina 7.11. 13
3.2.3. Savun leviäminen perjantaina 8.11. 17
3.3. LDSA-tulokset 19
3.4. Elektronimikroskopian tulokset 21
4. Yhteenveto ja johtopäätökset..... 24
5. Lähteet..... 26

1. Tulipalo jätteenkäsittelylaitoksella Tampereen Ruskossa – tapahtumien kulku

Pelastuslaitoksen tiedotuksen mukaan marraskuun alussa Tampereen Ruskon Remeon jätteenkäsittelylaitoksella syttynyt tulipalo osoittautui laajaksi ja haastavaksi onnettomuudeksi, jonka sammuttaminen vaati useiden päivien intensiivisiä pelastustoimia. Tulipalo alkoi tiistaina 5. marraskuuta ja jatkui voimakkaana useiden päivien ajan. Sen aiheuttama savunmuodostus oli merkittävää, mikä johti vaaratiedotteen antamiseen Ruskon alueelle jo samana päivänä. Myöhemmin vaaratiedote laajennettiin koskemaan myös Lintuhytin aluetta, kun savua levisi tuulen mukana laajemmalle alueelle.

Pelastuslaitos siirtyi nopeasti laajoihin sammutus- ja raivaustoimiin. Jätteenkäsittelylaitoksen tiiviit jätekasat hidastivat sammutusta, sillä palopesäkkeet sijaitsivat syvällä materiaalin sisällä. Ainoa toimiva ratkaisu oli hajottaa ja levittää jätekasoja rakenteita purkamalla, jotta palopesäkkeet voitiin sammuttaa tehokkaasti. Ympärivuorokautisten sammutustoimien ansiosta savunmuodostusta saatiin vähennettyä merkittävästi jo perjantaina 8. marraskuuta, ja tilanteen arvioitiin kääntyneen parempaan suuntaan.

Savun- tai hajujenmuodostus kuitenkin jatkui lievempänä useiden päivien ajan, ja asukkaita kehotettiin pysymään sisätiloissa sekä sulkemaan ilmanvaihto tarvittaessa. Lisäksi pelastuslaitos seurasi aktiivisesti sääolosuhteita ja savun leviämistä reaaliaikaisesti johtokeskuksessaan, joka koordinoi tilannetta yhteistyössä eri viranomaisten kanssa. Ilmanlaatua ja savun haittavaikutuksia arvioitiin jatkuvasti, ja alueen asukkaille tarjottiin ohjeita ja tukea mahdollisten terveysvaikutusten varalta.

Viikonlopun aikana tilanne parani huomattavasti. Suurimmat palot saatiin sammutettua, ja savunmuodostus muuttui vähäiseksi höyryksi, joka ei aiheuttanut enää yhtä merkittäviä terveysriskejä. Lauantaina 9. marraskuuta pelastuslaitos pystyi vähentämään paikalla olevien yksiköiden määrää, ja vaaratiedote purettiin. Vaikka lieviä hajuhaittoja saattoi vielä esiintyä sääolosuhteitten mukaan, tilanne saatiin kokonaisuudessaan hallintaan.

2. Mittaukset ja kalusto

Tampereen yliopiston aerosolifysiikan laboratorio sai pyynnön osallistua Tampereen kaupungin koordinoimaan ilmanlaadun selvitystyöhön keskiviikkoaamuna 6. marraskuuta. Vastauksena tähän pyyntöön mittauslaitteisto koottiin ja asennettiin nopeasti ATMo-Lab-mobiililaboratorioon, jotta mittaukset voitiin aloittaa mahdollisimman pian. Mittaustoiminta käynnistyi saman päivän iltapäivällä noin klo 13. Ensimmäisenä tavoitteena oli saada yleiskuva tulipalon vaikutuksista ilmanlaatuun ja kartoittaa epäpuhtauksien pitoisuuksia erityisesti palopaikan läheisyydessä.

Mittaukset mukautettiin jatkuvasti sääolosuhteiden ja savun leviämisen mukaan. Keskiviikon ja perjantain välisenä aikana mobiililaboratorio siirrettiin kohdennetusti alueille, joissa savuriski oli suurin, erityisesti asuinalueille. Reaaliaikaisen tiedon avulla pystyttiin tehokkaasti seuraamaan savun kulkeutumista ja raportoimaan sen mahdollisista vaikutuksista ympäristöön.

Perjantaina 8. marraskuuta mittaukset osoittivat, että savunmuodostus palopaikan ympäristössä oli merkittävästi vähentynyt, ja lauantaina pitoisuudet olivat jo niin alhaisia, että savulla ei ollut enää merkittävää vaikutusta mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin. Tämän seurauksena mittaustoiminta päätettiin lopettaa lauantaina 9.11.

2.1. Mittauslaitteisto

Mittauksissa käytetyt reaaliaikaiset mittalaitteet ovat esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. *Käytetyt mittalaitteet ja mitatut suureet.*

Mittalaite	Valmistaja ja malli	Mitattava suure
Condensation Particle Counter (CPC)	TSI model 3752	Hiukkaslukumääräpitoisuus (N)
Engine Exhaust Particle Sizer (EEPS) spectrometer	TSI model 3090	Hiukkaskokojakauma (hiukkaskoot 5.6 – 560 nm)
Aerodynamic Particle Sizer (APS) spectrometer	TSI model 3221	Hiukkaskokojakauma (hiukkaskoot 0.5 – 20 µm)
Aethalometer	Magee Scientific model AE33	Mustan hiilen (engl. Black carbon, BC) massapitoisuus
CO_2-analysaattori	LI-COR Model LI-840A	Hiilidioksidipitoisuus (CO2)
Miniature Diffusion Size Classifier	Matter Aerosol AG DiSCmini	Keuhkodeposoituva pinta-ala (LDSA)

EEPS:in ja APS:n mittaamien hiukkaskokojakaumien avulla voidaan arvioida alle 2.5 µm kokoisten hiukkasten (PM2.5) massapitoisuutta. DiSCminillä ei mitattu jatkuvasti, kuten muilla laitteilla, vaan sillä mitattiin valituissa tilanteissa kävelemällä laite kädessä mobiililaboratorion lähettyvillä. Taulukossa 1 mainittujen laitteiden lisäksi näytettä kerättiin perjantaina hiilikalvolliselle kuparigridille läpivalaisuelektronimikroskooppia (TEM) varten.

Hiukkaslukumääräpitoisuus kertoo, kuinka monta hiukkasta on kuutiosenttimetrissä mitattua ilmaa. Massapitoisuus taas kuvaa kuutiometrissä ilmaa olevien hiukkasten massaa mikrogrammoissa. LDSA kuvaa keuhkorakkuloille deposoituvan hiukkasmassan pinta-alaa mikroneliömetreissä per hengitetty kuutiosenttimetri ilmaa.

2.2. Mittausten toteutuksen tarkempi kuvaus

Keskiviikon 6.11. mittausten toteutusta on kuvattu karkeasti taulukossa 2.

Taulukko 2. *Keskiviikon 6.11. mittausten eteneminen.*

Mittaus	Alkuaika	Loppuaika
Lintuhytti ja Ruskontien loppupää	13:20	13:37
Ruskon kaakkoisosa	13:37	13:45
Palopaikan lähellä Tauskonkadulla	13:47	13:58
Palopaikka	13:58	15:07
Ruskon kaakkoisosa ja Ruskontien loppupää	15:12	15:50
Lintuhytti ja Ruskontien loppupää	15:58	16:08
Saarenmaantie	16:08	16:18
Kaarina Maununtyttären tie (Kangasala)	16:18	16:33
Varsamäentie (Kangasala)	16:33	16:47
Ajo takaisin Ruskoon (Saarenmaantie)	16:47	16:58
Lintuhytti ja Ruskontien loppupää	17:00	17:15
Ruskon kaakkoisosa ja nopea käynti palopaikan lähellä	17:16	17:22

Torstain 7.11. mittausten eteneminen on kuvattu taulukossa 3.

Taulukko 3. *Torstain 7.11. mittausten eteneminen.*

Mittaus	Alkuaika	Loppuaika
Lintuhytti ja Ruskontien loppupää	9:22	10:40
Lintuhytti ja Ruskontien loppupää	11:26	12:06

Houkanvuorentie	12:10	12:30
Lintuhytti, Ruskontien loppupää ja Ruskon kaakkoisosa	12:35	13:15
Taustamittaus yliopistolla	13:20	13:25
Lintuhytinkadun loppupää	15:50	8.11., 8:00

Perjantain 8.11. mittausten eteneminen on esitelty taulukossa 4.

Taulukko 4. *Perjantain 8.11. mittausten eteneminen.*

Mittaus	Alkuaika	Loppuaika
Rusko, etenkin ruskontien puolelta	9:30	9:52
Lintuhytti	9:52	9:55
Hirvikallio	9:59	10:04
Saarenmaantie	10:23	10:29
Hirvikallio ja Juvankatu	10:31	10:48
Ruskontie	10:48	10:52
Hirvikallio	11:51	12:02
Ruskon itäpuoli	12:02	12:16
Hirvikallio ja Annalan itäpuoli	12:20	13:05
Ruskon itäpuoli ja Lintuhytti	13:05	13:26
Polunmäenkatu (TEM-keräys)	15:00	15:36
Ruskon itäpuoli ja Hirvikallion eteläosa	15:36	16:15

2.2. Elektronimikroskopia

TEM-näytteet kerättiin Ruskossa osoitteessa Polunmäenkatu 40 perjantaina 8.11. kello 15. Tämä paikka sijaitsee alle 300 metrin päässä tulipalosta. Kolme näytettä kerättiin läpivirtauskeräimellä soveltamalle eri keräysaikoja: 10 s, 1 min ja 10 min.

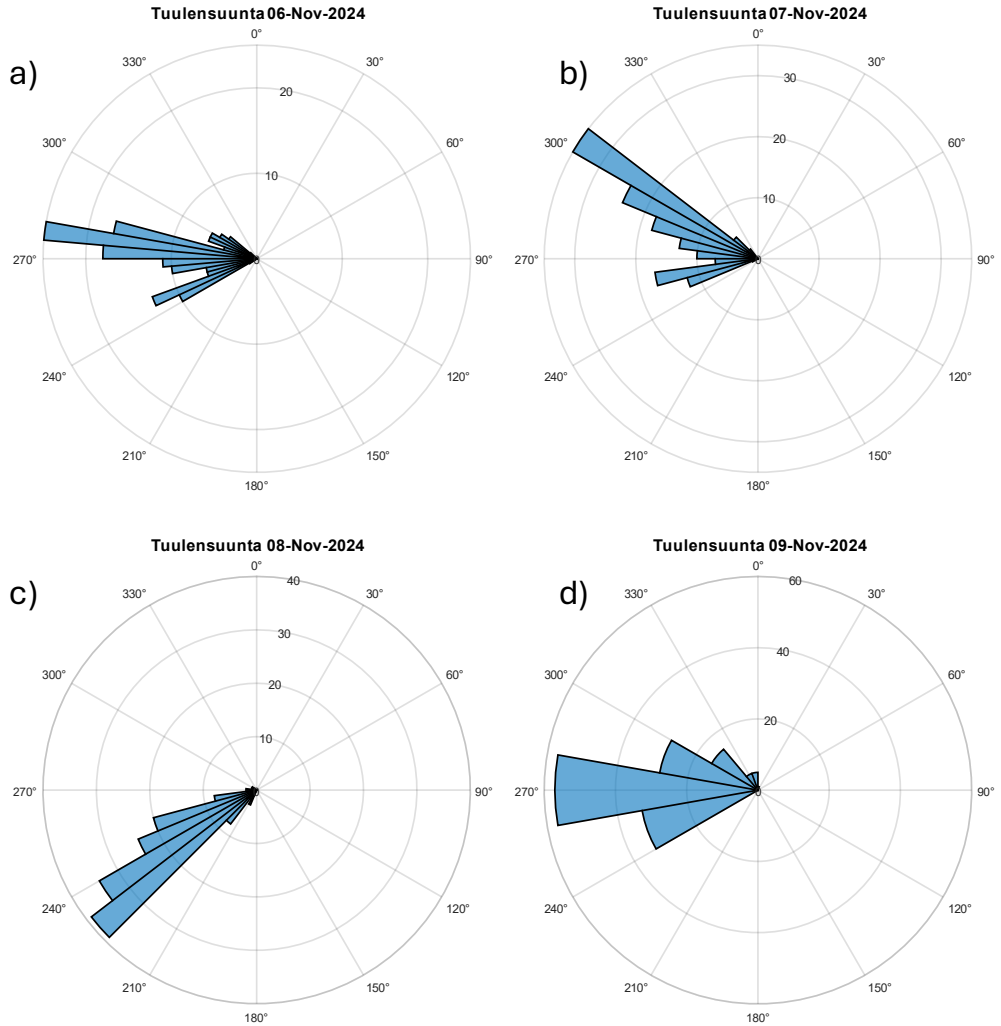
Analyysilaitteistona käytettiin Tampereen yliopiston Mikroskopiakeskuksen läpivalaisuelektronimikroskooppia (Transmission Electron Microscope, TEM, JEOL JEM-F200), joka on varustettu alkuaineanalysaattorilla (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS, JEOL Dual EDS). Kvalitatiiviset alkuaineanalyysit kerättiin supistamalla elektronisuihku hiukkasen ympärille.

TEM-gridistä tulee luonnostaan analyysituloksiin jonkin verran kuparia ja analysaattorista piitä, joten kyseiset alkuaineet jätettiin analyyseistä huomioimatta. Kuparia ei todennäköisesti hiukkasissa esiintynyt, mutta piitä saattoi joissain hiukkasissa olla pieniä määriä. Hiilikalvollisesta TEM-gridistä tulee mittauksiin jonkin verran hiiltä, mutta kaikissa analyyseissä alkuainehiilen

signaali oli niin merkittävä, että voidaan todeta hiiltä esiintyvän kaikissa analysoiduissa hiukkasissa.

2.3. Säätiedot mittausjakson aikana

Tuulensuunnat mittauspäivinä 6.–9.11. on esitelty kuvassa 1 tuuliruusuina. Sektorin suunta kuvaa, mistä suunnasta tuuli on tullut, 0° tarkoittaen pohjoista, 90° itää, 180° etelää ja 270° länttä. Tuulidata on Ilmatieteen laitoksen avointa dataa Tampereen Siilinkarin mittausasemalta. Data on piirretty kuviin koko aikajaksolta 10 minuutin aikaresoluutiolla. Oletettu savun leviämissuunta on luonnollisesti tuulen suuntaan nähden päinvastainen.



Kuva 1. *Tuuliruusu (a) keskiviikkona 6.11., (b) torstaina 7.11., (c) perjantaina 8.11. ja (d) lauantaina 9.11.*

3. Mittaustulokset ja johtopäätökset

Tässä kappaleessa esitellään mittaustulokset painottaen pääosin hiukkaslukumääräpitoisuutta, PM2.5:n ja mustan hiilen massapitoisuutta. Edellä mainitut suureet on mittauspäiviltä piirretty karttakuviin, joissa pallojen väri kuvaa esitetyn suureen arvoa. Mittaustulokset on keskiarvotettu siten, että kaikista saman päivän mittaustuloksista, jotka on mitattu alle 10 metrin etäisyydeltä toisistaan on otettu keskiarvo.

Taulukossa 5 on esitelty eri suureille arvoja Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemilta, jotta tämän raportin mittaustulosten suuruusluokkaa on helpompi hahmottaa. Arvot on laskettu minuuttikeskiarvojen pohjalta. Tulokset ovat Epilän, Pirkankadun, Kalevan ja linja-autoaseman mittausasemilta, paitsi LDSA, jota mitataan vain Epilässä ja Pirkankadulla. Taulukon keskiarvot on laskettu kaikkien asemien datasta, ja suurin arvo on siltä asemalta, jossa arvo on mitattu.

Taulukko 5. *Hiukkasten lukumääräpitoisuuden, PM2.5 ja LDSA keskiarvoja sekä suurimpia arvoja Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemilta tulipalon aikaan.*

	N (1/cm^3)	PM2.5 (µg/m^3)	LDSA (µm^2/cm^3)
6.11. keskiarvo	4 900	2.0	5.0
6.11. suurin minuutti-keskiarvo	61 000	11.7	53.5
7.11. keskiarvo	4 500	1.8	4.9
7.11. suurin minuutti-keskiarvo	59 000	9.8	38.3
8.11. keskiarvo	2 800	1.7	3.9
8.11. suurin minuutti-keskiarvo	30 000	11.6	29.8

Taulukossa 6 on esitelty Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) laatiman suuntaa antavan ilmanlaatuindeksin mukaisia raja-arvoja mitatuille suureille. Ilmoitetut raja-arvot ovat suureiden tuntikeskiarvoille.

Taulukko 6. *HSY:n laatiman ilmanlaatuindeksin mukaiset raja-arvot (HSY, 2025).*

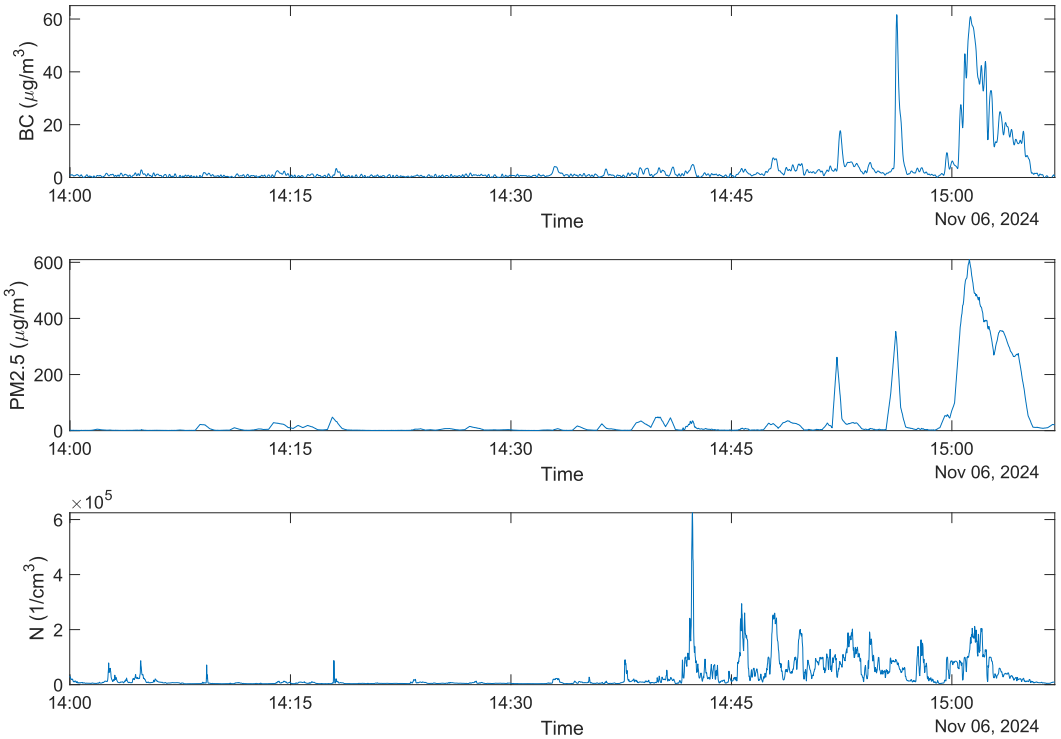
Ilmanlaatu	N (1/cm^3)	PM2.5 (µg/m^3)	BC (µg/m^3)	LDSA (µm^2/cm^3)
Erittäin huono	≥101 000	≥76	≥12	≥120
Huono	61 000–100 000	51–75	7–12	80–120
Välttävä	31 000–60 000	26–50	3–7	40–80
Tyydyttävä	16 000–30 000	11–25	1–3	20–40
Hyvä	<15 000	≤10	≤1	≤20

3.1. Mittaustulokset palopaikalla

Palopaikalla ilmanlaatumittaukset tehtiin hyvin lähellä, noin 50 metrin päässä palosta. Mittauspaikka on nähtävissä kuvassa 2.

Kuva 2. *Liikkuva laboratorio ATMo-Lab mittaamassa palopaikalla Ruskossa. Tulipalo oli kuvassa näkyvän jätekasan takana.*

Palopaikalla mitattiin keskiviikkona samassa paikassa noin tunnin ajan. Mittauksen tulokset on esitelty aikasarjoina kuvassa 3. Palopaikalta tehdyn LDSA-mittauksen tulokset on esitelty kappaleessa 3.3.



Kuva 3. *Mustan hiilen (BC) massan, PM2.5:n ja hiukkasten lukumääräpitoisuuden (N) aikasarjat palopaikalta 6.11.*

Mittausjakson aikana ilman epäpuhtauksien pitoisuudet vaihtelivat merkittävästi. Savu ei kulkeutunut juurikaan kohti mobiililaboratoriota mittausjakson alussa, joka on nähtävissä selkeästi hiukkaspitoisuuksien aikasarjoissa. Kuitenkin mittauksen viimeisen puolen tunnin ja etenkin viimeisen viiden minuutin aikana savu on selkeästi kulkeutunut kohti mobiililaboratoriota, ja mittaustuloksissa nähdään kohonneita tasoja. Voidaan lisäksi todeta, että tämä savuverho oli myös selvästi nähtävissä paljaalla silmällä.

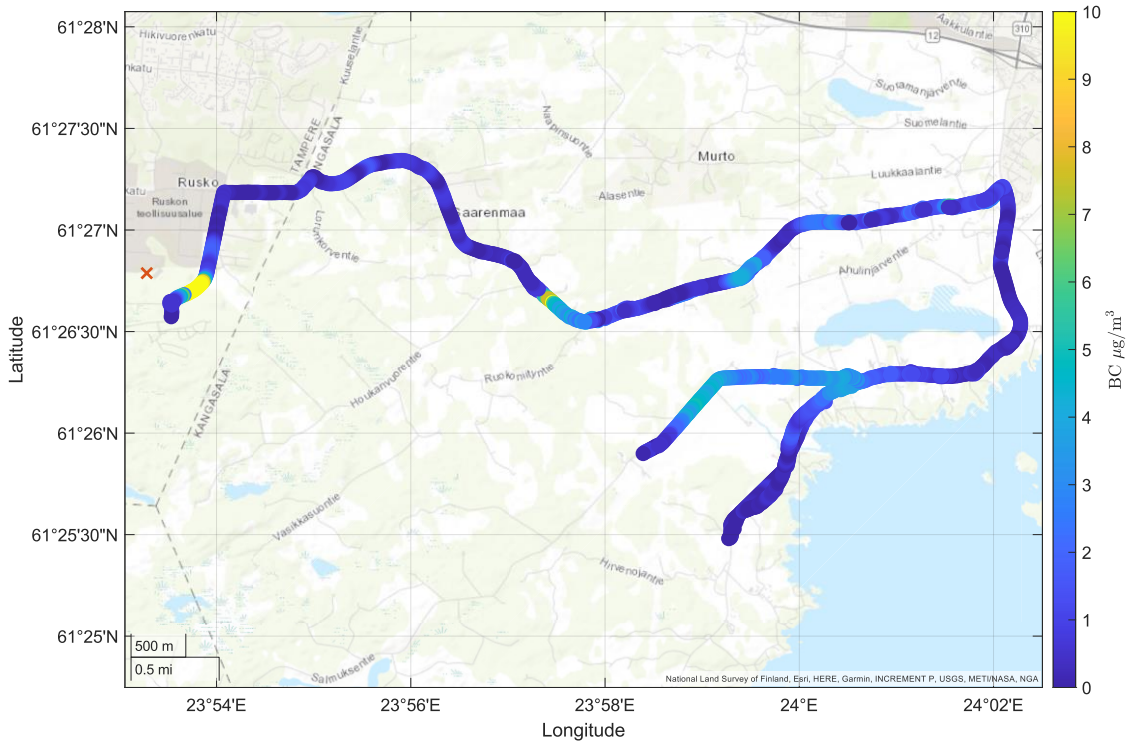
3.2. Savun leviäminen lähiympäristössä

3.2.1. Savun leviäminen keskiviikkona 6.11.

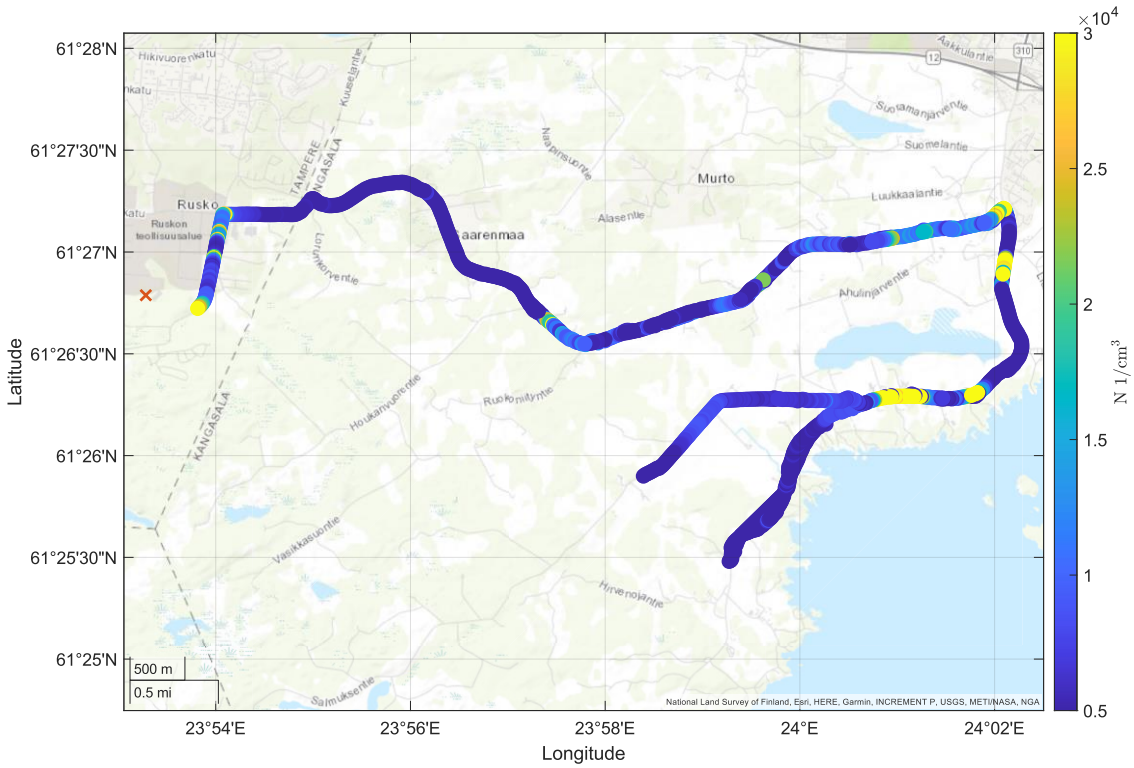
Keskiviikkona havaittiin, että savu kulkeutui palopaikalta itään. Savu kulkeutui Ruskontien loppupään kaarteessa tien yli, ja ajautui Lintuhytin koillisosassa olevan metsäalueen pohjoispuolelle. Näiden havaintojen perusteella mittaukset keskitettiin pääosin Ruskon ja Lintuhytin alueille. Keskiviikkona taustapitoisuudet olivat hiukkaslukumäärälle noin 2200 1/cm^3, PM2.5:lle noin 3.2 µg/m^3 ja mustan hiilen massalle noin 0.2 µg/m^3. Nämä taustapitoisuudet on mitattu Kaarina Maununtyttärentieltä.

Kuvissa 4–6 on esitetty mustan hiilen ja PM2.5:n massapitoisuudet, sekä hiukkasten

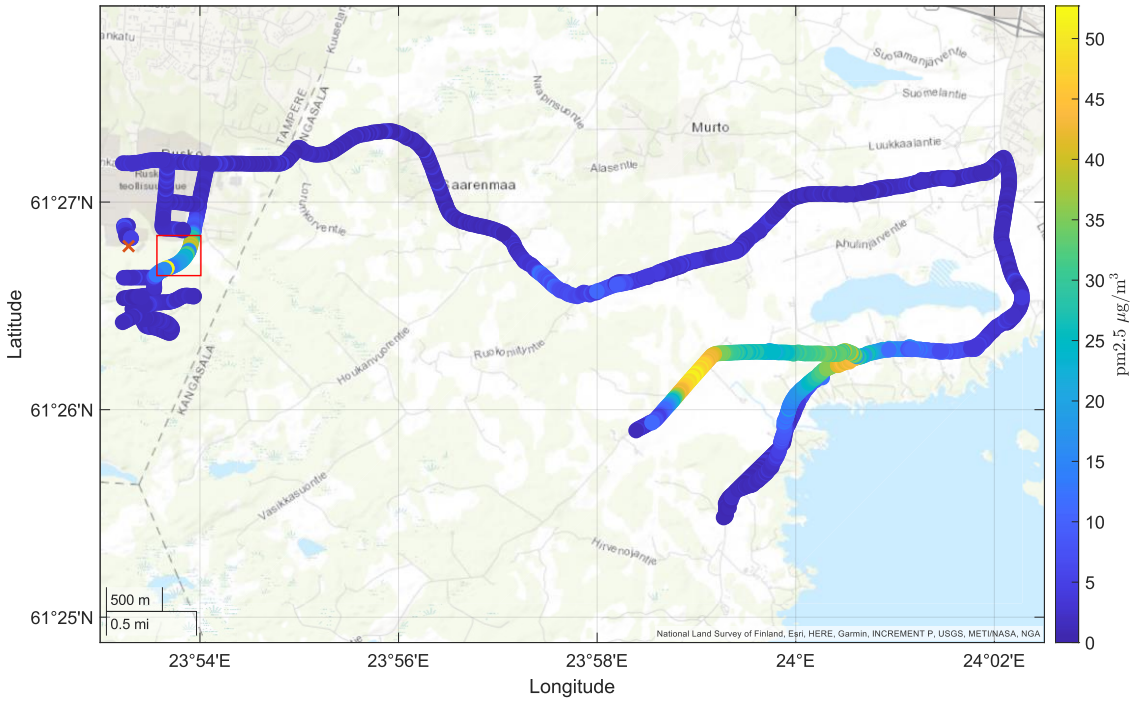
lukumääräpitoisuus. Osa datasta puuttuu kuvista ajoittain puuttuvan GPS-datan takia.



Kuva 4. *Mustan hiilen massapitoisuus kartalla keskiviikkona 6.11. Palopaikan sijainti on tässä sekä muissakin karttakuvissa merkitty x-symbolilla.*



Kuva 5. *Hiukkasten lukumääräpitoisuus kartalla keskiviikkona 6.11.*



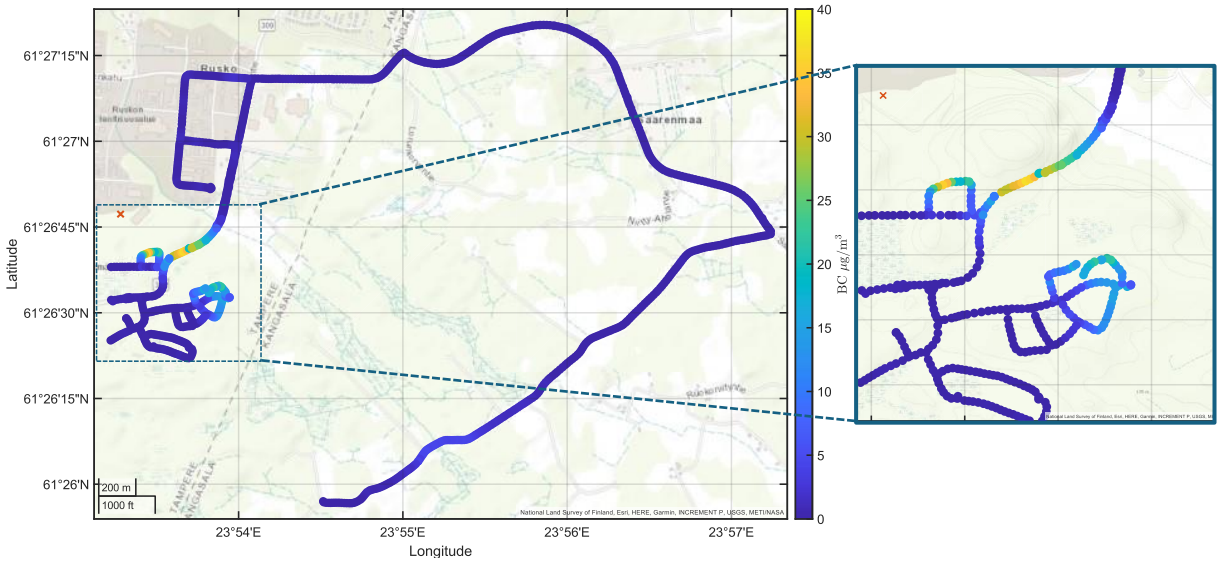
Kuva 6. *PM2.5 massapitoisuus kartalla keskiviikkona 6.11.*

Yleisesti voi todeta että kuvissa olevat yksittäiset korkeamman pitoisuuden pisteet (pallosymboli) ovat esimerkiksi mobiililaboratorion ohi ajaneiden autojen päästöjen aiheuttamia. Kuvasta 6 voidaan nähdä, että vielä keskiviikkona savu ei kulkeutunut Lintuhytin alueelle. Savun kulku vaikuttaa myös rajautuneen pääosin Saarenmaantien eteläpuolelle, sillä siellä ei ole havaittu kuin yksittäisiä mittapisteitä korkeampia pitoisuuksia millään suureella. Mielenkiintoista on, että Kangasalan Varsamäentiellä, yli 5 km etäisyydellä palopaikasta hiukkaspitoisuudet ovat selkeästi koholla. Savu oli myös silmin nähtävissä. Selkein ero nähdään PM2.5-tuloksissa, joka vastaa läheisillä tieosuuksilla taustaa ja on Varsamäentiellä savussa yli 50 µg/m^3. Taulukosta 5 nähdään, että Tampereen ilmanlaadun mittausasemilla koko päivän keskiarvo oli 2 µg/m^3 ja suurin minuuttikeskiarvo oli 11.7 µg/m^3. Verrattuna näihin arvoihin on selvää, että näinkin kaukana palosta pienhiukkasten massapitoisuus on ollut selkeästi koholla.

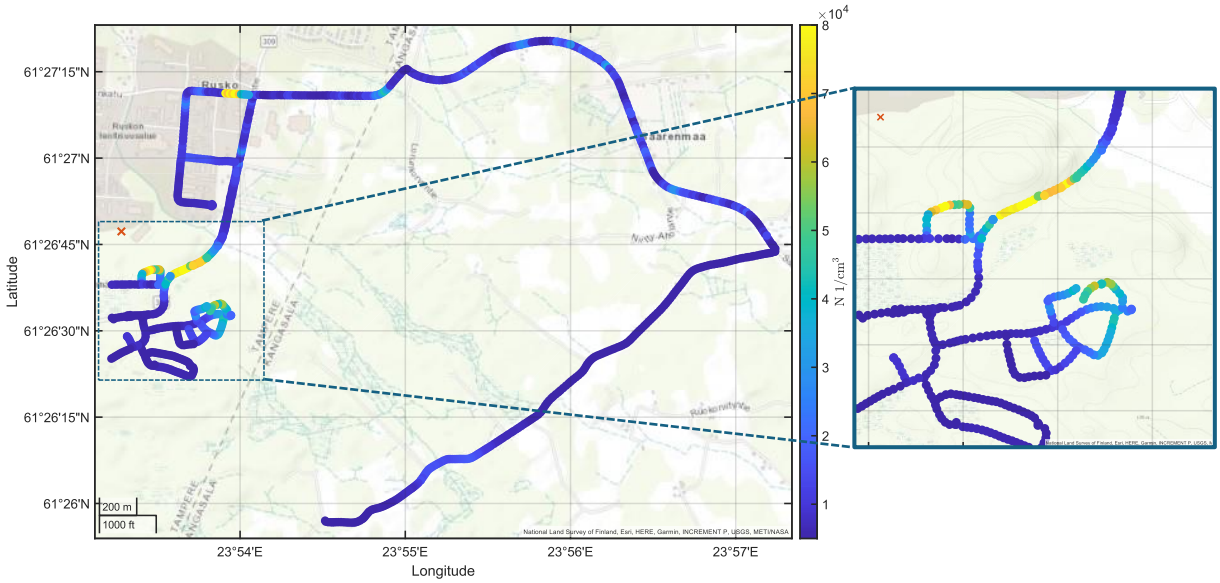
GPS-ongelmien takia, kuvissa data Ruskontien kaarteesta (kuvassa 6 punainen suorakulmio) on puutteellista. Tästä johtuen esimerkiksi PM2.5-pitoisuudet vaikuttavat olevan suurempia Kangasalan puolella kuin Ruskossa. Tarkastelemalla mittauspöytäkirjan avulla ajankohtia jolloin ollaan ajettu Ruskontien karteessa saadaan hiukkaslukumäärä pitoisuuden keskiarvoksi noin 23 000 1/cm^3, mediaaniksi 20 000 1/cm^3 ja maksimiksi 145 000 1/cm^3. PM2.5-pitoisuuden keskiarvoksi saadaan 84 µg/m^3, mediaaniksi 67 µg/m^3 ja maksimiksi 250 µg/m^3. Mustan hiilen massapitoisuuden keskiarvoksi saadaan 9.3 µg/m^3, mediaaniksi 7.5 µg/m^3 ja maksimiksi 31 µg/m^3.

3.2.2. Savun leviäminen torstaina 7.11.

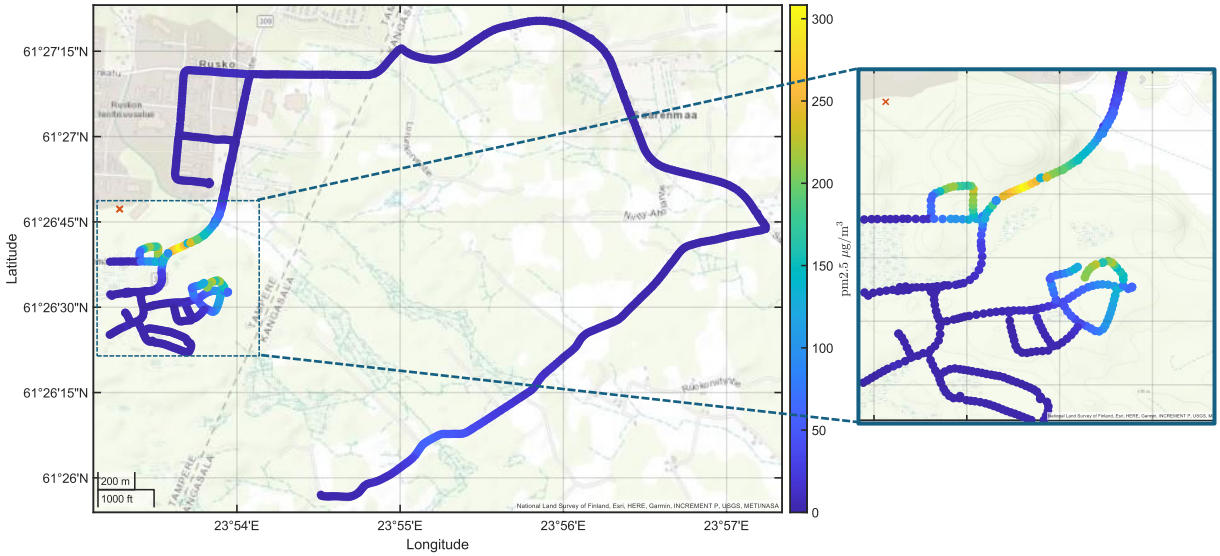
Torstaina tuulensuunta kääntyi keskiviikkoon verrattuna enemmän luoteeseen, ja näin ollen savu kulkeutui palopaikalta kaakkoon, usein kohti Lintuhyttiä. Tästä syystä mittauksissa huomioitiin erityisesti Lintuhytin alue. Torstaina Ruskossa taustapitoisuudet olivat hiukkaslukumäärälle noin 7000 1/cm^3, PM2.5:lle noin 2.7 µg/m^3 ja mustan hiilen massalle noin 0 µg/m^3. Taustapitoisuudet on mitattu Huppionmäenkadun länsipäästä. Kuvissa 7–9 on esitelty mustan hiilen ja PM2.5:n massapitoisuudet, sekä hiukkaslukumääräpitoisuus torstain mittauksista.



Kuva 7. *Mustan hiilen massapitoisuus kartalla torstaina 7.11.*



Kuva 8. *Hiukkasten lukumääräpitoisuus kartalla torstaina 7.11.*



Kuva 9. *PM2.5-massapitoisuus kartalla torstaina 7.11.*

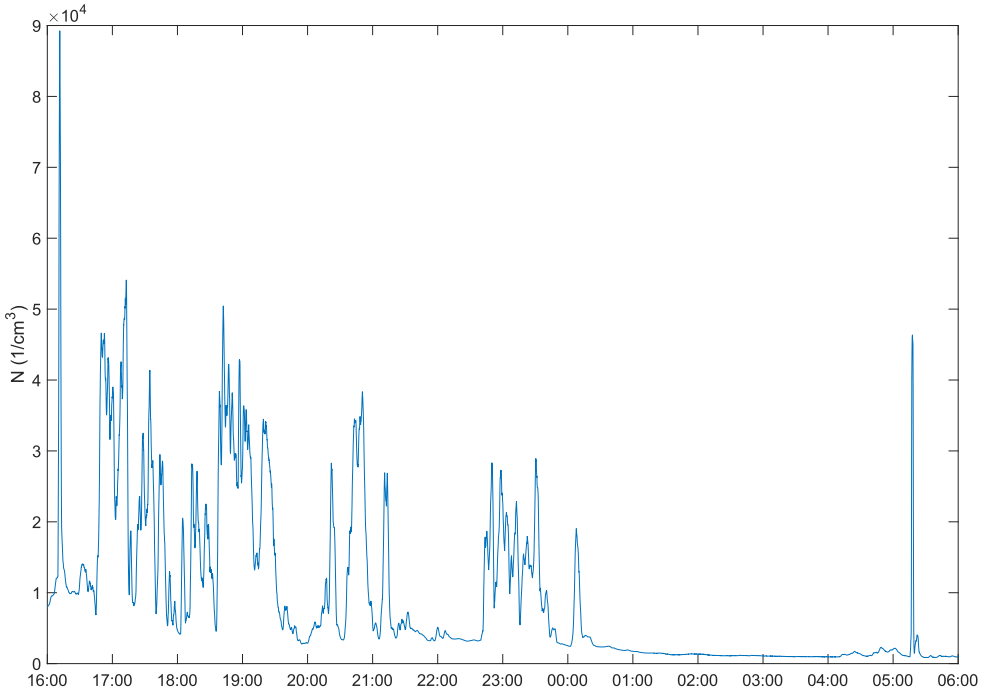
Kuvista nähdään, että torstaina Ruskontien kaarteessa hiukkaspitoisuudet ovat olleet selkeästi korkeampia kuin edellisessä kappaleessa mainitut maksimiarvot keskiviikolta. Huomioitavaa on, että karttakuvien pisteet kuvastavat koko päivänä alle 10 metrin etäisyydellä toisistaan mitattujen arvojen keskiarvoa.

Torstaina Lintuhytissä hiukkaslukumäärän keskiarvo oli 21 000 1/cm^3, mediaani 13 000 1/cm^3 ja maksimi 90 000 1/cm^3. PM2.5-pitoisuuden keskiarvo oli 65 µg/m^3, mediaani 33 µg/m^3 ja maksimi 301 µg/m^3. Mustan hiilen massapitoisuuden keskiarvo oli 7.6 µg/m^3, mediaani 3.0 µg/m^3 ja maksimi 59 µg/m^3. Näihin lukuihin ei ole otettu huomioon seuraavissa kuvissa esiteltyjä yön aikaisia mittauksia. Kaikki edellä mainituista tuloksista ovat selkeästi taustapitoisuuksia suurempia. Huomioitavaa on myös, että maksimiarvo jokaiselle suureelle mitattiin 50 metrin etäisyydellä yöllä tehdyn mittauksen mittauspaikasta, Lintuhytinkadun päässä. PM2.5:n ja mustan hiilen massapitoisuuden keskiarvojen perusteella suuntaa antavan ilmanlaatuindeksin mukaan (taulukko 6) Lintuhytin ilmanlaatu on ollut torstaina huono. PM2.5:n ja mustan hiilen karttakuvista nähdään, että Lintuhytin koillisosassa ilmanlaatu on ollut erittäin huono. Lukumääräpitoisuuden perusteella koko Lintuhytin alueella ilmanlaatu on ollut tyydyttävä ja koillisosassa välttävä.

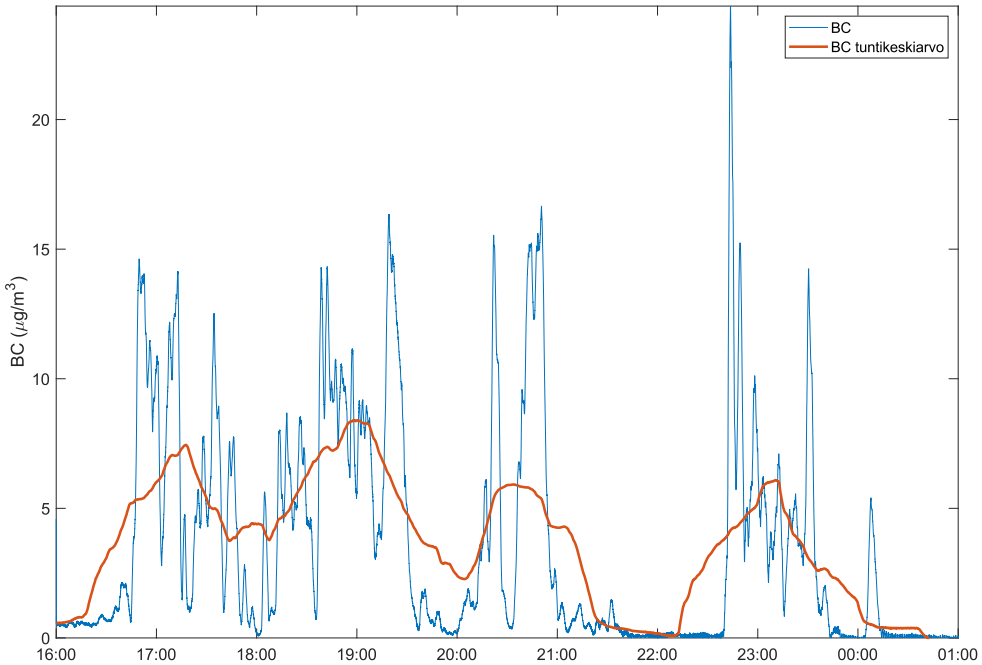
Torstaina 7.11. iltapäivällä mobiililaboratorio vietiin Lintuhytinkadun päähän parkkipaikalle mittaamaan, jossa mittaus jatkui yön yli aamuun asti. Tämän mittauksen hiukkaslukumääräpitoisuus on esitelty kuvassa 10.

Kuvasta nähdään, että savua on selkeästi kulkeutunut mittauspaikalle torstai-iltana, mutta ei juurikaan perjantain aamuyön puolella. Kuvissa 11–13 on esitelty aikasarjat mustan hiilen

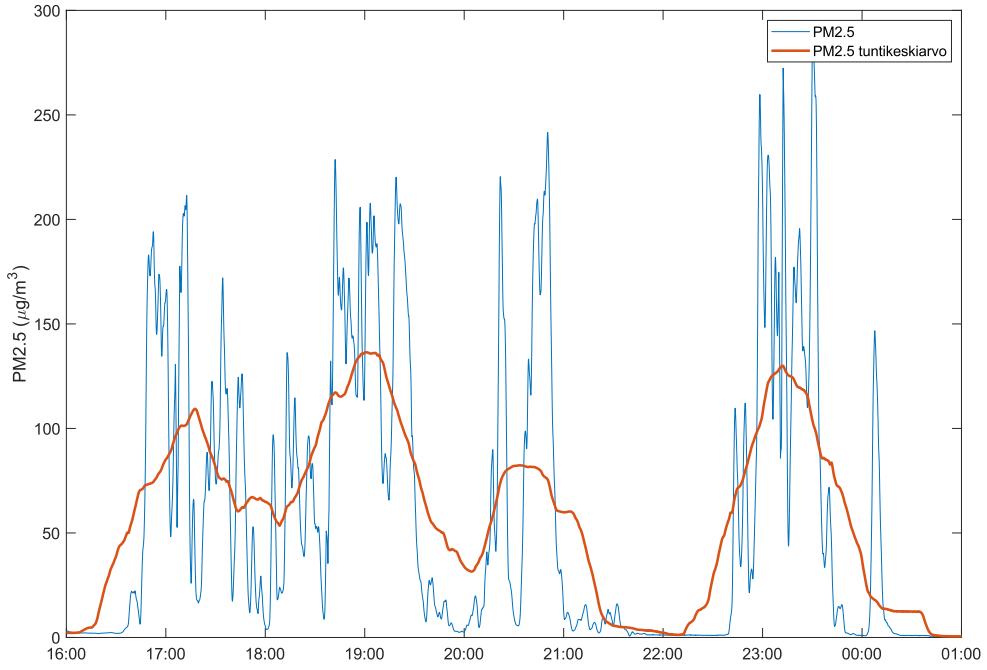
massapitoisuudelle, PM2.5 massapitoisuudelle ja lukumääräpitoisuudelle rajattuna ajalle, jolloin savua on selkeästi tullut mittauspaikalle.



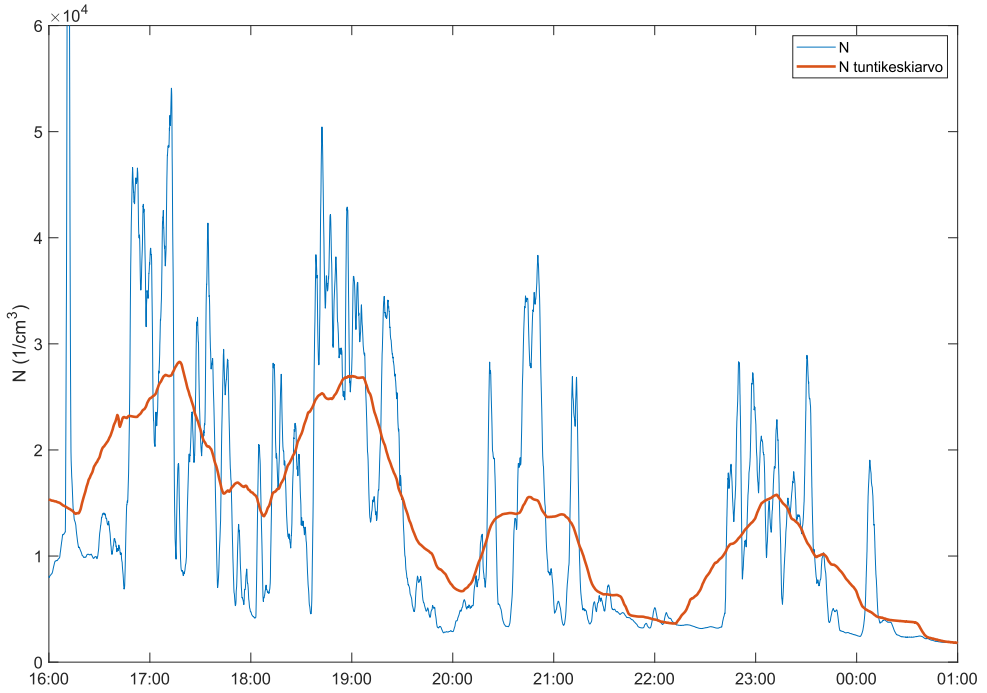
Kuva 10. *Hiukkaslukumääräpitoisuus yöllä 7.–8.11.*



Kuva 11. *Mustan hiilen massapitoisuus ja laskettu jatkuva tuntikeskiarvo 7.11. illalla ja yöllä Lintuhytissä.*



Kuva 12. *PM2.5 massapitoisuus ja sen tuntikeskiarvo 7.11. illalla ja yöllä Lintuhytissä.*



Kuva 13. *Hiukkaslukumääräpitoisuus ja sen tuntikeskiarvo 7.11. illalla ja yöllä Lintuhytissä. Ensimmäinen piikki on rajattu korkeuden osalta.*

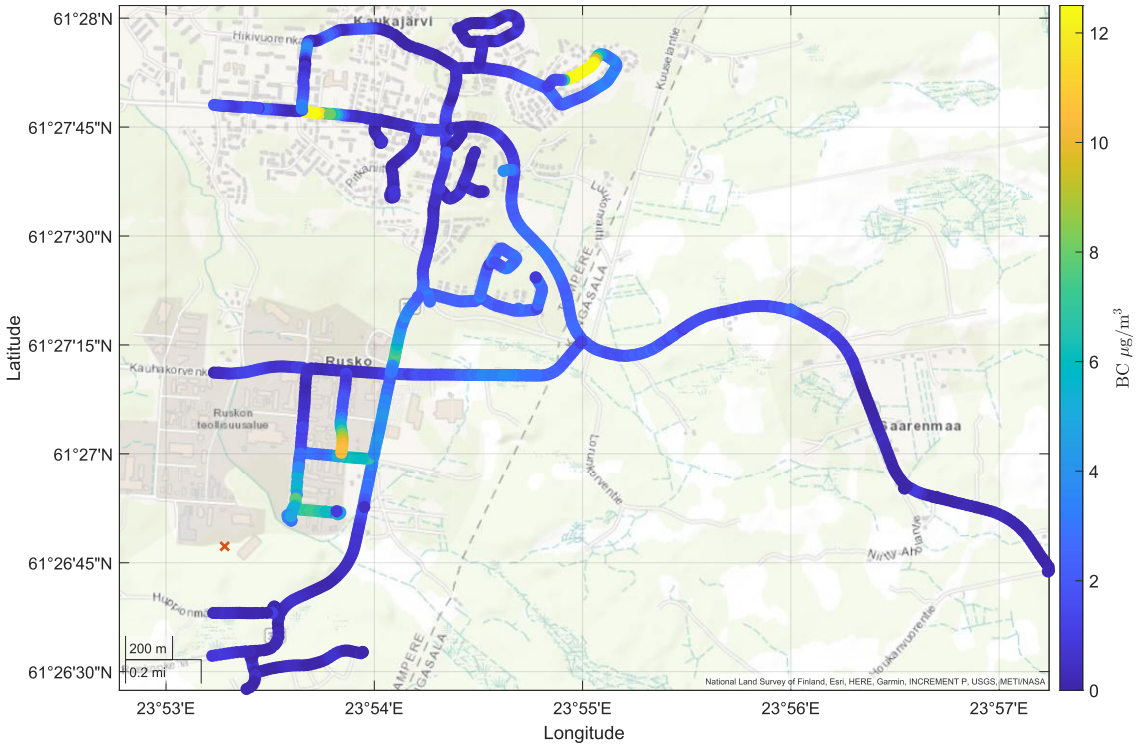
Kuvista 11–13 voidaan havaita, että etenkin aikavälillä 17:00–21:00 hiukkaspitoisuudet ovat olleet Lintuhytissä selvästi taustapitoisuuksia korkeammalla tasolla. Ainoastaan

hiukkaslukumääräpitoisuudelle mitattiin yön aikana suurempi yksittäinen maksimiarvo kuin päivällä, mutta nämä mitattiin yksittäisinä piikkeinä noin kello 16:10 ja 5:15. Koska piikit lukumääräpitoisuudessa ovat yksittäisiä ja lyhytkestoisia, on syytä epäillä, että ne eivät ole palosta tulleen savun aiheuttamia. Yleisesti voidaan sanoa, että etenkin torstai-iltana ilmanlaatu Lintuhytin alueella on ollut selvästi huonompi verrattuna taustapitoisuuteen tulipalon aiheuttaman savun takia.

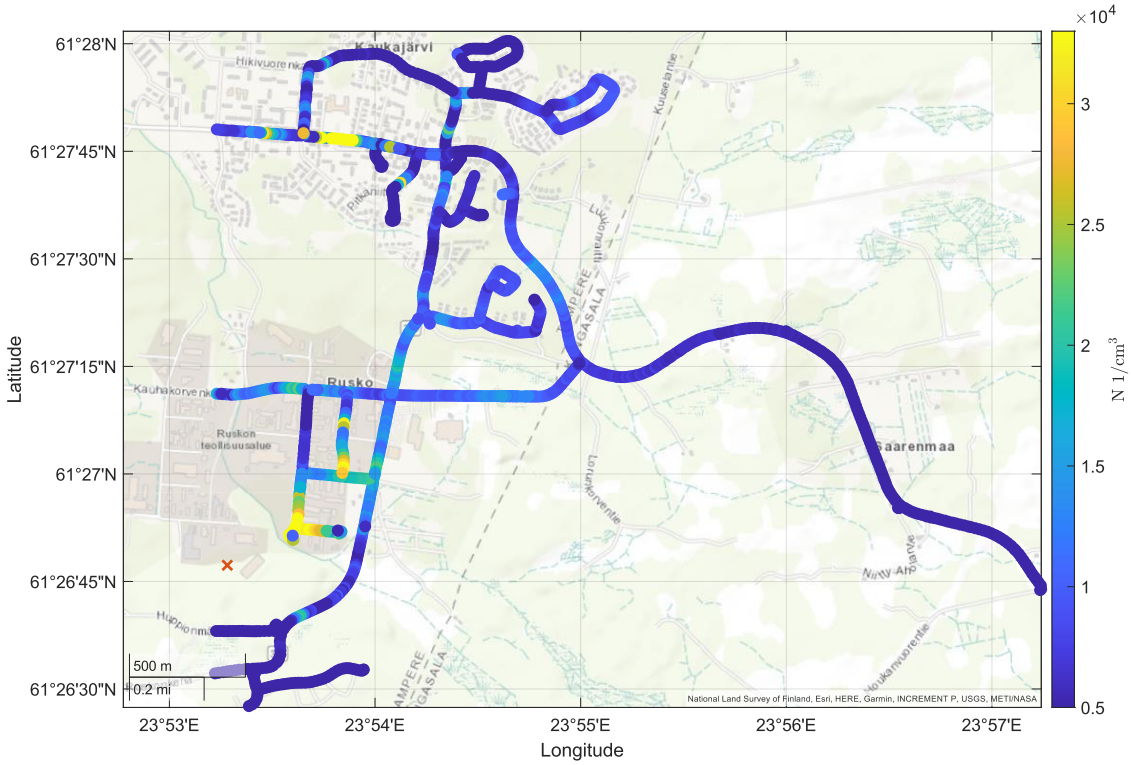
PM2.5:n mittaustuloksien perusteella ilmanlaatu on ollut iltapäivän ja illan aikana huono tai erittäin huono. Mustan hiilen massapitoisuuden perusteella ilmanlaatu on ollut välttävä ja lukumäärä pitoisuuden perusteella tyydyttävä.

3.2.3. Savun leviäminen perjantaina 8.11.

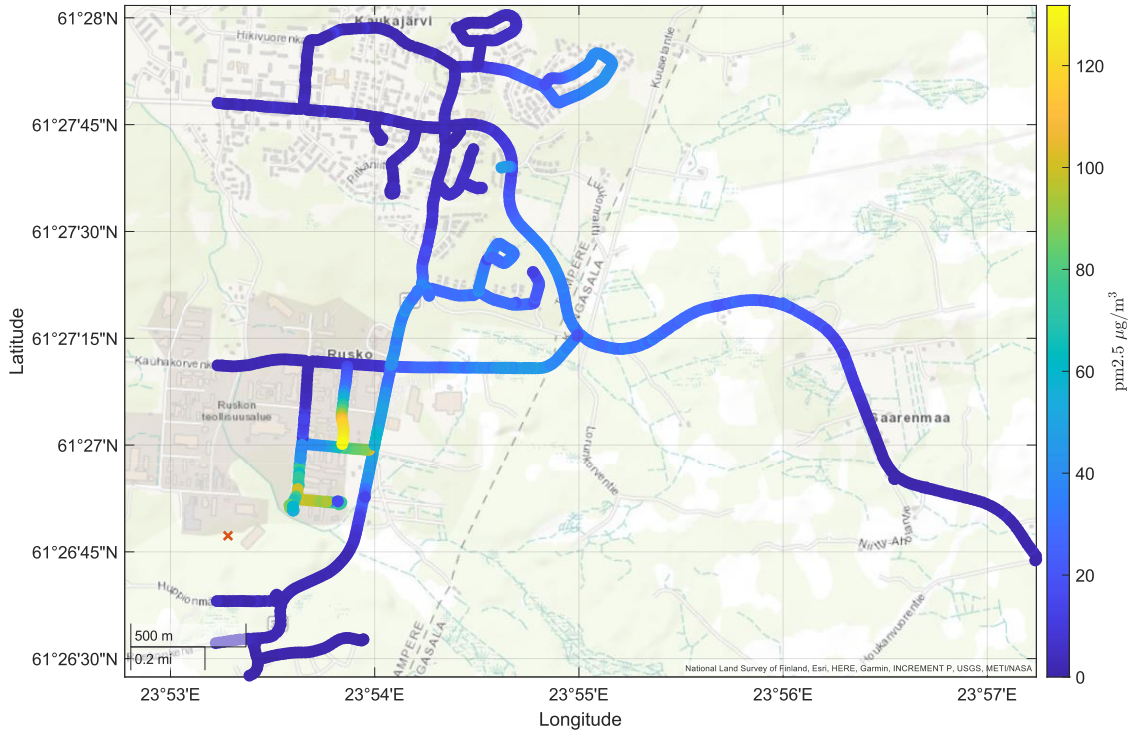
Perjantaina 8.11. savun huomattiin kulkeutuvan koilliseen ja leviävän Ruskossa paljon laajemmalle alueelle kuin aiempina päivinä. Aiemmin savu kulkeutui selkeänä vanana, kun taas perjantaina koko Ruskon itäinen osa vaikutti olevan jossain määrin savun peitossa. Näiden havaintojen pohjalta mittaukset keskitettiin pääasiassa Ruskon, Hirvikallion ja Annalan asuinalueille. Perjantaina taustapitoisuudet olivat Ruskossa hiukkaslukumäärälle noin 2300 1/cm^3, PM2.5:lle noin 1.3 µg/m^3 ja mustan hiilen massalle noin 0.4 µg/m^3. Taustapitoisuudet on mitattu Huppionmäenkadun länsipäästä. Perjantain mittausdata on esitelty kartalla kuvissa 14, 15 ja 16.



Kuva 14. *Mustan hiilen pitoisuus perjantaina 8.11.*



Kuva 15. *Hiukkasten lukumääräpitoisuus perjantaina 8.11.*



Kuva 16. *PM2.5:n pitoisuus perjantaina 8.11.*

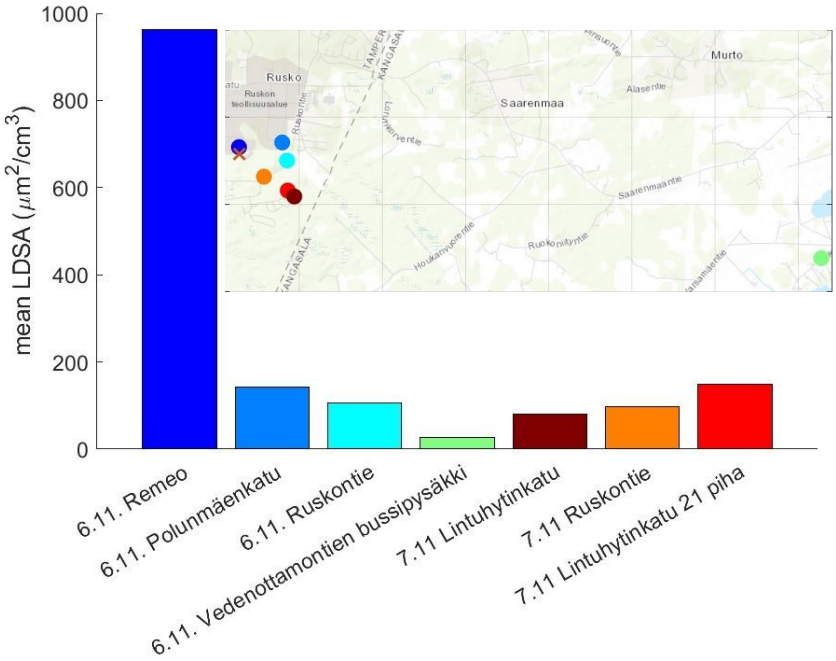
Kuvista huomataan, että Ruskossa savu on levinnyt hyvin eri tavalla verrattuna edellisiin päiviin. Myös Hirvikalliossa ja Annalan itäosissa havaittiin hiukkaspitoisuuksien olevan koholla. Annalan koillisosassa Meiramikadulla (kartassa pohjoisessa keskellä) näkyvä piikki mustan hiilen pitoisuudessa johtuu todennäköisesti yhden lähialueen talon pienpolton päästöistä. Huomioitavaa on myös, että kaikki mitatut arvot ovat selvästi edellisiä arvoja pienempiä. Esimerkiksi PM2.5:n maksimikeskiarvo torstaina oli noin 300 µg/m^3 Ruskontien kaarteessa. Perjantaina taas suurin mitattu PM2.5:n keskiarvo on noin 125 µg/m^3. Etenkin PM2.5 on silti koholla verrattuna taulukossa 5 esiteltyihin arvoihin ja Huppionmäenkadulla mitattuihin tausta-arvoihin.

Perjantaina Hirvikalliossa hiukkaslukumääräpitoisuuden keskiarvo oli 7 900 1/cm^3, mediaani 6 800 1/cm^3 ja maksimi 64 000 1/cm^3. PM2.5-pitoisuuden keskiarvo oli 25 µg/m^3, mediaani 17 µg/m^3 ja maksimi 85 µg/m^3. Mustan hiilen massapitoisuuden keskiarvo oli 2.1 µg/m^3, mediaani 1.3 µg/m^3 ja maksimi 8.6 µg/m^3. Hiukkaspitoisuudet ovat siis olleet selvästi koholla verrattuna taustapitoisuuksiin.

Hiukkaspitoisuudet Hirvikalliossa olivat aamulla pääosin pieniä ja kasvoivat hieman iltapäivällä. Jos vastaavat arvot lasketaan noin kello 12:20–12:40 tehdyistä mittauksista, saadaan Hirvikallion hiukkaslukumäärän keskiarvoksi noin 14 000 1/cm^3 ja mediaaniksi noin 14 500 1/cm^3, PM2.5-pitoisuuden keskiarvoksi noin 65 µg/m^3 ja mediaaniksi 66 µg/m^3 sekä mustan hiilen massapitoisuuden keskiarvoksi ja mediaaniksi noin 5.4 µg/m^3. Suuntaa antavan ilmanlaatuindeksin mukaan Hirvikalliossa ilmanlaatu on koko päivän keskiarvona ollut tyydyttävä tai hyvä, mutta esimerkiksi aiemmin mainittuna ajankohtana PM2.5-pitoisuuden perusteella huono ja mustan hiilen massapitoisuuden perusteella välttävä.

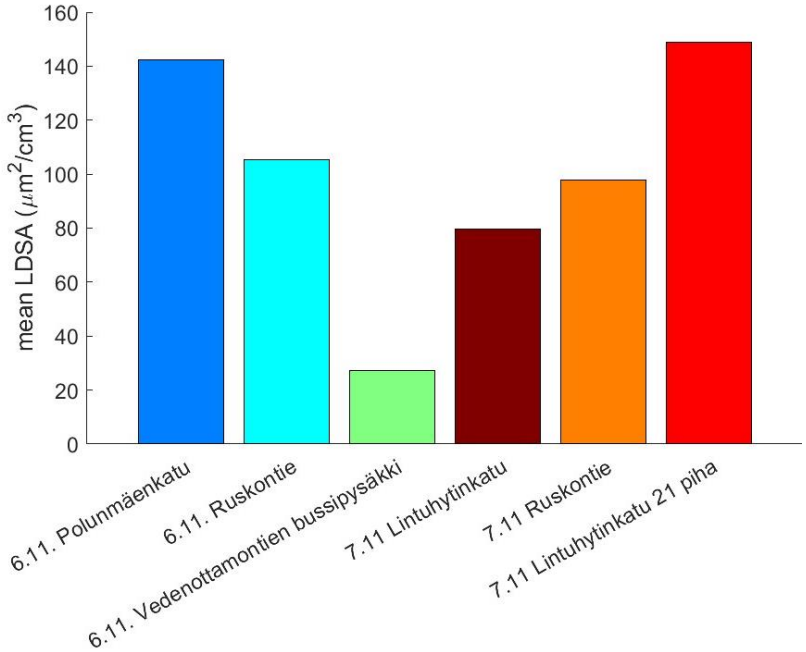
3.3. LDSA-tulokset

Hiukkasten keuhkodeposoituvaa pinta-alaa (LDSA) mitattiin kannettavalla DiSCmini-mittalaitteella. Mittaustuloksien keskiarvot ja mittausten sijainnit on esitelty kuvassa 17. Huomioitavaa on, että mittaukset ovat eri päiviltä.



Kuva 17. *LDSA-pitoisuudet eri mittauspaikoissa, joiden sijainti on kuvattu palkkien alapuolella.*

Kuvasta nähdään, että palopaikalla mitattu LDSA-keskiarvo on jopa kertaluokan muiden mittauspaikkojen arvoja suurempi. Mittaus tehtiin kävellen palopaikalla ja tuuli toi savun juuri mittauspaikalle. Kuvassa 17 on rajattu palopaikan palkki pois, muiden mittauspaikkojen tulosten vertailua helpottamaan.



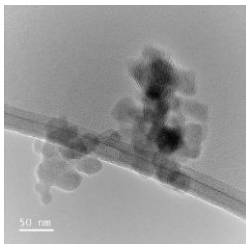
Kuva 18. *LDSA-pitoisuudet eri mittauspaikoissa pl. Remeon alue.*

Kuvasta 18 huomataan, että Vedenottamon bussipysäkin LDSA:n keskiarvo on huomattavasti muita mittauspaikkoja pienempi, joka on myös oletettavaa, koska se on huomattavasti muita kauempana palopaikasta. Muut LDSA-tulokset ovat melko lähellä toisiaan. Kuitenkin kaikki arvot ovat melko korkeita. Mittaustuloksia voidaan verrata Tampereen kaupungin LDSA:n mittausdataan Epilän ja Pirkankadun ilmanlaadun mittausasemilta taulukon 5 pohjalta. Keskimääräinen LDSA mittausasemilla on ollut keskiviikkona ja torstaina noin 5 $\mu m^2/cm^3$. Suurimmat minuuttikeskiarvot kaupungin LDSA-mittauksissa ovat olleet 53.5 $\mu m^2/cm^3$ ja 38.3 $\mu m^2/cm^3$. Näihin lukuihin verrattuna on selvää, että Ruskossa ja Lintuhytissä on 6. ja 7.11. voinut altistua tavalliseen kaupunkiympäristöön verrattuna moninkertaiselle määrälle pienhiukkasia.

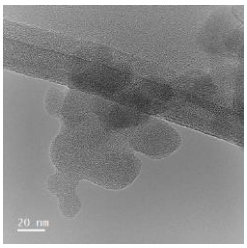
Taulukon 6 mukaan ilmanlaatu on LDSA-mittausten perusteella ollut 6.–7.11 Lintuhytissä ja Ruskossa huono tai erittäin huono. Toki on huomioitavaa, että LDSA-mittaukset ovat olleet melko lyhytkestoisia, pisimmillään noin 10 minuuttia, eikä niiden perusteella voida vetää johtopäätöksiä koko päivän ilmanlaadusta.

3.4. Elektronimikroskopian tulokset

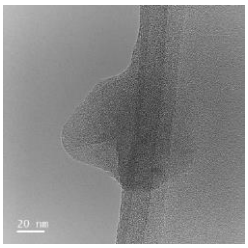
Perjantaina kerättyjä mikroskopianäytteitä analysoitiin elektronimikroskoopilla (TEM), johon on yhdistetty alkuaineanalysaattori (EDS). Laitteistolla voidaan kuvantaa yksittäisten hiukkasten morfologiaa sekä tunnistaa hiukkasten sisältämiä alkuaineita. Näytteet kerättiin noin 300 metrin päästä palopaikasta Polunmäenkatu 40:n pihassa. Näytteitä kerättiin 10 sekunnin, 1 minuutin ja 10 minuutin ajan. Näytteet kerättiin samasta paikasta peräjälkeen, joten ne edustavat lähinnä eri otoksia samasta tilanteesta. Nämä tulokset ovat esitetty kuvissa 19–21.



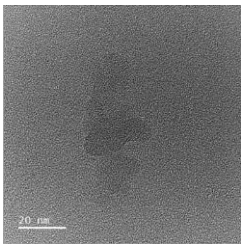
Kuva 1



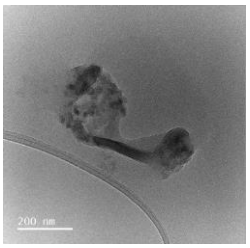
Kuva 2



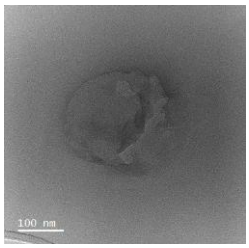
Kuva 3



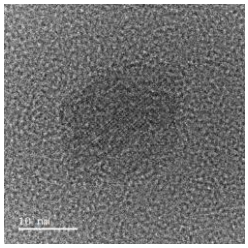
Kuva 4



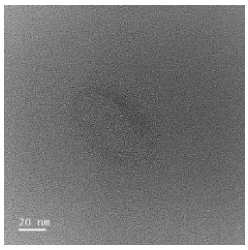
Kuva 5



Kuva 6



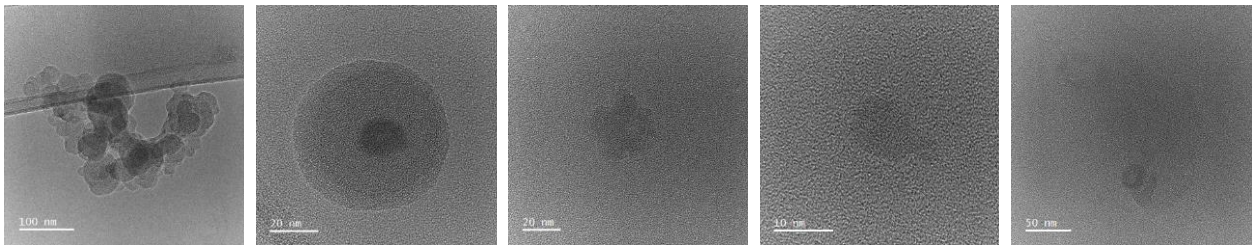
Kuva 7



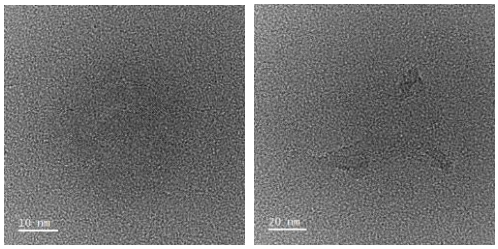
Kuva 8

	C	N	O	Zn	Na	P	S	Pb	Cl	K	Ca	Fe	Sb
Kuva 1	X		X				X		X				
Kuva 2	X		X										
Kuva 3	X	X	X	X	X		X	X	X	X			
Kuva 4	X		X			X							
Kuva 5	X	X	X			X	X						
Kuva 6	X	X	X										
Kuva 7	X		X	X		X					X	X	
Kuva 8	X		X										

Kuva 19. *TEM-keräys (lyhin aika) kuvia yksittäisistä hiukkasista ja alkuaineista, joita ne sisältävät.*



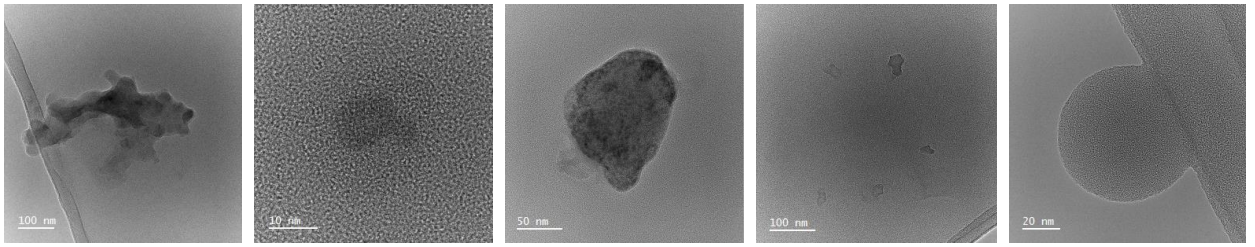
Kuva 1 Kuva 2 Kuva 3 Kuva 4 Kuva 5



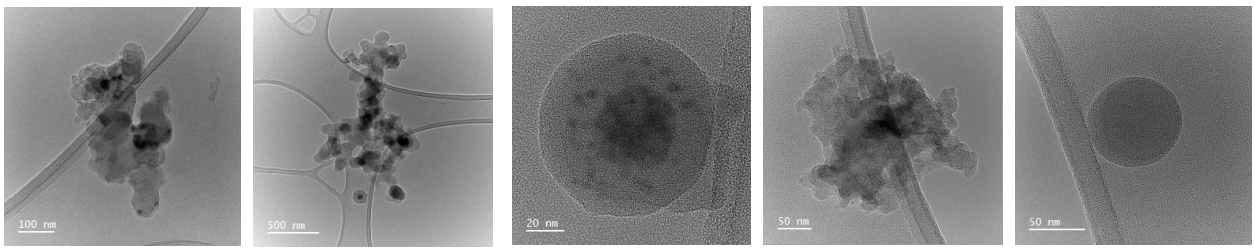
Kuva 6 Kuva 7

	C	N	O	Zn	Na	P	S	Pb	Cl	K	Ca	Fe	Sb
Kuva 1	X	X	X			X	X		X	X	X		
Kuva 2	X	X	X	X			X	X					
Kuva 3	X		X										
Kuva 4	X		X									X	
Kuva 5	X	X	X		X		X	X		X	X		
Kuva 6	X	X	X		X			X		X	X		
Kuva 7	X	X	X				X						

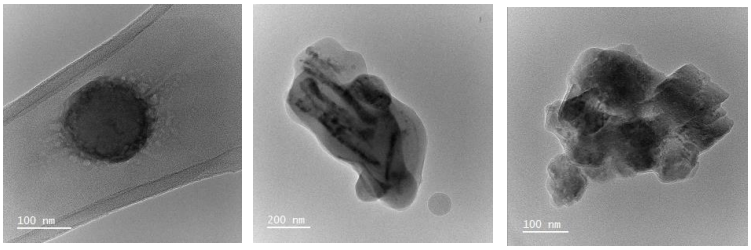
Kuva 20. *TEM-keräys (keskipitkä aika) kuvia yksittäisistä hiukkasista ja alkuaineista, joita ne sisältävät.*



Kuva 1 Kuva 2 Kuva 3 Kuva 4 Kuva 5



Kuva 6 Kuva 7 Kuva 8 Kuva 9 Kuva 10



Kuva 11 Kuva 12 Kuva 13

	C	N	O	Zn	Na	P	S	Pb	Cl	K	Ca	Fe	Sb
Kuva 1	X	X	X			X	X		X	X			
Kuva 2	X	X	X					X					
Kuva 3	X	X	X				X						X
Kuva 4	X	X	X		X		X			X	X		
Kuva 5	X	X	X		X		X			X			
Kuva 6	X		X			X	X	X					X
Kuva 7	X		X				X	X	X				
Kuva 8	X	X	X				X	X					X
Kuva 9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Kuva 10	X	X	X				X			X			
Kuva 11	X	X	X	X	X		X	X	X	X			
Kuva 12	X	X	X	X			X	X	X				
Kuva 13	X		X	X			X				X		

Kuva 21. *TEM-keräys (pisin aika) kuvia yksittäisistä hiukkasista ja alkuaineista, joita ne sisältävät.*

Yksittäisten hiukkasten TEM+EDS-analyysit paljastivat, että hiukkasten koostumukset ja koot vaihtelivat huomattavasti. Yleisimmät alkuaineet olivat hiili (C), typpi (N), happi (O) ja rikki (S), mutta näytteiden yksittäisistä hiukkasista löytyi myös useita muita alkuaineita, kuten fosforia (P), natriumia (Na), sinkkiä (Zn), antimonia (Sb), lyijyä (Pb), kalsiumia (Ca) ja klooria (Cl). Näin laaja kirjo viittaa siihen, että savun lähteenä on ollut monenlaisia materiaaleja, ja että palamisen olosuhteet ovat vaihdelleet. Hiukkasten koostumuksen monimuotoisuus viittaa myös siihen, että aerosolien muodostumismekanismit olivat moninaisia. On kuitenkin hyvä huomioida, että kerätyt näytteet edustavat vain tiettyä palonhetkeä ja - mittauspaikkaa.

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Savun vaikutukset ympäristössä ja ilmanlaadussa olivat selvimmin havaittavissa palopaikan välittömässä läheisyydessä, jossa hiukkasten ja kaasujen pitoisuudet olivat suurimmillaan. Enimmillään mitattiin 60 µg/m^3 mustan hiilen ja 500 µg/m^3 PM2.5:n pitoisuustasoja, joskin keskimääräinen altistus oli huomattavasti matalampi mittausjakson aikana. Altistumisen ehkäisemiseksi on suositeltavaa käyttää henkilökohtaista suojausta, kuten hiukkas- ja kaasusuodattimia, erityisesti niillä henkilöillä, jotka joutuvat työskentelemään tai oleskelemaan alueilla, joissa savun vaikutus on merkittävä.

Savun leviämisen pääsuunta vaihteli päivittäin:

- **Keskiviikkona 6.11.** savua kulkeutui itään haja-asutusalueille Roineen suuntaan.
- **Torstaina 7.11.** savun leviämisen painopiste oli Lintuhytin koillisosan alueella.
- **Perjantaina 8.11.** savua kulkeutui etenkin Hirvikallion ja Annalan suuntaan.
- **Lauantaina 9.11.** mittaukset lopetettiin, koska kohonneita hiukkaspitoisuuksia ei havaittu.

Pienhiukkaspitoisuudet (PM2.5) olivat selvästi koholla savun vaikutusalueilla. Vaikka mustaa hiiltä havaittiin runsaasti, se selitti PM2.5-pitoisuuksia vain osittain. Tämä viittaa siihen, että savussa oli merkittäviä määriä myös muita hiukkaskomponentteja, erityisesti oletettavasti orgaanisia yhdisteitä, jotka ovat tyypillisiä tulipaloille (Lovén et al., 2024). Savuvanassa havaitut hiukkaslukumäärän pitoisuudet olivat suhteellisen matalia tai samalla tasolla kuin havaitaan liikenneympäristössä. Näin ollen vaikuttaa siltä, että savun havaitsemiseen hiukkasten massapitoisuus tai mustan hiilen pitoisuus ovat parempia indikaattoreita kuin hiukkasten lukumääräpitoisuus.

Yksittäisten hiukkasten analyysit paljastivat, että hiukkasten koostumukset ja koot vaihtelivat huomattavasti. Yleisimmät alkuaineet olivat hiili (C), typpi (N), happi (O) ja rikki (S), mutta näytteiden yksittäisistä hiukkasista löytyi myös useita muita alkuaineita, kuten fosforia (P), natriumia (Na), sinkkiä (Zn), antimonia (Sb), lyijyä (Pb), kalsiumia (Ca) ja klooria (Cl). Tämä laaja kirjo viittaa siihen, että savun lähteenä on ollut monenlaisia materiaaleja, ja että palamisolosuhteet ja hiukkasmuodostuksen mekanismit ovat vaihdelleet.

Savun rajat ympäristössä olivat selkeät, ja pitoisuudet muuttuivat nopeasti savun ja puhtaan ilman välillä. Tämä voitiin havaita esimerkiksi äkillisinä muutoksina reaaliaikaisten mittalaitteiden antamissa hiukkaspitoisuuksissa.

Savun aistinvaraiset havainnot:

1. **Ei hajuja eikä näkyvää savua**: Mittalaitteet ei havainneet savusta aiheutuvia hiukkaspitoisuuksia.
2. **Käryn haju aistittavissa, mutta savua ei näy**: Pienhiukkaspitoisuudet olivat yleensä todella matalat eikä savun vaikutus ole juuri havaittavissa mittalaitteilla.
3. **Savun haju ja näkyvä savu**: Hiukkaspitoisuudet ovat selvästi kohonneet, ja altistumista tulisi välttää. Pitoisuuksien absoluuttista tasoa on vaikea päätellä aistinvaraisesti.

Yleisenä havaintona voidaan todeta, että ihmiset pystyvät usein aistimaan savun läsnäolon hajun ja näkyvyyden perusteella melko luotettavasti. Tämä antaa karkean käsityksen altistumisriskistä, mutta aistinvaraisesti ei voida arvioida tarkkoja pitoisuustasoja. Mittauslaitteistolla tehtävät analyysit mahdollistavat tarkemman tiedon savun koostumuksesta ja pitoisuustasoista, jolloin savun leviämistä ja siitä aiheutuvia haittoja voidaan ymmärtää paremmin.

5. Lähteet

HSY. *Mikä on ilmanlaatuindeksi?* Saatavilla: https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/ilmansuojelu-ja-terveys/mika-on-ilmanlaatuindeksi/ (Luettu: 17.2.2025)

Lovén, K., Hagvall, L., Rex, J., Nilsson, C. A., Malmborg, V., Pagels, J., … Hedmer, M. (2024). Characterization of exposure to air pollutants for workers in and around fires. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 21(12), 878–894. https://doi.org/10.1080/15459624.2024.2406244.