



# Puunpolton vaikutus ilmanlaatuun pääkaupunkiseudulla ja muualla Suomessa

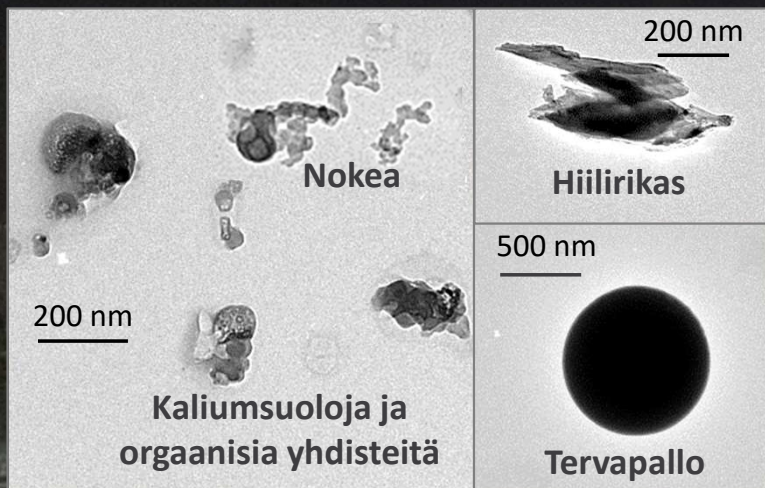
Jarkko Niemi  
Ilmansuojeluasiantuntija, FT

Ajankohtaista puun pienpoltosta – Pienpolton päästöt, ilmanlaatu ja terveys –seminaari  
14.11.2023 Kuopio



# Puunpolton vaikutus ilmanlaatuun pääkaupunkiseudulla ja muualla Suomessa

## Puunpolton pienhiukkasia pientaloalueella



Lähde: Pirjola ym., 2017 mukailen

## Esityksessä mittaus- ja mallinnustuloksia

1. Pienhiukkaset ( $PM_{2,5}$ )
2. Bentso(a)pyreeni (BaP)
3. Musta hiili (BC) eli noki

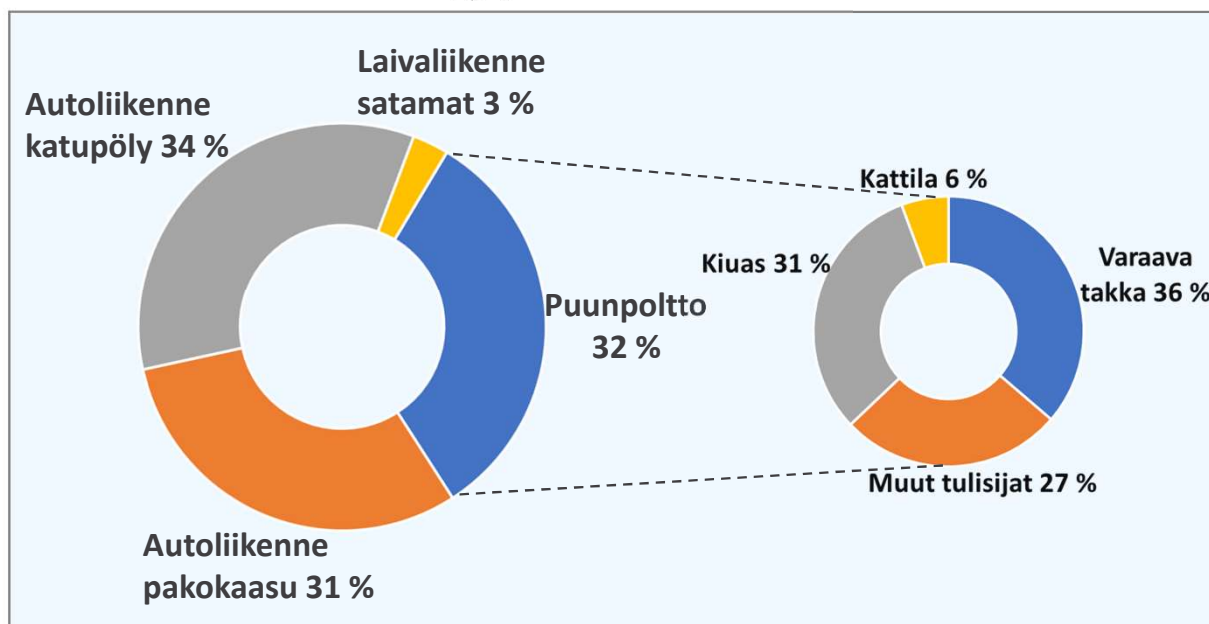




# Tulisijojen käyttö ja pienhiukkaspäästöt pääkaupunkiseudulla v. 2018/2019

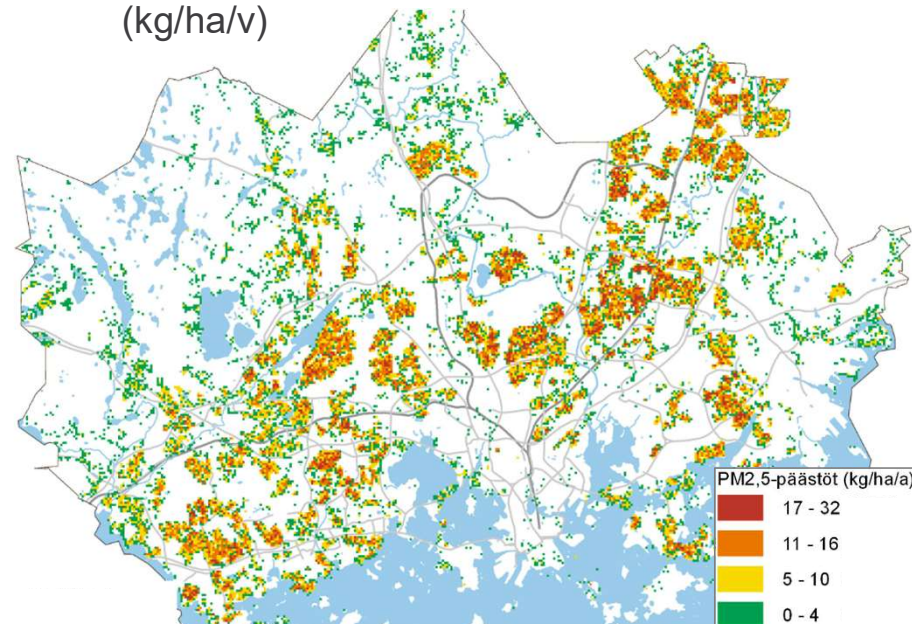
- Pääkaupunkiseudun (= Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen) omakotitaloista noin 80 % polttaa puuta, mutta puu päälämmitysmuotona harvinainen (noin 1 %)
- Puun pienpoltosta sama määrä pienhiukkaspäästöjä ( $PM_{2,5}$ ) kuin autoliikenteen pakokaasuista tai katupölystä
- Eri tulisijatyypeistä suurimmat päästömäärät aiheutuvat varaavista takoista ja saunan kiukaista
- Puunpolton päästöt keskittyvät tiiviisti rakennetuille pientaloalueille ja lämmityskaudelle

## Pk-seudun matalien $PM_{2,5}$ -päästölähteiden osuudet vuonna 2019



Päästötiedot: HSY ja Latikka ym., 2022

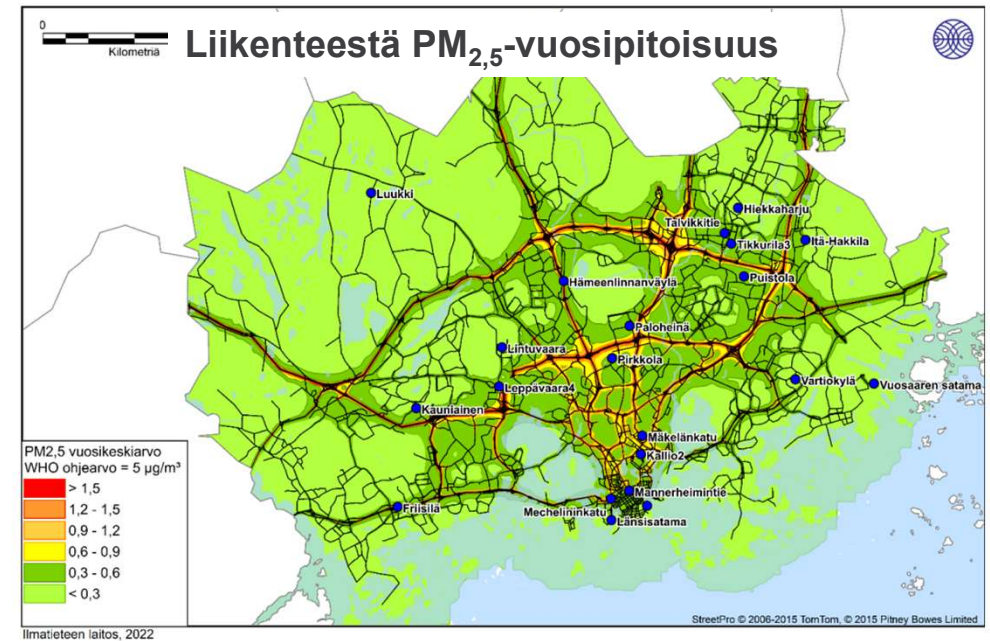
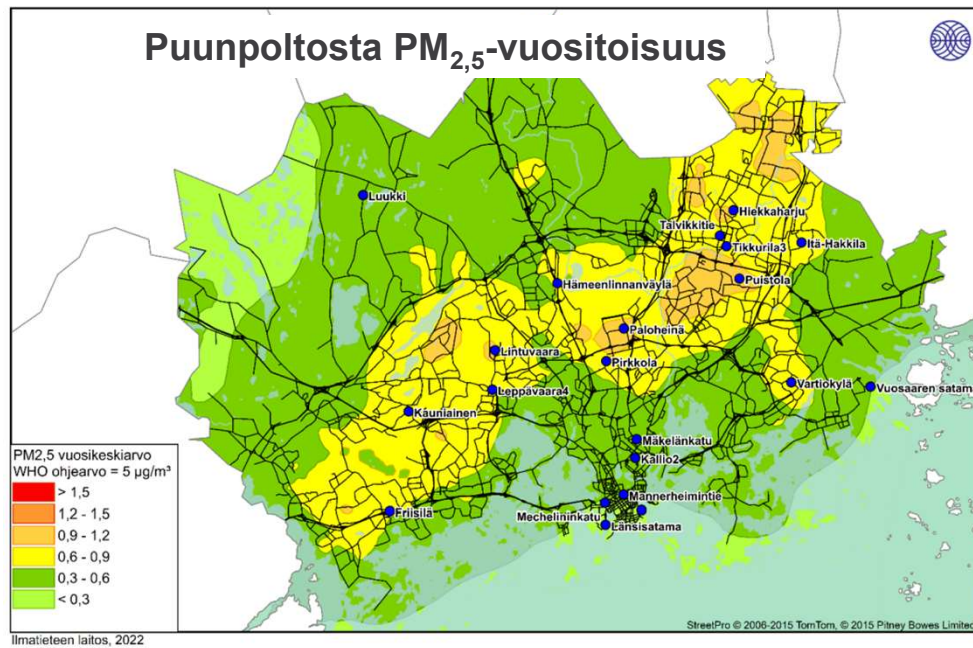
## Puunpolton hiukkaspäästöt pk-seudulla (kg/ha/v)



Lähde: Ohtonen ym., 2020

# Pienhiukkaspäästöjen leviämismallintamisen tuloksia pääkaupunkiseudulla

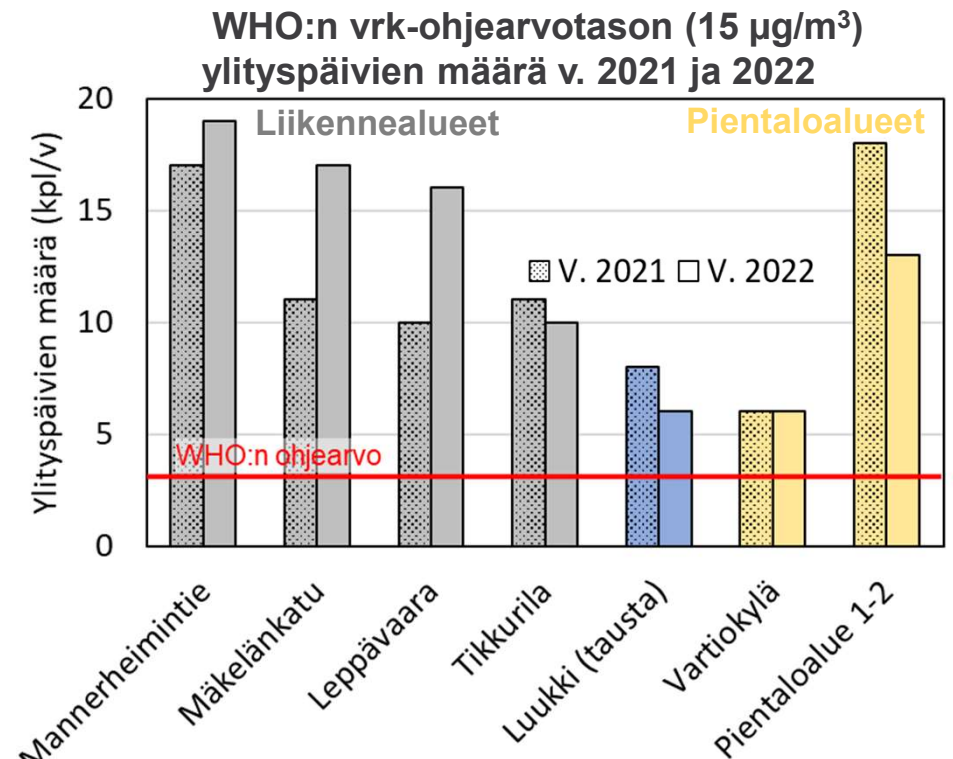
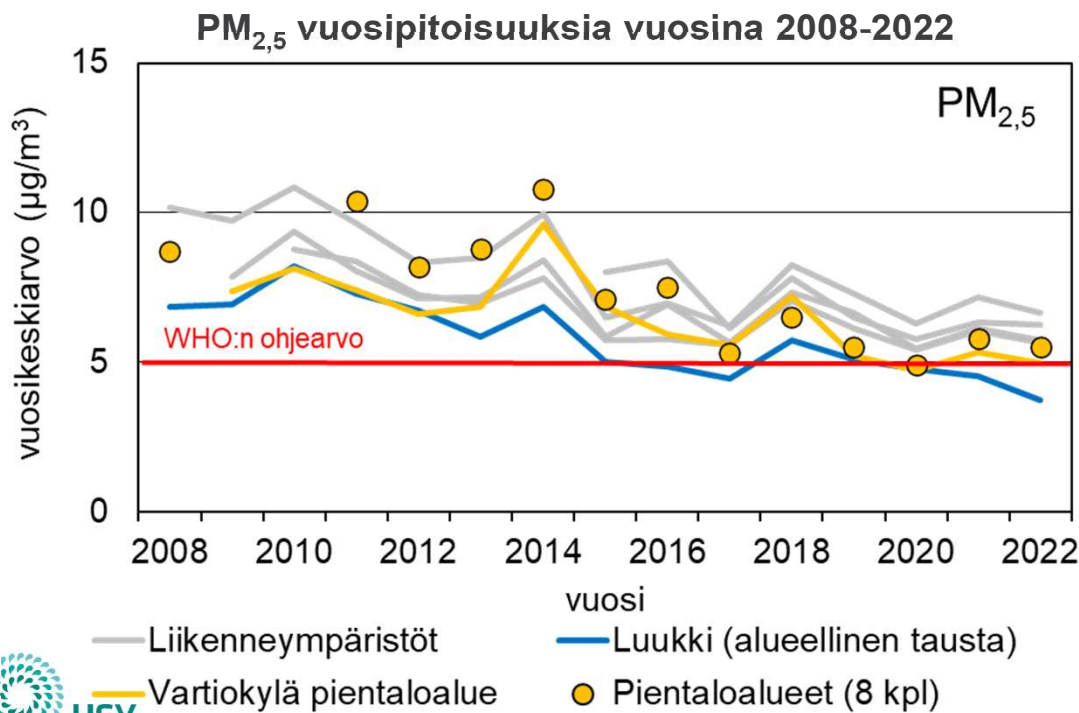
- Puunpoltton ja autoliikenteen aiheuttamat mallinnetut pienhiukkasten vuosipitoisuudet pääkaupunkiseudulla:
  - Puunpoltosta noin  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuslisä tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla
  - Autojen pakokaasuista ja katupölystä yhteensä noin  $1\text{-}2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuslisä vilkasliikenteisissä ympäristöissä
- Pienhiukkasten kokonaispitoisuus on noin  $4\text{-}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pääkaupunkiseudulla



Lähde: Latikka ym., 2022

# Pienhiukkasten mitattuja pitoisuuksia pk-seudulla – WHO:n ohjeet ylittyvät

- HSY:llä 7 pysyvää ja 4 siirrettävää mittausasemaa pääkaupunkiseudulla
  - Pientaloalueet: pysyvä mittausta paikka Vartiokylässä ja siirrettävä mittausta tehty kahdeksalla eri pientaloalueella
- Pientaloalueilla puunpoltto nostaa PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksia, mutta korkeimmat vuosipitoisuudet liikenneympäristöissä
  - Suuri osa pienhiukkasmassasta on peräisin kaukokulkeumasta, joka on vähentynyt selvästi 15 v. kuluessa
- WHO:n vuosi- ja vuorokausiohjeet pienhiukkasille ylittyvät pientalo- ja liikenneympäristöissä



Lähde: Korhonen ym, 2023

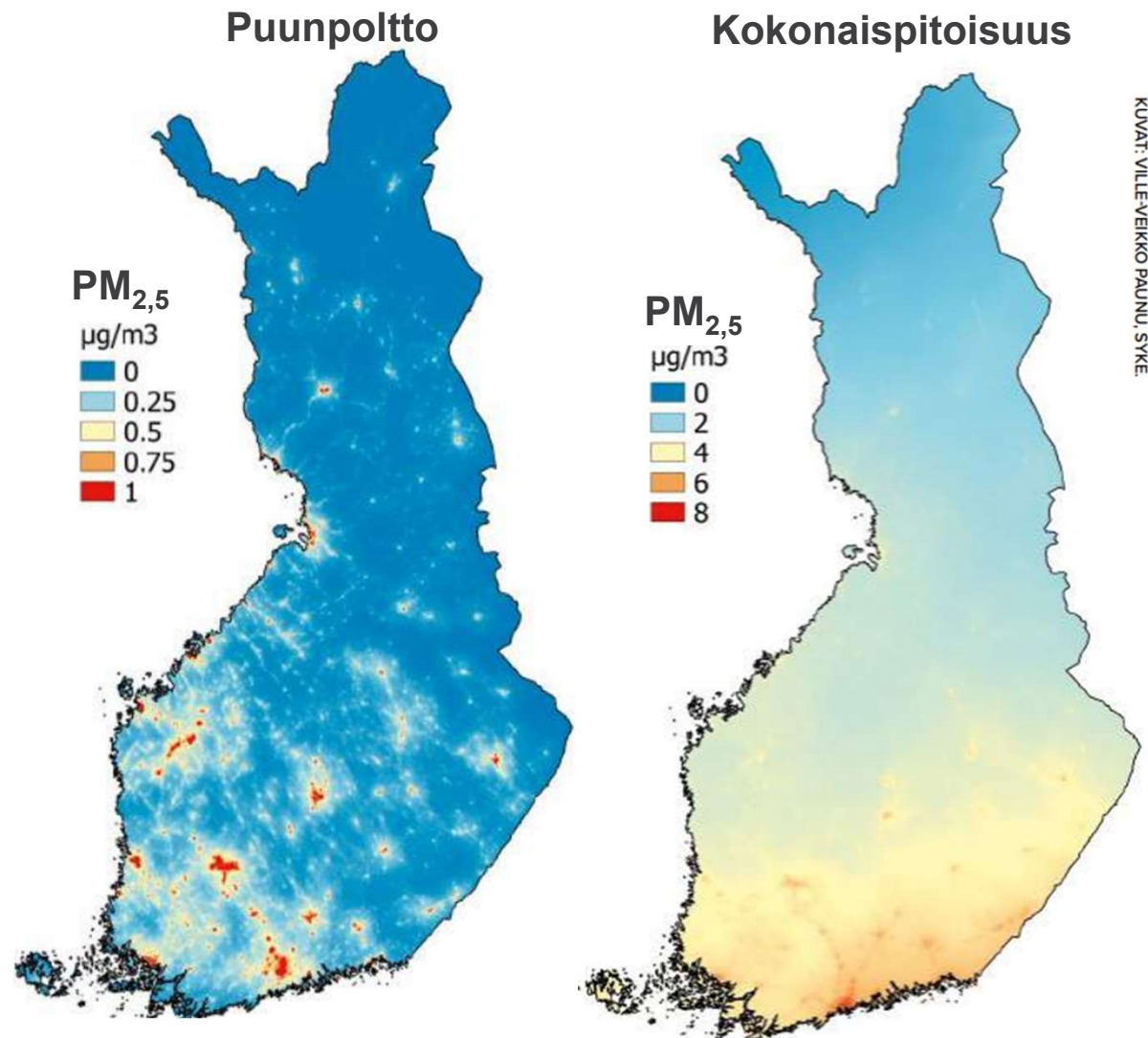


HSY



## Puunpoltto nostaa pienhiukkasten pitoisuuksia kaikkien kaupunkien pientaloalueilla Suomessa

- Mallinnustulosten mukaan puunpolton päästöt nostavat pienhiukkasten vuosipitoisuuksia noin  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  monissa kaupungeissa
- Pienhiukkasten kokonaispitoisuudet korkeimpia kaupungeissa ja Etelä-Suomessa
  - Suomessa kokonaispitoisuudet noin  $2\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
  - Ilmansaasteiden kaukokulkeumalla suurin vaikutus pienhiukkaspitoisuuksiin Suomessa



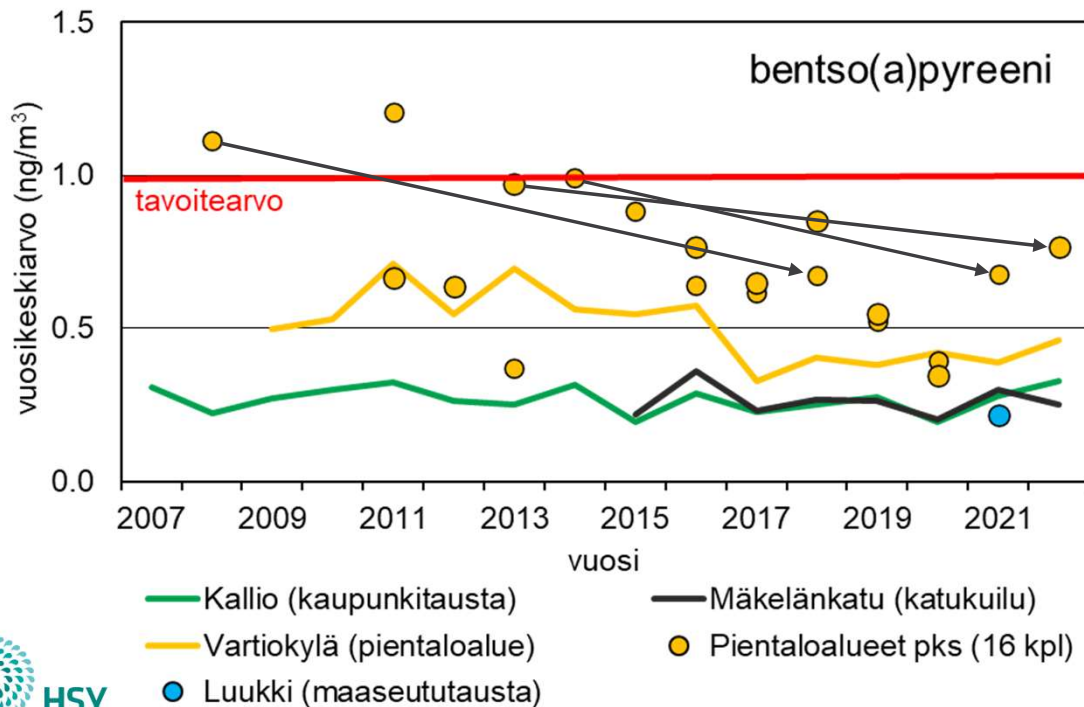
Mallinnettu PM<sub>2,5</sub> kokonaispitoisuus ja arvio puunpolton primaarihiukkasten aiheuttamista pitoisuuksista vuonna 2030.

Lähde: Hänninen ym. 2019, Ilmansuojelu 1/2019; BATMAN-hanke.

# Bentso(a)pyreenin pitoisuudet korkeita monilla pientaloalueilla pk-seudulla

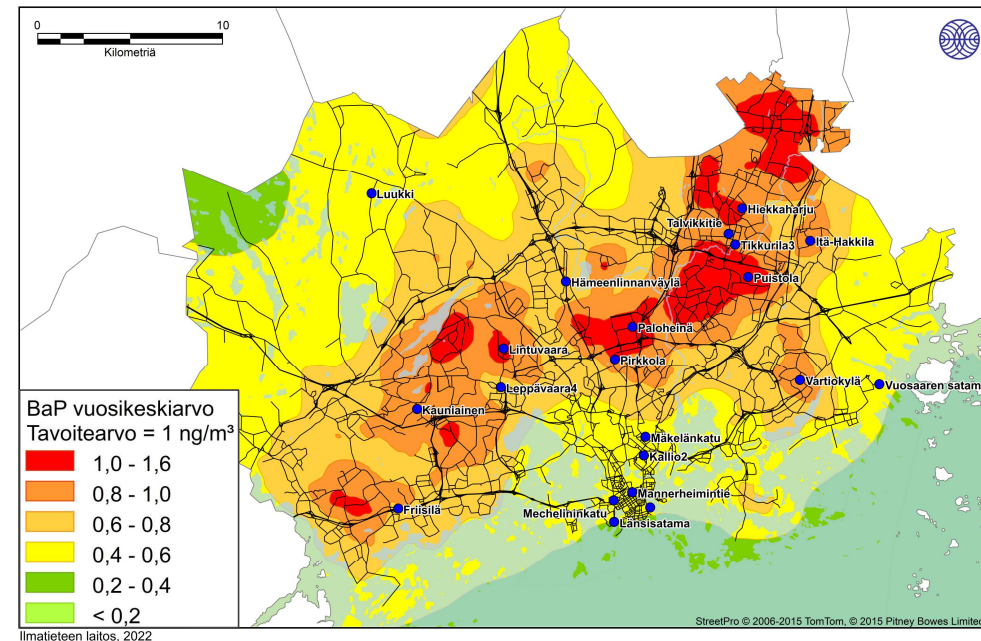
- Bentso(a)pyreeni (BaP) syöpävaarallinen PAH-yhdiste, joka Suomessa lähes täysin peräisin puun pienpoltosta
  - BaP:n osuus pieni (noin 1/1000) puunpoltton hiukkaspäästöissä, mutta se on hyvä puunpoltton merkkiaine
- EU:n tavoitearvo on 1 ng/m<sup>3</sup> vuosikeskiarvolle, mutta EU-komission ehdottanut sitovaksi raja-arvoksi 1,0 ng/m<sup>3</sup>
- BaP-pitoisuus vaihtelee paljon eri pientaloalueilla ja vuosina, mutta viime vuosina 1,0 ng/m<sup>3</sup> ei ole ylittynyt
- BaP-päästöjen leviämismallintamisessa tavoitearvo ylittyi pk-seudulla, mutta mallinnus yliarvio

Mitattuja BaP-pitoisuuksia pk-seudulla v. 2007-2022



Lähde: Korhonen ym, 2023

Mallinnettu BaP-pitoisuus pk-seudulla (v. 2016-2019)

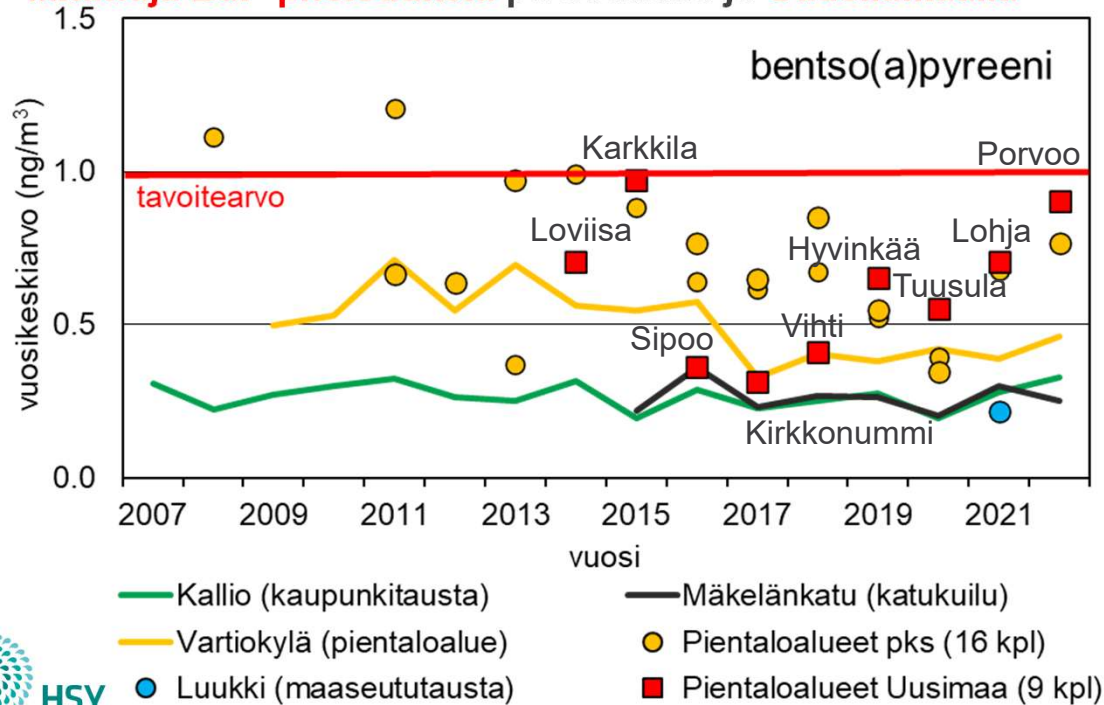


Lähde: Latikka ym., 2022

# Bentso(a)pyreenin pitoisuudet korkeita monilla pientaloalueilla pk-seudulla

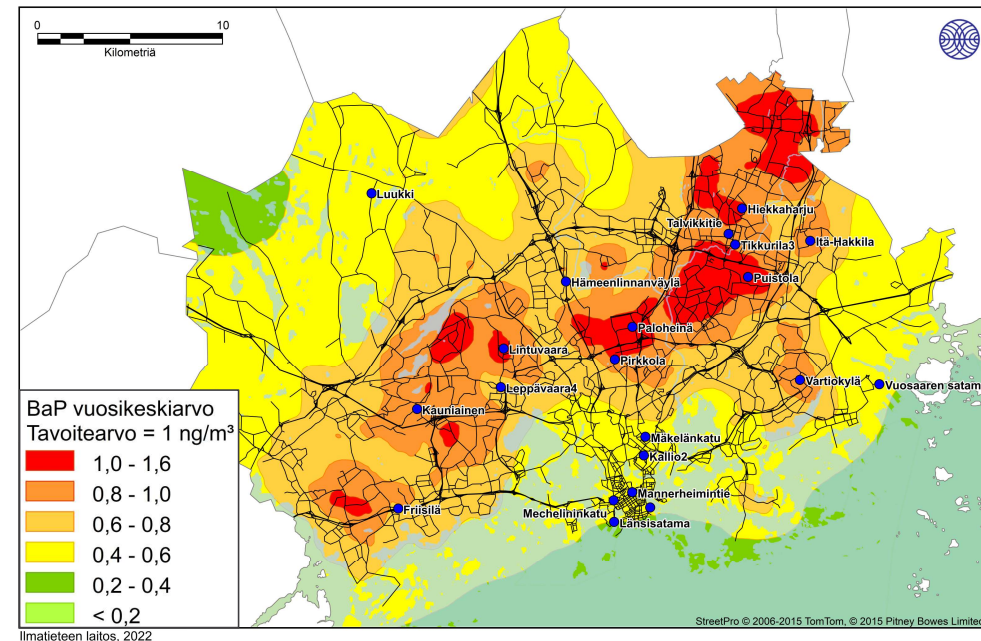
- Bentso(a)pyreeni (BaP) syöpävaarallinen PAH yhdiste, joka Suomessa lähes täysin peräisin puun pienpoltosta
  - BaP:n osuus pieni (noin 1/1000) puunpolton hiukkaspäästöissä, mutta se on hyvä puunpolton merkkiaine
- EU:n tavoitearvo on 1 ng/m<sup>3</sup> vuosikeskiarvolle, mutta EU-komission ehdottanut sitovaksi raja-arvoksi 1,0 ng/m<sup>3</sup>
- BaP-pitoisuus vaihtelee paljon eri pientaloalueilla ja vuosina, mutta viime vuosina 1,0 ng/m<sup>3</sup> ei ole ylittynyt
- BaP-päästöjen leviämismallintamisessa tavoitearvo ylittyi pk-seudulla, mutta mallinnus yliarvio

## Mitattuja BaP-pitoisuuksia pk-seudulla ja Uudellamaalla



Lähde: Korhonen ym., 2023; Väkevä ym., 2023

## Mallinnettu BaP-pitoisuus pk-seudulla (v. 2016-2019)



Lähde: Latikka ym., 2022





## Bentso(a)pyreenin pitoisuudet tunnetaan vielä puutteellisesti monissa Suomen kaupungeissa

Mittauksia tehtiin vuonna 2022 ainakin seuraavissa paikoissa:  
(vuosipitoisuuden tavoitearvo on 1 ng/m<sup>3</sup>)

- **Raahe** Lapaluoto 1,2 ng/m<sup>3</sup> (teollisuus + puunpoltto) ja Keskusta 0,5 ng/m<sup>3</sup>
- **Lahti** Laune 1,1 ng/m<sup>3</sup>
- **Porvoo** Vanha Porvoo 0,9 ng/m<sup>3</sup>
- **Pk-seutu**, korkein Tapanila 0,8 ng/m<sup>3</sup> ja matalin Mäkelänkatu 0,3 ng/m<sup>3</sup>
- **Kuopio** Kurkimäki ja Niirala 0,4 ng/m<sup>3</sup>
- **Heinola** Tommola 0,4 ng/m<sup>3</sup> ja Vierumäki 0,3 ng/m<sup>3</sup>
- **Maaseututausta-asevilla** (Virolahti, Juupajoki, Pallas) Ilmatieteen laitoksen mittauksissa pitoisuudet matalia (<0,2 ng/m<sup>3</sup>)

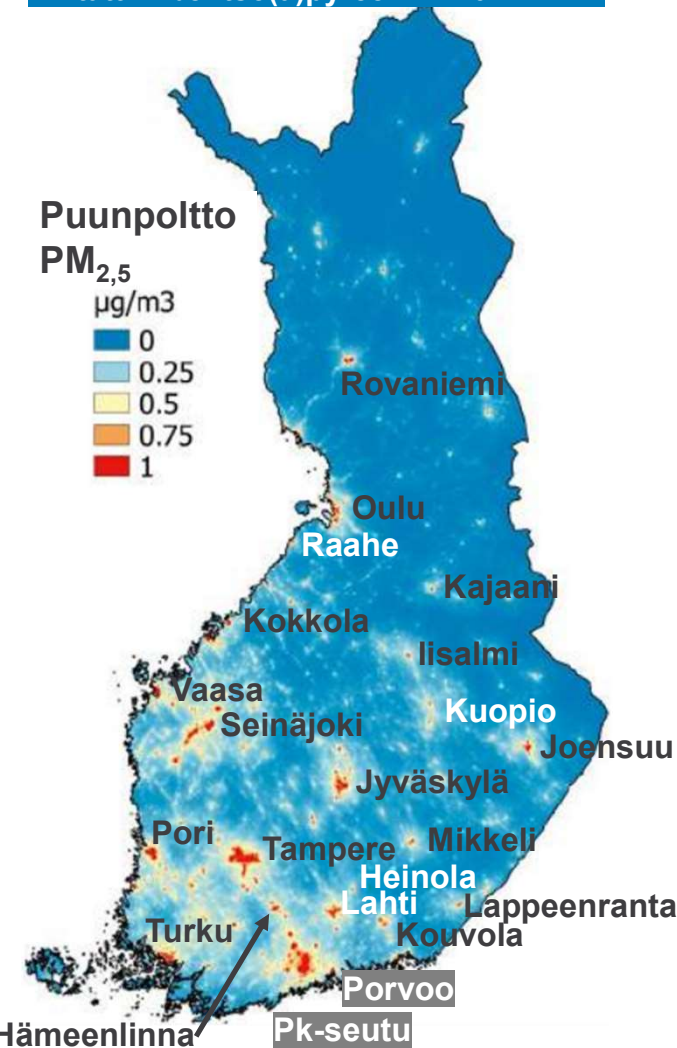
### Päästöjen leviämismallinnuksia tehty viime vuosina useissa kaupungeissa

- Kuopio, Oulu, Turku, Pori, Riihimäki, pääkaupunkiseutu, jne.
- Mallinnustulosten validointiin ja tulosten vahvistamiseksi tarvitaan mittaustuloksia, mutta niitä ei ole saatavilla monista kaupungeista



HSY

Valkoisella fontilla kaupungeja, joissa mitattiin bentso(a)pyreeni v. 2022

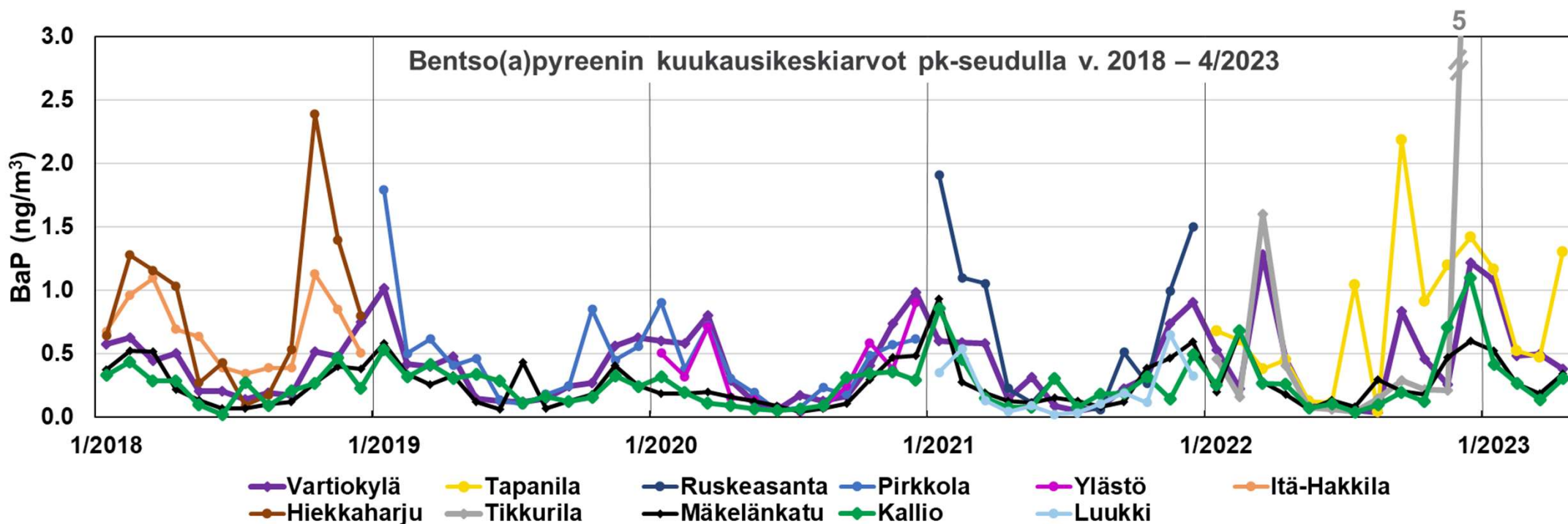


Mallinnettu arvio puunpolton primaarihiukkasten aiheuttamista PM<sub>2,5</sub> pitoisuuksista vuonna 2030.

Muokattu lähteestä: Hänninen ym. 2019, Ilmansuojelu 1/2019

## Bentso(a)pyreenin vuodenaikavaihtelu ja energiakriisi talvella 2022/2023

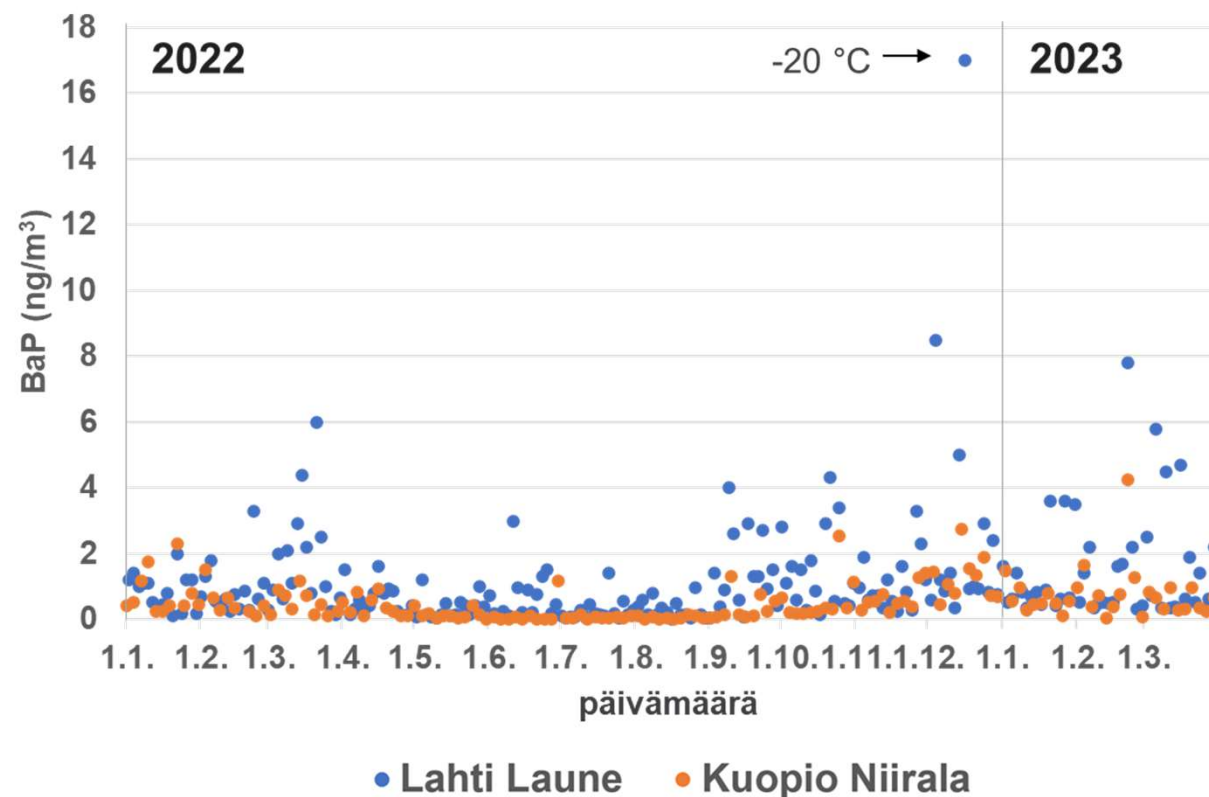
- Talvella korkeimmat pitoisuudet, mutta eri mittauspaikkojen ja vuosien välillä paljon vaihtelua
- Energiakriisin aiheuttama sähkön kallis hinta lisäsi puunpolttoa talvella 2022/2023
- BaP-pitoisuudet korkeita pk-seudulla joulukuussa 2022, koska kylmiä ja tyyniä jaksoja sekä sähkön huippuhinta
  - BaP korkea myös Porvoossa (Väkevä ym., 2023), Lahdessa (Malminen ja Kähäri, 2023) ja Kuopiossa (E. Pärjälä)
- Puunpolton lisääntyminen ei kuitenkaan näkynyt kovin voimakkaasti koko talven 2022/2023 ilmanlaadussa, koska alkuvuonna 2023 lämmin sää toi helpotusta ilmanlaatuun ja sähkön hintaan



## Bentso(a)pyreenin vuorokausipitoisuuksissa erittäin suurta vaihtelua

- Puunpoltosta korkeimmat pitoisuudet kylmällä ja tyynellä säällä
  - sääolosuhteilla suuri vaikutus päästöihin ja erityisesti pitoisuuksiin (esim. lpt, tuulen nopeus ja suunta)
- Erilaisten pientalojen puunpolton päästömäärissä ja -ajoissa suurta vaihtelua
  - lisälämmitys, kiukaat, pihan tulisijat jne.
- Mittausaseman lähellä olevat päästöt korostuvat pitoisuuksissa
  - suuripäästöiset talot, matala päästökorkeus (esim. pihasaunat ja paljut), vallitsevan tuulen suunta
- Useita vuosia jatkuvat mittaukset samoista paikoista erittäin arvokkaita päästömäärissä tapahtuvien muutosten seuranta

### Bentso(a)pyreenin vuorokausipitoisuudet Lahdessa ja Kuopiossa jaksolla 2022 – 3/2023

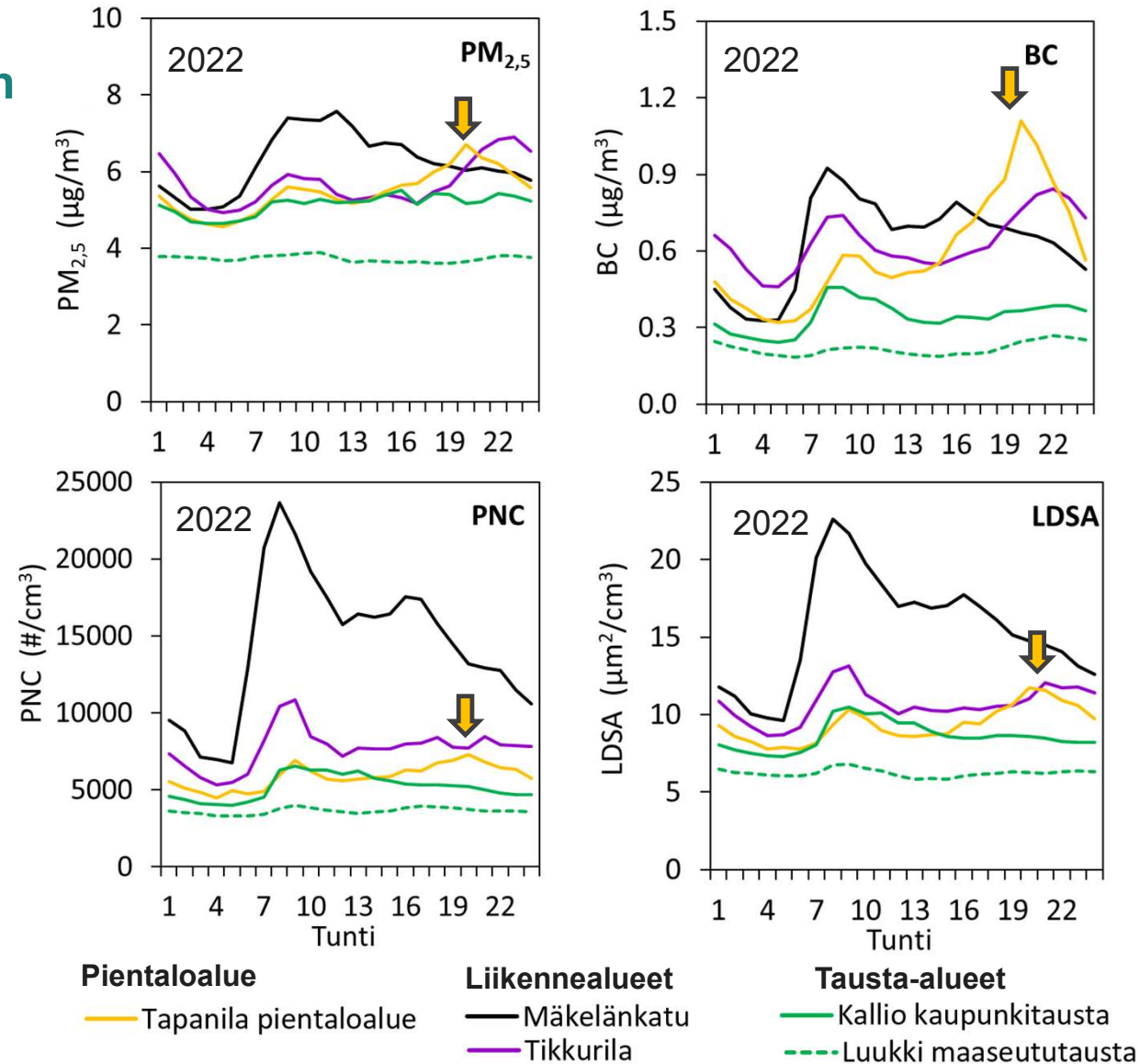


Lahti Laune, Mustamaenkatu (keräykset joka toinen päivä), Kaarina Kähäri  
Kuopio Niirala ja Kurkimäki (keräykset joka kolmas päivä), Erkki Pärjälä



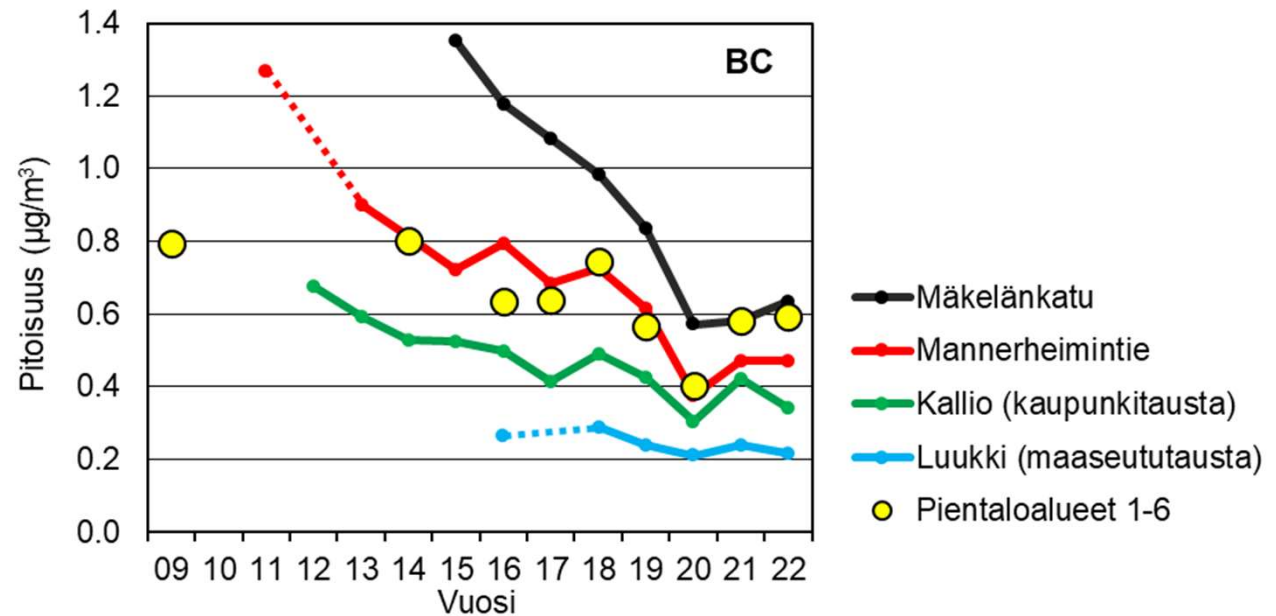
## Musta hiili (BC) sopii hyvin paikallisen puunpolton reaaliaikaiseen seurantaan

- Paikallinen puunpoltto näkyy  $PM_{2,5}$ -mittauksissa pientaloalueilla, mutta kaukokulkeumalla suurin vaikutus
- WHO (2021) suosittelee mustan hiilen (BC) ja hiukkasten lukumääräpitoisuuden (PNC) seurantaa, muttei vielä ohjearvoja
  - BC-pitoisuudet korkeita pientaloalueilla (talvi-)iltaisin puunpolton päästöjen vuoksi
  - PNC-pitoisuuksiin puunpolton päästöillä vain melko pieni vaikutus
  - PNC-pitoisuudet korkeita liikenneympäristöissä pakokaasujen vuoksi
- Hiukkasten keuhkodesoitoivan pinta-alan (LDSA) pitoisuuksissa puunpoltto näkyy selvemmin kuin PNC-pitoisuuksissa



# Mustan hiili sopii hyvin puunpolton päästöjen ja liikenteen pakokaasujen ilmanlaatuvaikutusten pitkäaikaiseen trendiseurantaan

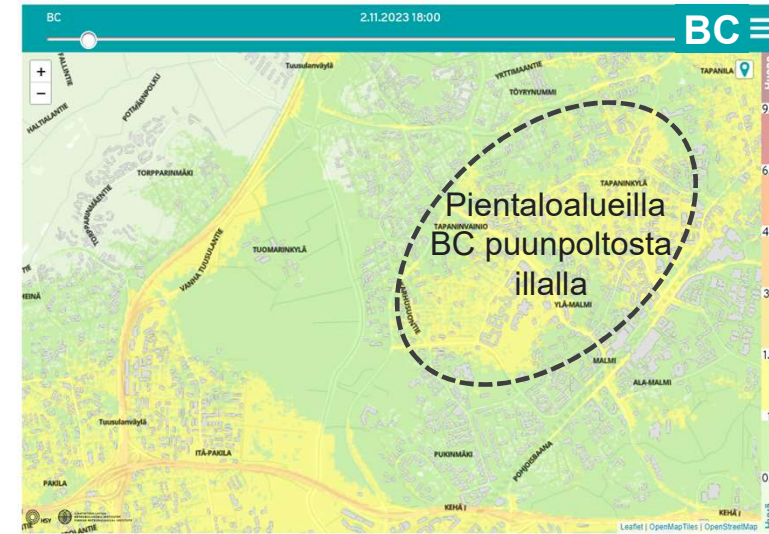
- Mustan hiilen pitoisuudet ovat laskeneet nopeasti liikenneympäristöissä pääkaupunkiseudulla
- Puunpolton osuus mustan hiilen pitoisuuksissa korostuu
- Mustan hiilen vuosikeskiarvot pk-seudun pientaloalueilla nykyään noin samalla tasolla kuin vilkasliikenteisissä katukuiluissa ja pääväylien varsilla
- Vuonna 2020 erittäin matalia pitoisuuksia koronarajoitusten ja erittäin lämpimän talven vuoksi



# BC täydentää ilmanlaatuennustetta pk-seudulla

- Ilmanlaatuindeksi tärkeä ilmanlaatuviestinnässä
- Pk-seudun pitoisuustasojen perusteella tehty suuntaa antava ilmanlaatuindeksi uusille pienhiukkassuureille BC, PNC ja LDSA
  - Eivät mukana virallisessa ilmanlaatuindeksissä
- Ilmatieteen laitoksen ENFUSER-mallissa myös BC- ja LDSA-tulokset
  - HSY visualisoinut tulokset ilmanlaatukarttaan (24 h ennuste)
  - BC tarkoittaa etenkin puunpolton ilmanlaatuvaikutusten tilannekuvaa ja ennustetta pientaloalueilla
- Vähäpäästöinen puunpolto: poltupuhtaasti.fi

HSY:n ilmanlaatukartta  
[hsy.fi/ilmanlaatukartta](https://hsy.fi/ilmanlaatukartta)



**Suomen ilmanlaatuindeksin taitepisteet eri epäpuhtauksille ja uudet suuntaa antavat taitepisteet (BC, LDSA ja PNC).**

Index value	PM <sub>2.5</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	CO (mg m <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	BC (µg m <sup>-3</sup> )	LDSA (µm <sup>2</sup> cm <sup>-3</sup> )	PNC (10 <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
Very poor (>150)	>76	>201	>181	>201	>31	>351	>12.1	>121	>101
Poor (101–150)	51–75	101–200	141–180	151–200	21–30	251–350	7.1–12	81–120	61–100
Fair (76–100)	26–50	51–100	101–140	71–150	9–20	81–250	3.1–7	41–80	31–60
Satisfactory (51–75)	11–25	21–50	61–100	41–70	5–8	21–80	1.1–3	21–40	16–30
Good (<50)	<10	<20	<60	<40	<4	<20	<1	<20	<15



Lähde Fung ym., 2022



## Lähteet

- Fung, P.L, Sillanpää, S., Niemi, J.V., Kousa, A., Timonen, H., Zaidan, M.A., Saukko, E., Kulmala, M., Petäjä, T., Hussein, T. 2022. Improving the current Air Quality Index with new particulate indicators using a robust statistical approach. *Science of the Total Environment*, 157099.
- Hänninen, O., Karvosenoja, N., Kukkonen, J. 2019. Puun pienpolton ja katupölyn haittojen vähentäminen. *Ilmansuojelu* 1/2019.
- Korhonen, S., Loukkola, K., Portin, H., Niemi, J. 2023. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2022. HSY:n julkaisuja 1/2023.
- Latikka, J., Sillanpää, S., Rasila, T., Komppula, B., Laukkanen, J. Lovén, K. 2022. Pääkaupunkiseudun ilmanlaatuselvitys. Kotitalouksien puunpolton, autoliikenteen ja laivaliikenteen pienhiukkas-, mustahiili-, ja bentso(a)pyreenipäästöjen leviämismallilaskelmat. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.
- Malkki, M., Aarnio, P., Matilainen, L., Loukkola, K. 2014. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2013. HSY:n julkaisuja 3/2014.
- Malminen, T., Kähäri, K. 2023. Ulkoilman bentso(a)pyreenipitoisuudet pientaloalueilla Lahden seudulla vuonna 2022 ja alkuvuonna 2023. Lahden kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue, Rakennus- ja ympäristövalvonta.
- Ohtonen, K, Kaski, N., Niemi, J. 2020. Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2018. HSY:n julkaisuja 1/2020.
- Pirjola, L., Niemi, J.V., Saarikoski, S., Aurela, M., Enroth, J., Carbone, S., Saarnio, K., Kuuluvainen, H., Kousa, A., Rönkkö, T., Hillamo, R. 2017. Physical and chemical characterization of urban winter-time aerosols by mobile measurements in Helsinki, Finland. *Atmospheric Environment* 158: 60-75.
- Väkevä, O., Loukkola, K. 2023. Ilmanlaatu Uudellamaalla vuonna 2022. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 383/2023.
- WHO, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization.

Puhtaasti parempaa arkea | En rent bättre vardag | Purely better, every day

# Kiitos!



## Poltapuhtaasti.fi



Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä  
Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster  
Helsinki Region Environmental Services Authority