



# Puun pienpoltto ja altistumis- mittaukset

Ilmanlaadun  
mittaajatapaaminen 2024

Pekka Taimisto  
Terveyden ja  
hyvinvoinnin laitos

17.5.2024



# Puun pienpolton päästöille altistumisen arviointi

- Mittausasemat eivät välttämättä kuvaa hyvin pitoisuuksia asuinalueilla, joissa päästölähteitä on paljon ja ne ovat matalalla. Altistumismittauksilla saadaan tietoa ihmisten altistumisesta puun pienpolton päästöille kodeissaan sekä muualla elinympäristössään
- Altistumismittauksilla voidaan tutkia myös interventiotoimien (ilmanpuhdistimet, polttotapojen muutokset jne.) vaikutusta altistumiseen sekä pitoisuuksiin.
- Altistumisen arviointiin tarvitaan myös tietoa ihmisen toiminnasta, yleensä ajankäyttöpäiväkirjoja.



# Mittaukset

- Mitä mittaamme:
  - Hiukkaset
    - Massapitoisuus,  $PM_{2.5}$  ja  $PM_{10}$
    - Ultrapienet hiukkaset, PNC ja LDSA
    - Musta hiili, BC
  - Lisäksi mittausasetelmasta riippuen esimerkiksi tuulen suunta ja nopeus, muut säätiedot, häkäpitoisuus, rakennuksen paine-ero, ilmanvaihto, GPS-sijainti



17.5.2024



- Erilaisia mittausasetelmia:
  - Pienet mittalaitteet mittausrepuissa → henkilökohtaisen altistumisen arviointi
  - Pienet mittalaitteet mittalaitelaatikoissa tai mittausautossa → pidemmät mittaukset ihmisten kodeissa ja kotien pihamailla
  - Liikkuvat mittaukset → pitoisuuksien alueellinen ja ajallinen vaihtelu asuinalueen sisällä
  - Mittausasemat → asuinaluekohtaisten pitoisuuksien arviointi



- Kaikissa mittaustavoissa on tärkeää suorittaa vertailumittaukset saman mittalaitetyypin sisällä ja lisäksi verrata pienmittalaitteita joko gravimetriseen keräykseen tai ilmanlaadun mittausasemien mittauslaitteisiin.

| Ilmansaaste (mittauspäivät)                   | Yhtälö              | Korrelaatio (r) |
|-----------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| PM <sub>2.5</sub> (27.11.–7.12.; 27.1.–13.2.) | 0,3249×vaunu+1,6625 | 0,93            |
| PM <sub>2.5</sub> (10.12.–13.1.)              | 0,8269×vaunu+1,2164 | 0,92            |
| BC (27.11.–13.2.)                             | 0,9929×vaunu-0,0013 | 0,97            |
| PNC (27.11.–16.1)                             | 0,6926×vaunu+345,7  | 0,82            |
| PNC (27.1.–13.2.)                             | 0,7568×vaunu+370,5  | 0,87            |
| LDSA (27.11.–16.1)                            | 0,7796×vaunu+0,9438 | 0,89            |
| LDSA (27.1.–13.2.)                            | 0,8396×vaunu+0,4851 | 0,94            |

Esimerkki mittausvaunun ja mittausaseman pienmittalaitteiden välisistä regressioyhtälöistä PUUHA-hankkeessa

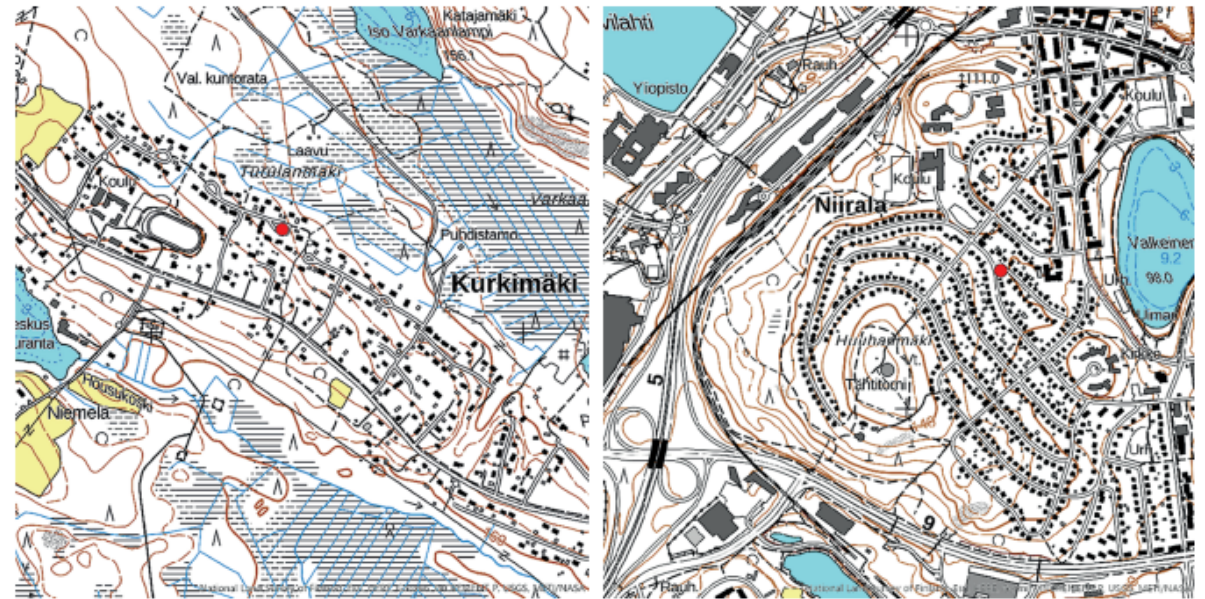


17.5.2024



# Ilmanlaatu ja puun pienpolton savuille altistuminen kuopiolaisessa taajamassa (PUUTA, 2021-2023)

- Hankkeen tavoitteena oli selvittää ilmansaasteiden pitoisuuksia keskeisen kaupunkialueen ulkopuolelle sijoittuvalla pientaloalueella
- Toteutettiin ilmansaastepitoisuuksien mittaus kiinteällä asemalla maaseutu-taajamassa Kuopion Kurkimäessä lämmityskausien 2021-2022 sekä 2022-2023 ajan. Lisäksi käytössä oli Kuopion kaupungin Niiralan mittausaseman mittausdata vastaavilta ajoilta.



Mittausasemien sijainti Kurkimäessä ja Niiralassa

- Mittausasemien välillä pitoisuuserot olivat pieniä, Suomessa pienhiukkasten pitoisuuteen vaikuttaa oleellisesti kaukokulkeuma.
- Kurkimäessä BC-pitoisuus oli yleensä suurimmillaan kello 17–21 välillä, joten puun poltto on todennäköisesti merkittävämpi lähde kuin lähialueen vähäinen liikenne. Lauantaisin pitoisuudet olivat keskimäärin 10–40 % suuremmat kuin muina viikonpäivinä.

Taulukko 1. Ilmansaastepitoisuudet, ulkoilman lämpötila ja pörssisähkön hinta tutkittujen lämmityskausien aikana.

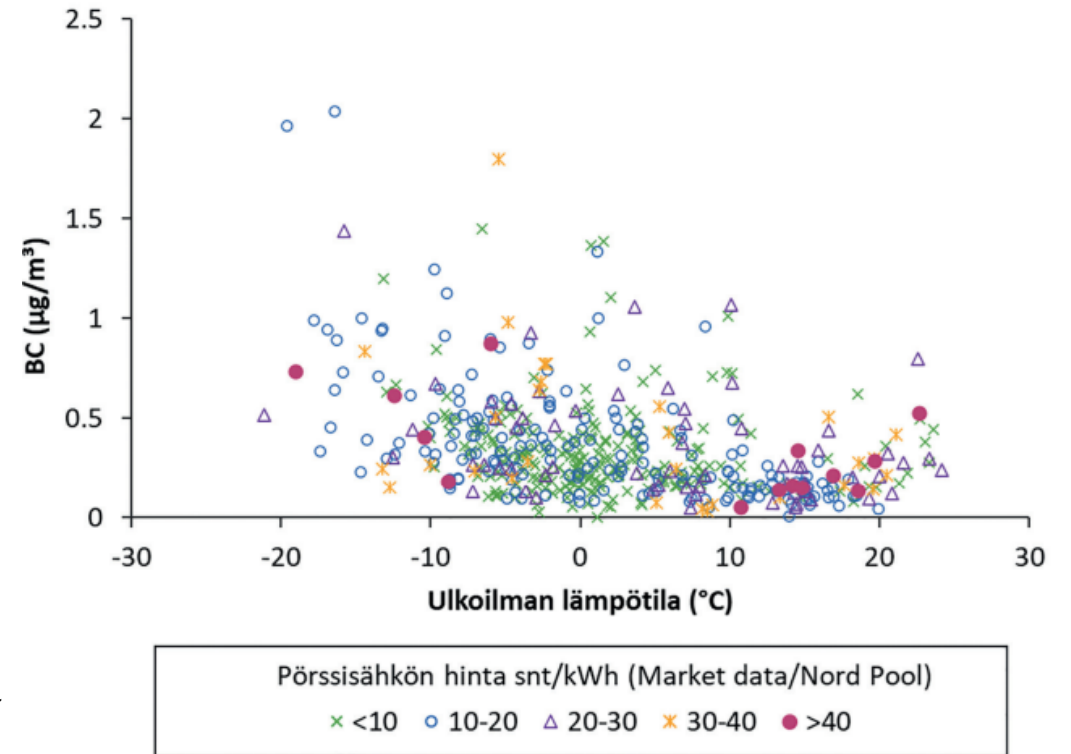
|                                                | Kurkimäki          |                    | Niirala            |                    |
|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                                | 11/2021–<br>3/2022 | 11/2022–<br>3/2023 | 11/2021–<br>3/2022 | 11/2022–<br>3/2023 |
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )          | 6,5                | 5,7                | 7,0                | 6,1                |
| PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )         | 3,2                | 3,6                | 4,8                | 3,8                |
| BC (µg/m <sup>3</sup> )*                       | 0,49               | 0,43               | NA                 | NA                 |
| CO (µg/m <sup>3</sup> )#                       | 202                | 162                | NA                 | NA                 |
| Lämpötila (°C)                                 | -4,6               | -3,8               | -4,5               | -3,6               |
| Pörssisähkön spot-hinta (snt/kWh) <sup>¤</sup> | 11,1               | 13,5               | 11,1               | 13,5               |

\* 19.11.2021 alkaen

# 12.11.2021 alkaen

¤ Market data/Nord Pool

- THL:n tekemän kyselyn mukaan lämmityskaudella 2022–23 kyselyyn vastanneista 41 % oli lisännyt tulisijan käyttöä verrattuna aiempiin talviin energian hinnan takia. Heistä 40 % poltti puuta yli kaksi kertaa useammin kuin edellisinä talvina (Ympäristöterveyskysely)
- Hiukkasten, mustan hiilen, hään tai PAH- ja VOC-yhdisteiden pitoisuuden ja sähkön hinnan välillä ei havaittu hankkeessa yhteyttä.
- Ilmanlaatu ei huonontunut kahdella Kuopion pientaloalueella lämmityskauden 2022–2023 aikana verrattuna edelliseen talveen, vaikka uutisoinnin sekä tehtyjen kyselyiden perusteella polttopuuta myytiin ja myös poltettiin enemmän kuin 2021–2022 talvena.



Kuva 4. Mustan hiilen (BC) pitoisuus ulkoilman lämpötilan ja pörssisähkön hinnan funktiona.



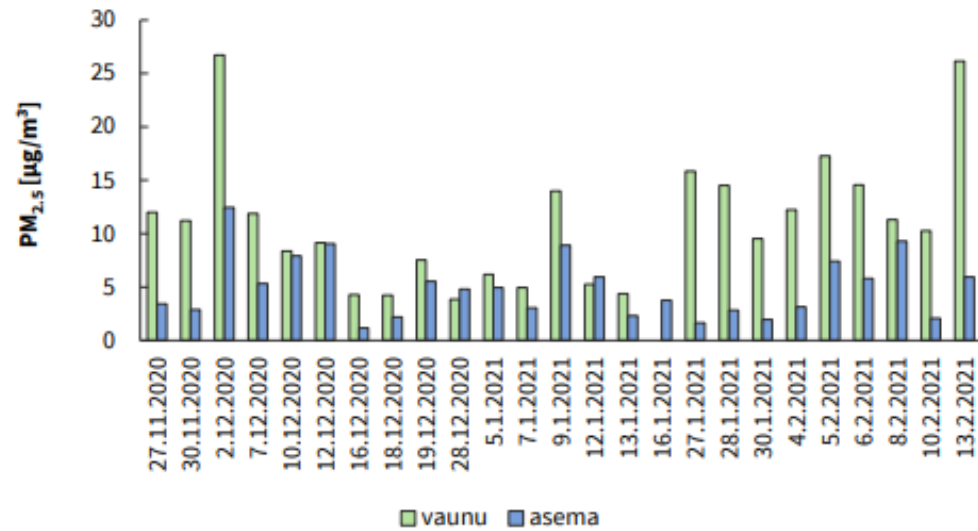
# Puun pienpolton savuille altistuminen ja hiukkaspitoisuuden alueellinen vaihtelu asuinalueella (PUUHA, 2020-2021)

- Mitattiin pienhiukkasten, mustan hiilen sekä hiukkasten lukumäärän ja keuhkocodepositoivan pinta-alan ajallista ja alueellista pitoisuusvaihtelua
- Mittaukset samanaikaisesti kiinteällä ilmanlaadun mittausasemalla ja työnnettävällä mittausvaunulla 2,5 km ympyräreitillä.
- Mittauskierroksia 96 kpl välillä 11/2020-2/2021 (arkiaamuina 38, arki-iltoina 31, viikonloppuaamuina 11 ja viikonloppuiltoina 16 kpl)

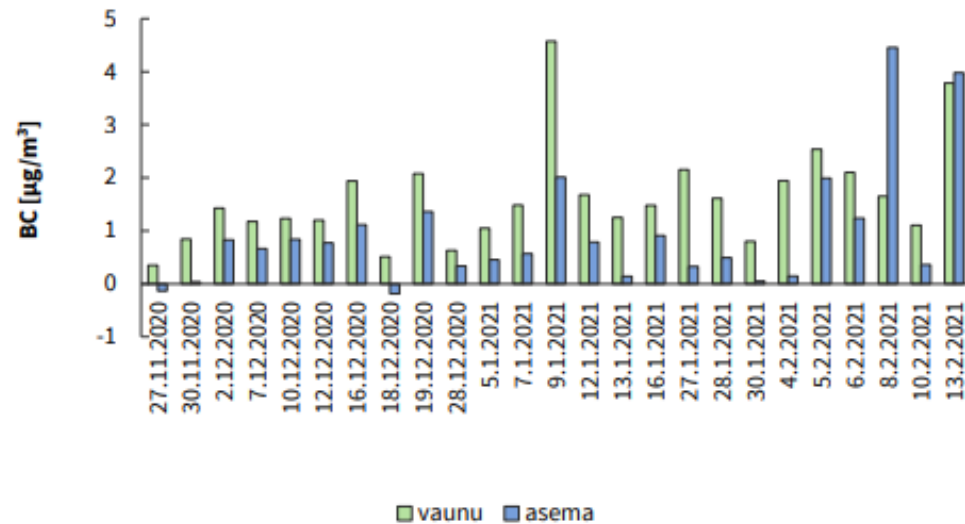


Mitattu reitti Kuopion Niiralassa.

Asemalla mitattu pitoisuus oli yleensä pienempi kuin reittimittauksissa, lisäksi asemalla mitattu pitoisuusvaihtelu kuvasi heikosti pitoisuutta alueen pientalojen lähellä.



Kuva 5. PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuden keskiarvo mittausten aikana. Kukin mittaus kesti 1–2 tuntia.



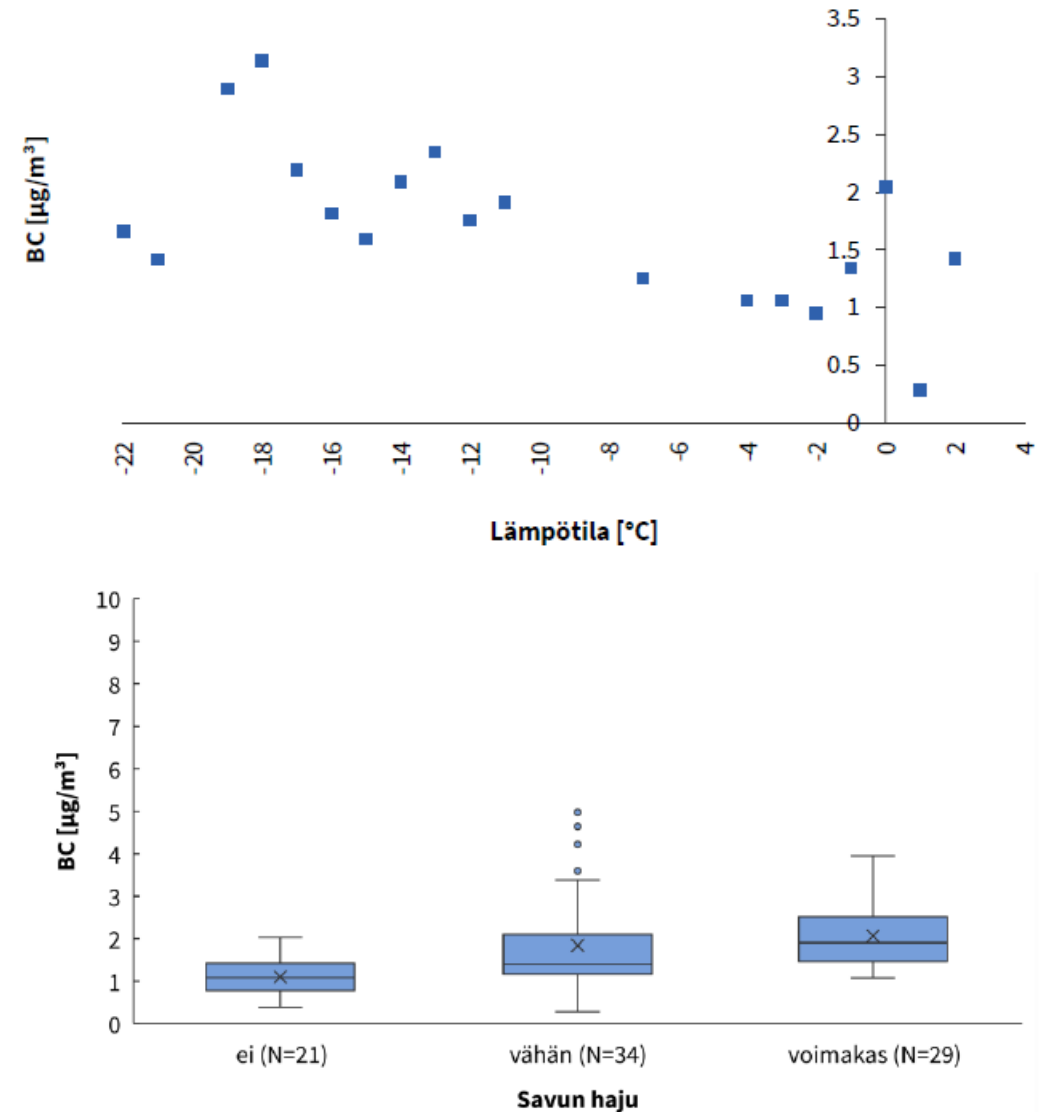
Kuva 6. Mustan hiilen pitoisuuden keskiarvo mittausten aikana. Kukin mittaus kesti 1–2 tuntia.



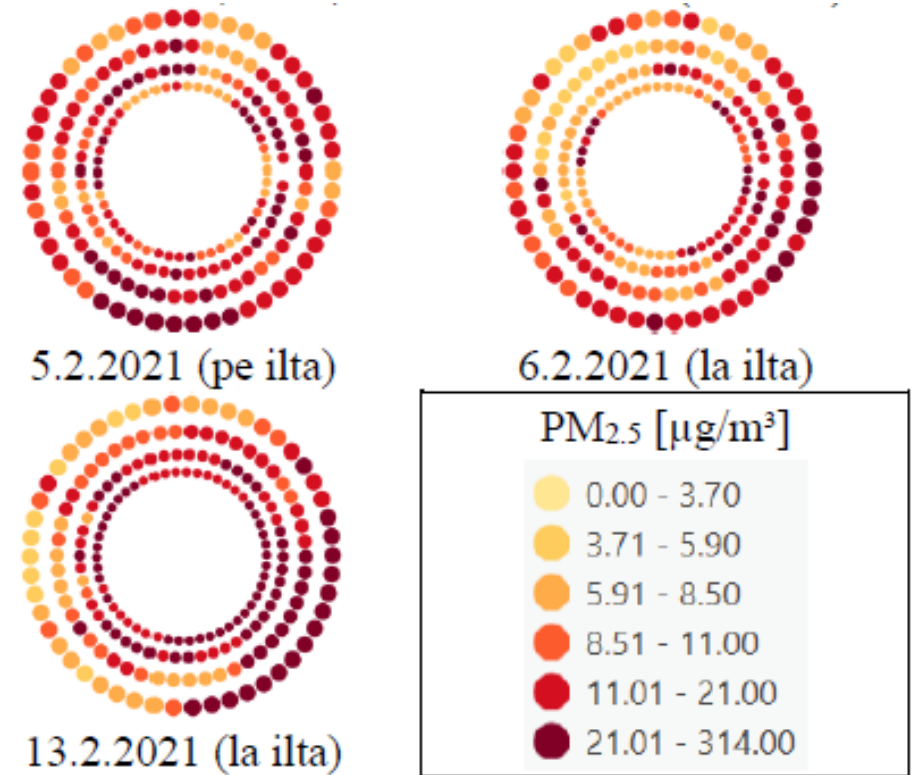
| Mittaus                                        | N  | keskiarvo | min | P5   | P25  | P50  | P75   | P95   | max   |
|------------------------------------------------|----|-----------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| PM <sub>2.5</sub> _vaunu [µg/m <sup>3</sup> ]  | 92 | 11        | 4   | 4    | 6    | 10   | 14    | 26    | 30    |
| PM <sub>2.5</sub> _asema [µg/m <sup>3</sup> ]  | 92 | 5         | 0   | 2    | 2    | 4    | 7     | 13    | 15    |
| BC_vaunu [µg/m <sup>3</sup> ]                  | 84 | 1,7       | 0,3 | 0,7  | 1,1  | 1,5  | 2,0   | 3,9   | 5,0   |
| BC_asema [µg/m <sup>3</sup> ]                  | 84 | 1,1       | 0,0 | 0,1  | 0,4  | 0,8  | 1,2   | 3,8   | 8,6   |
| PNC_vaunu [# /cm <sup>3</sup> ]                | 86 | 7800      | 800 | 1100 | 2300 | 4900 | 11300 | 21300 | 40800 |
| PNC_asema [# /cm <sup>3</sup> ]                | 86 | 4100      | 900 | 1500 | 2200 | 3500 | 5100  | 9000  | 17000 |
| LDSA_vaunu [µm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ] | 86 | 14        | 2   | 2    | 7    | 13   | 18    | 31    | 47    |
| LDSA_asema [µm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ] | 86 | 11        | 2   | 4    | 6    | 10   | 14    | 23    | 31    |

Mittauskierrosten keskiarvoista määritetyt tilastolliset tunnusluvut. Jokaista kierrosta vastaa samalta ajanjaksolta asemalla mitattu pitoisuus

- Lämpötilan ja epäpuhtauspitoisuuden välinen korrelaatio oli paras ( $r=-0.67$ ) hiukkasten lukumääräpitoisuudelle, mutta havaittavissa myös mustalla hiilellä ja LDSA:lla. Korrelaatiota huonontavat suuret pitoisuudet, kun lämpötila on  $0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Vertailtiin myös savun hajun voimakkuutta verrattuna pitoisuuksiin kolmiportaisella asteikolla. Musta hiili toimi parhaiten puun polton savun indikaattorina. Mustalla hiilellä sekä kierroksella mitattujen pitoisuuksien mediaani että keskiarvo kasvoivat savunhajun voimistuessa



- Kaikkien tutkittujen ilmansaasteiden pitoisuudet olivat alueellisesti epätasaisesti jakautuneet ja lyhyilläkin etäisyyksillä havaittiin suuria pitoisuuseroja.
- Suuret pitoisuudet olivat usein lyhytaikaisia, mutta joillain reittiosuuksilla pitoisuus pysyi suurena kaikkien kierrosten aikana eli yli kaksi tuntia. Vastaavaa vaihtelua oli myös BC-, PNC- ja LDSA-tasoissa.
- Keskimääräiset pitoisuudet olivat selkeästi suuremmat iltamittauksissa kuin aamupäivän mittauksissa



Esimerkki pienhiukkaspitoisuuksien vaihtelusta mittauskierrosten välillä kolmen mittauskerran aikana.

# Puulämmityksen haittojen vähentäminen pääkaupunkiseudulla (PUTSI-HMA, 2019)

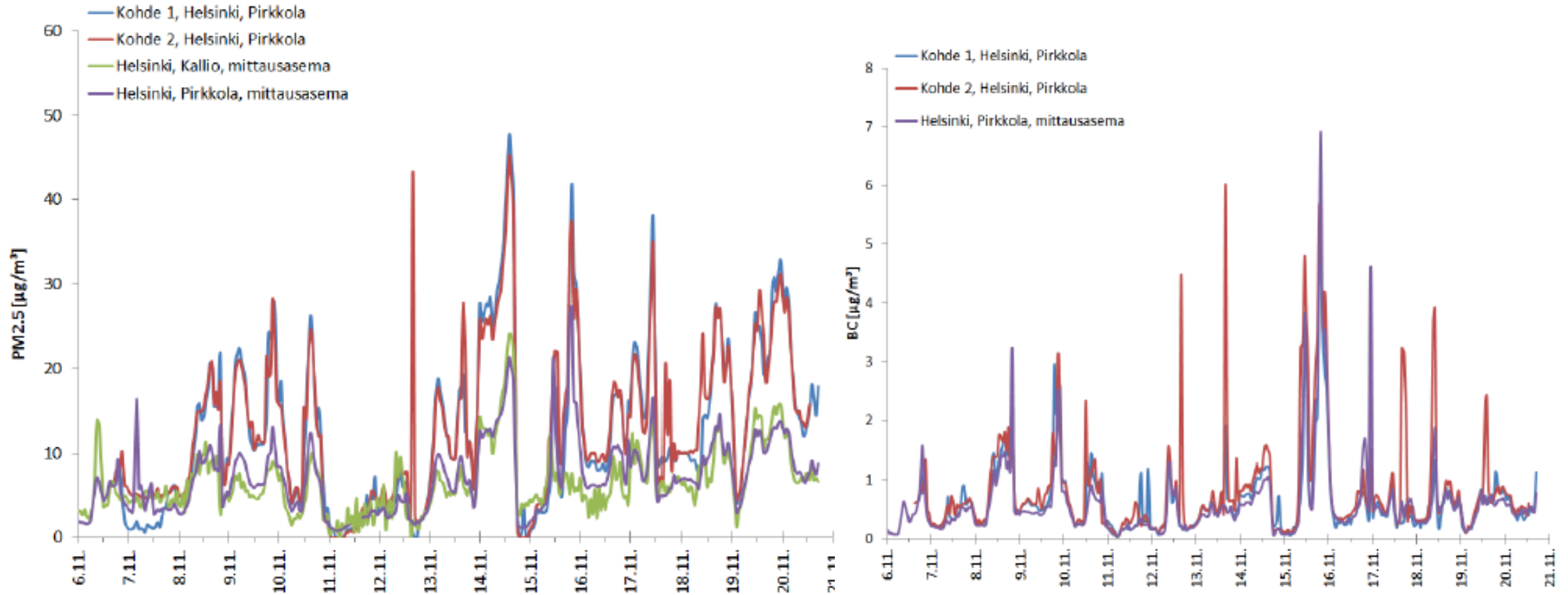
- Neljä pientalokohdetta, sijainti Pirkkola, Helsinki ja Laaksolahti, Espoo. Mittausaika 2 viikkoa/kohde
- Taulukossa esitettyjen mittausten lisäksi käytettävissä oli HSY:n siirrettävän mittausaseman (Pirkkola) sekä muiden mittausasemien data



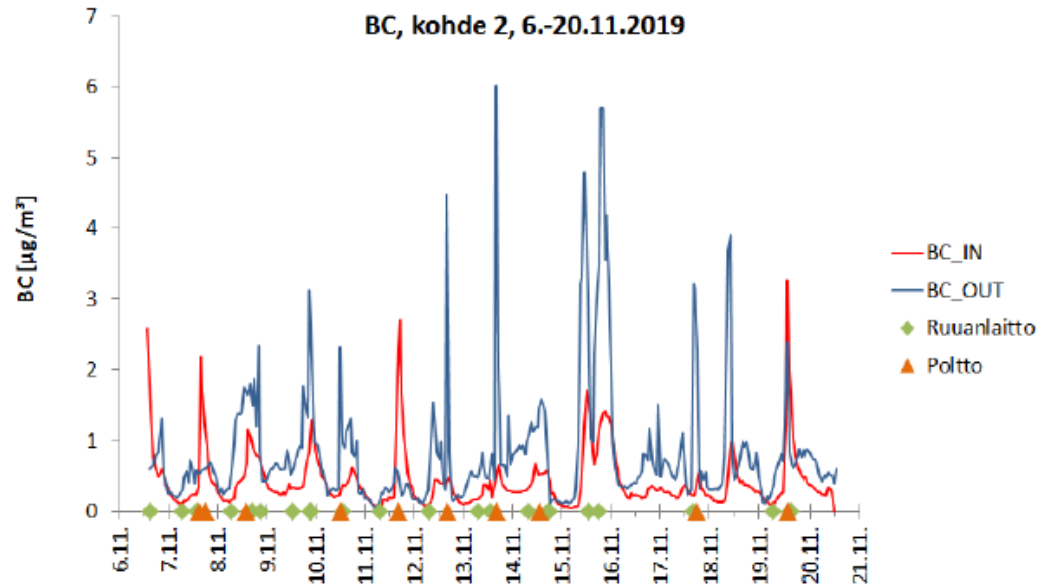
| Laite                              | Mitattava yhdiste       | Tallennus-resoluutio | Mittauspaikka        |                 |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
|                                    |                         |                      | Kohteen oleskelutila | Kohteen pihamaa |
| DustTrak DRX                       | PM <sub>2.5</sub>       | 2 min                | x                    | x               |
| AE51                               | Musta hiili             | 1 min                | x                    | x               |
| NanoTracer                         | PNC, LDSA               | 10 s                 |                      | x               |
| VelociCalc                         | T, RH, paine-ero        | 1 min                | x                    |                 |
| HI-PM <sub>10</sub> -PTFE-suodatin | PM <sub>10</sub> -massa | 168 h *              | x                    | x               |

\*Hiukkasnäytteen keräysaika

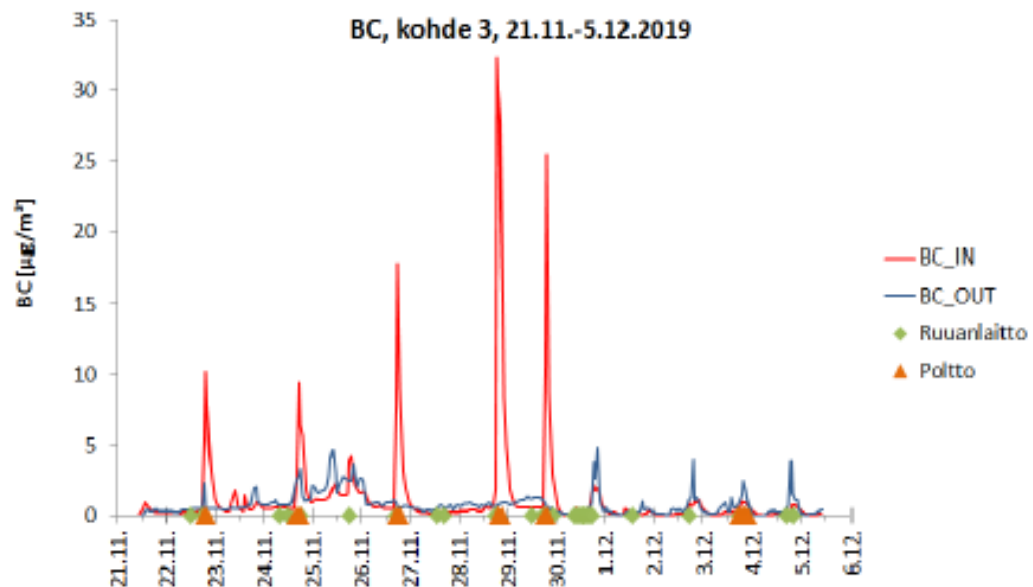




Esimerkkikuvaajat PM2.5- ja BC-pitoisuuksista mittausjaksojen aikana kohteiden 1 ja 2 pihalla sekä Pirkkolan mittausasemalla. Kohteiden välinen etäisyys oli 450m ja etäisyys Pirkkolan mittausasemaan 160 m kohteesta 1 ja 290 m kohteesta 2. Etäisyys Kallion mittausasemaan oli n. 5,4 km.



Esimerkkikuvat mustahiilen sisäpitoisuuksien vaihtelusta kohteissa 2 ja 3. Oman puunpolton vaikutus sisäpitoisuuksiin erottuu hyvin selvästi.

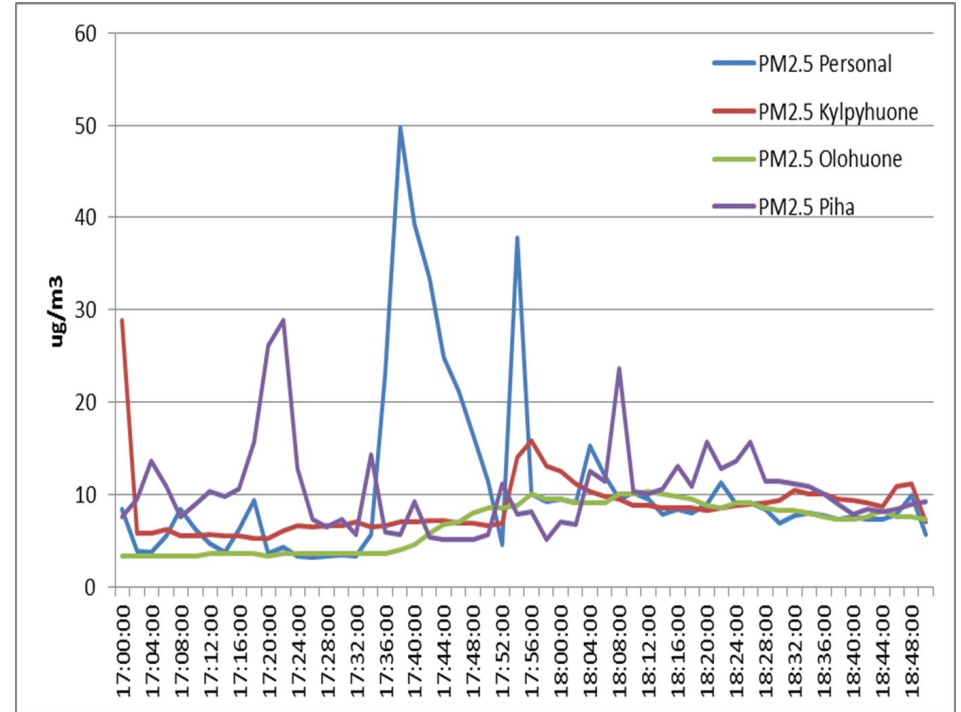


Erittäin suuret pitoisuudet kohteessa 3 voivat olla seurausta riittämättömästä korvausilman saannista, jolloin savua pääsee sisätiloihin esimerkiksi tulisijan luukkaa avattaessa.



- Hankkeen havaintoja:
  - Samalla asuinalueella sijainneiden kohteiden ulko- ja sisäpitoisuuksien tasoissa esiintyi huomattavia eroja. Ulkoilman pien- ja mustahiilihiukkaset kulkeutuivat tehokkaasti ulkoa sisätiloihin
  - Oma puunpoltto ja ruuanlaitto voivat nostaa sisäilman pienhiukkaspitoisuuden hetkittäin hyvin korkeaksi. Puunpoltto lisää sisällä tapahtuvaa altistumista mustalle hiilelle sekä sen mukana polttoperäisille, terveydelle haitallisille orgaanisille ja epäorgaanisille aineille
  - Rakennukset poikkeavat toisistaan muun muassa ikäkausille tyypillisten rakenteiden tiiviyyden, ilmanvaihdon, tuloilmansuodatuksen sekä sisätilojen avoimuuden suhteen. Puunpolton savuille altistumisen selvittämiseksi asuinrakennuksissa tarvittaisiin lukuisia erityyppisiä tutkimuskohteita sekä riittävän pitkäkestoiset mittaukset
  - Aukkaiden oma toiminta sisätiloissa vaikuttaa merkittävästi hiukkaspitoisuuksiin

- Myös puunpolton savuille altistuminen asuinrakennuksien sisätiloissa vaihtelee voimakkaasti. Aikaisemmassa PUUTE-2 hankkeessa toteutettiin polttokokeita:
- Neljässä omakotitalossa, 2 koetta/talo
  - Henkilökohtaisissa mittauksissa tutkimushenkilö piti mittalaitereppua selässään sytyttäessään tai kohentaessaan tulisijoja, muulloin reppu oli samassa huoneessa tutkimushenkilön kanssa.
  - Henkilökohtaisten mittausten lisäksi mittaukset kylpyhuoneessa, olohuoneessa sekä ulkona
- Puunpolttajien ja asuintiloissa polton aikana oleskelleiden altistuspitoisuudet PM<sub>2.5</sub>:lle ja BC:lle kohosivat polttokokeiden aikana selvästi.
- Puunpolttajien henkilökohtaisissa altistuspitoisuuksissa esiintyi joitakin minuutteja kestäneitä, hyvin korkeita pitoisuushuippuja



Esimerkkikuva PM<sub>2.5</sub>-pitoisuuksien vaihtelusta polttokokeen 1 aikana talossa 3

Linkkejä hankkeista kirjoitettuihin julkaisuihin:

- [PUUTA](#)
- [PUUHA](#)
- [PUUTE2-polttokokeet](#)



**Taina Siponen**  
Erityisasiantuntija, tiimipäällikkö  
Ilmansaasteille altistuminen ja  
ilmansaasteiden terveysvaikutukset



**Pekka Taimisto**  
Suunnittelija  
Ilmansaaste- ja melumittaukset



**Tarja Yli-Tuomi**  
Erikoistutkija  
Ilmansaasteille ja ympäristömelulle  
altistumisen mallintaminen,  
paikkatieto



Kiitos!