Mustan hiilen lähteet, pitoisuusvaihtelu ja kehitys pääkaupunkiseudulla

Jarkko Niemi
Ilmansuojeluasiantuntija, FT

Ilmansuojelupäivät, Lappeenranta 20.-21.8.2019

Mustan hiilen (BC) päästölähteet pk-seudulla

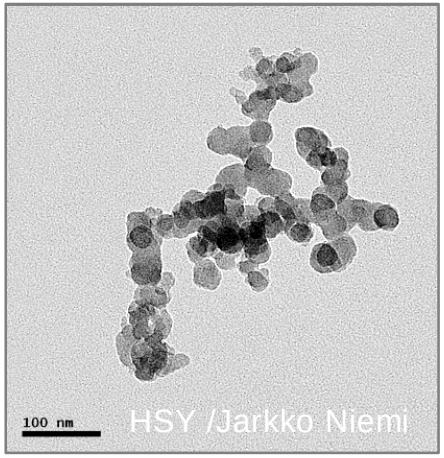
- **Puun pienpoltosta** pienhiukkasten **(**$PM_{2,5}$) päästöjä noin 175 tn/v (Kaski ym. 2016, HSY)
  - Mustaa hiiltä puunpolton hiukkasissa noin kolmannes eli **noin 60 tn/v**
- **Autoliikenteen pakokaasuista** $PM_{2,5}$-päästöjä noin 100 tn/v vuonna 2018 (VTT Lipasto)
  - Mustaa hiiltä pakokaasun hiukkasissa noin puolet eli **noin 50 tn/v**
- **Työkoneet myös merkittävä lähde,** muttei tarkkoja päästöarvioita
- Satamien lähellä hieman laivaliikenteen BC-päästöjä
- Energialaitoksista vain vähän BC-päästöjä (noin 2 tn vuonna 2010; Kupiainen ym. 2014), vaikka hiukkaspäästöjen määrä suuri (144 tn vuonna 2018; Ohtonen ym. 2019, HSY)

- Lisäksi BC:tä kulkeutuu pk-seudulle muualta Suomesta ja Euroopasta em. päästösektoreilta sekä joskus maastopaloista ja peltojen kulotuksista Itä-Euroopasta

HSY /Nelli Kaski

HSY /Jarkko Niemi

HSY /Katja Ohtonen

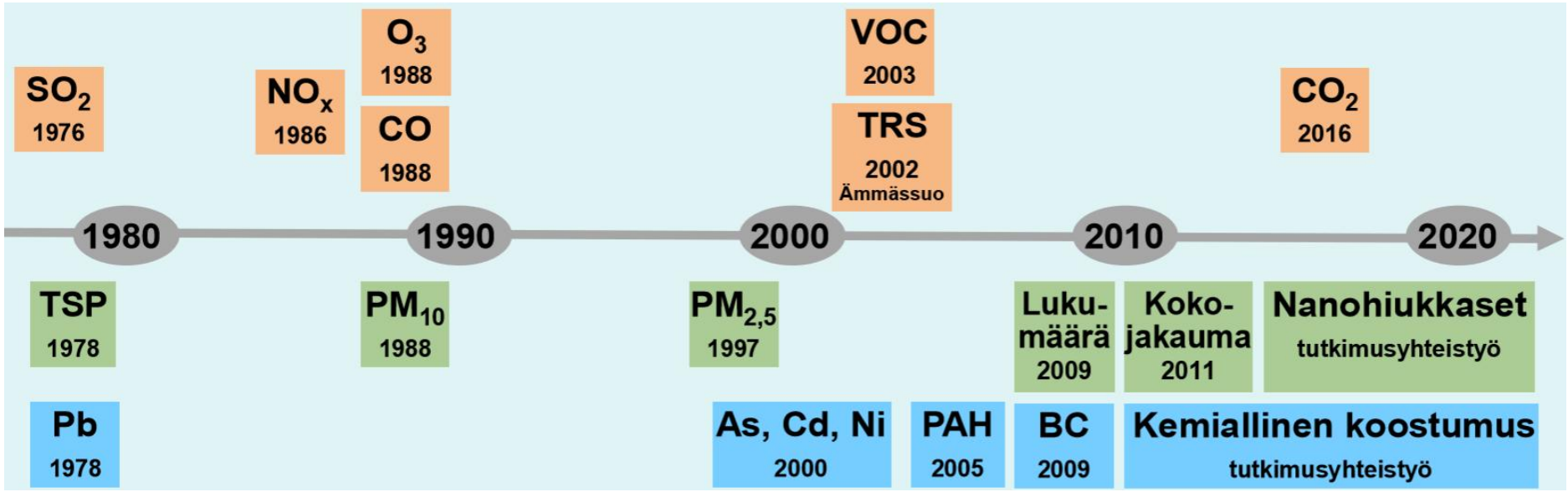


HSY /Jarkko Niemi

Ilmanlaadun seurannan kehittyminen ja BC-monitorointi

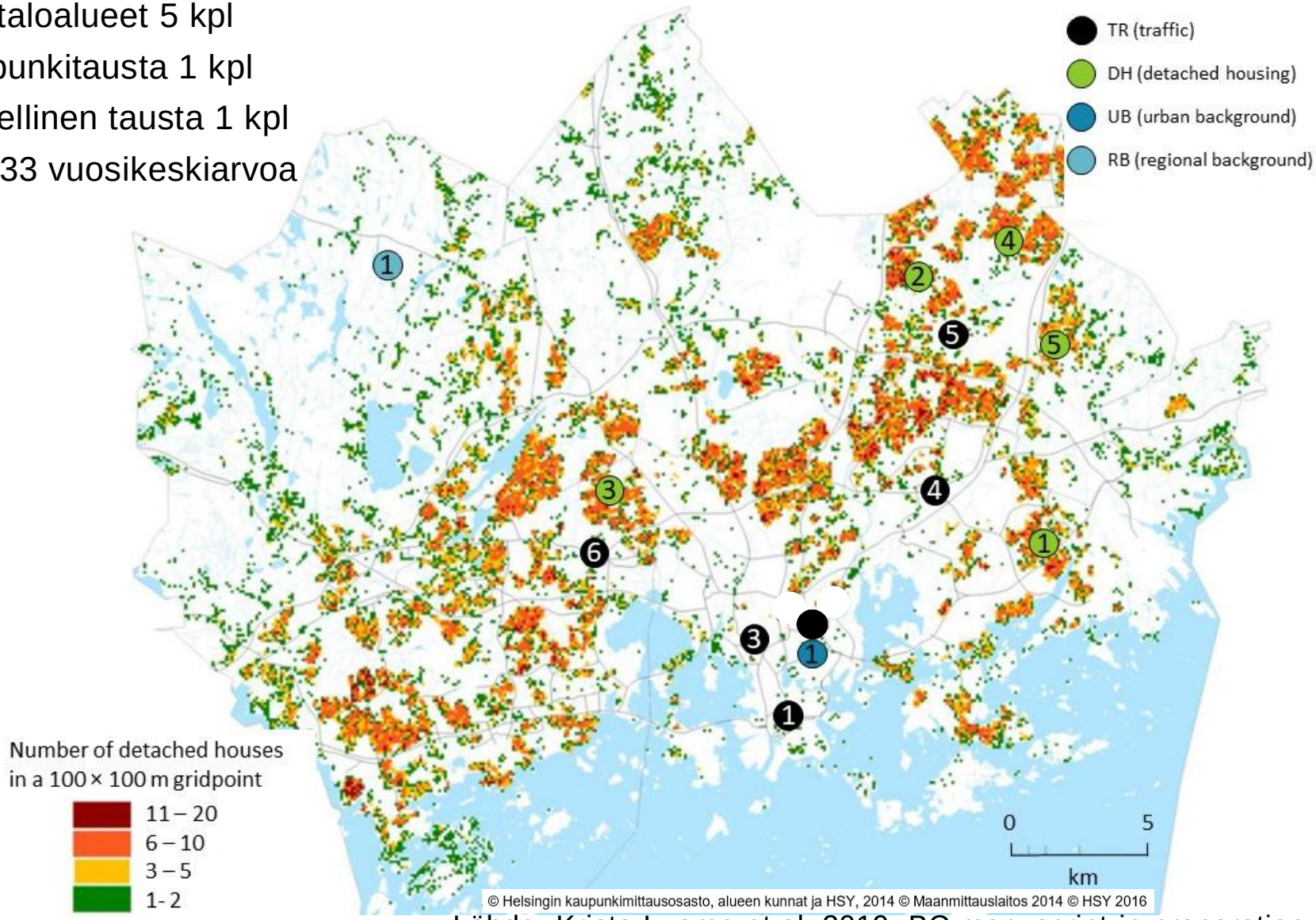
- HSY aloitti mustan hiilen jatkuvat mittaukset pk-seudulla vuonna 2009
  - Vuodesta 2009 MAAP-monitoreja (Multi Angle Absorption Photometer, Thermo 5012)
  - Vuodesta 2016 myös AE33-etalometrejä (Magee Scientific) BC-lähdeanalyysiin
- Tutkimusyhteistyössä mukana Ilmatieteen laitos, Metropolia AMK sekä Tampereen ja Helsingin yliopistot
- Tavoitteena tarkempi käsitys polttoperäisten hiukkasten lähteistä, pitoisuusvaihtelusta, trendeistä sekä ilmansuojelutyön tuloksellisuudesta
- Muita pienhiukkasten seurannan tueksi mitattavia parametrejä mm. hiukkasten lukumääräpitoisuus, kokojakauma ja keuhkodeposoituva pinta-ala (LDSA)

Ilmanlaadun seurannan kehittyminen HSY:n verkossa pk-seudulla



HSY:n BC-mittauspaikkoja 13 kpl pk-seudulla v. 2009-2018

- Vilkasliikenteiset paikat 6 kpl
- Pientaloalueet 5 kpl
- Kaupunkitausta 1 kpl
- Alueellinen tausta 1 kpl
- Yht. 33 vuosikeskiarvoa



Lähde: Krista Luoma et al. 2019, BC manuscript in preparation

Esimerkkejä mittausympäristöistä

Mäkelänkatu supermittausasema

Mannerheimintie

Kallio kaupunkitausta

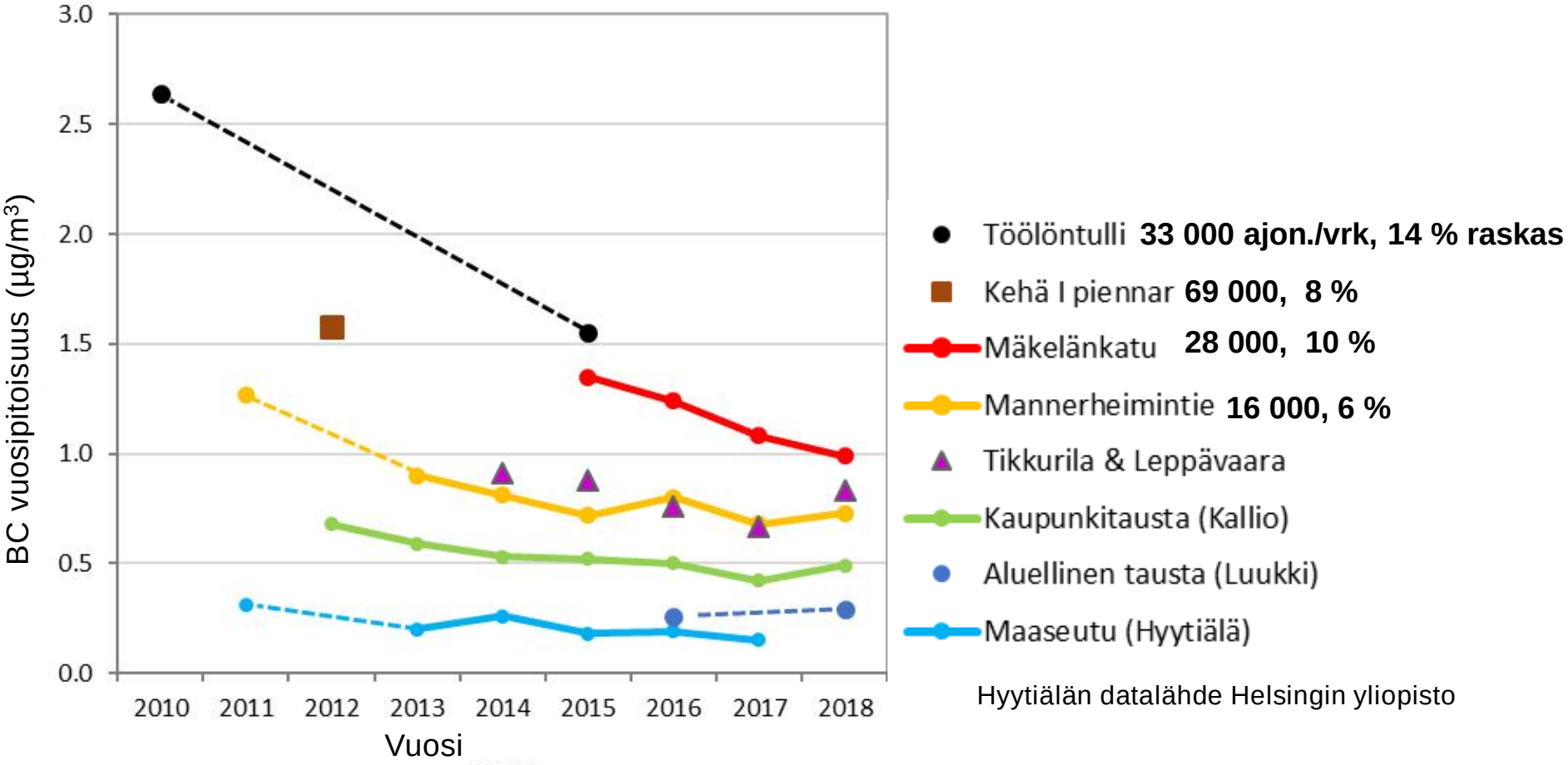
Luukki alueellinen tausta

Vartiokylä pientaloalue

HSY

Vuosipitoisuuksia liikenne- ja tausta-asemilla

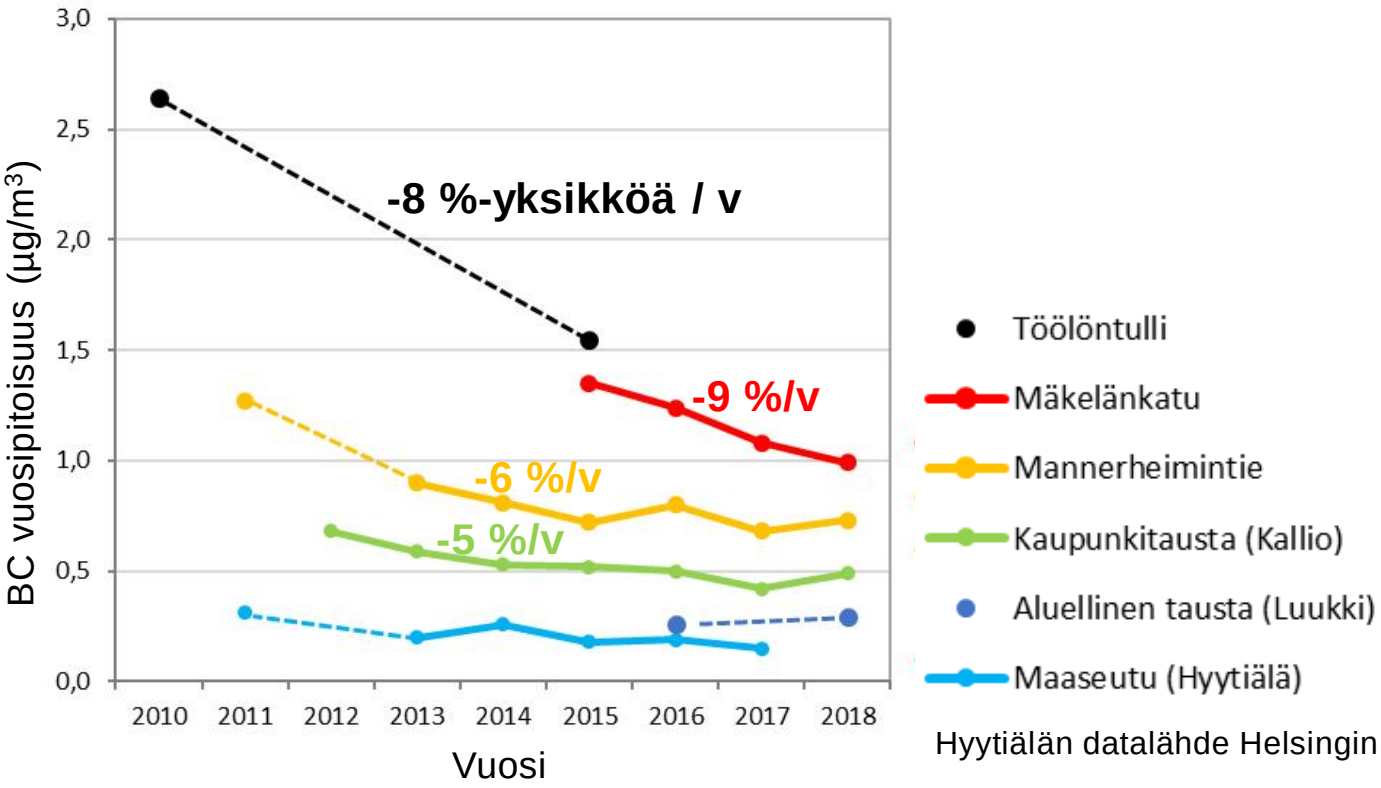
- Korkeimmat BC-vuosipitoisuudet mitattu jaksolla 2010-2018 Helsingin vilkasliikenteisissä katukuiluissa (Töölöntulli, Mäkelänkatu) ja Kehä I pientareella (6 m ajoradasta)
- Pitoisuudet ovat laskeneet 8 v. kuluessa ja nykytaso vuosipitoisuuksissa
  - Vilkasliikenteiset kadut 0,7-1,0 µg/m^3, Luukin alueellinen tausta 0,3 µg/m^3 ja Hyytiälän maaseutu (200 km pohjoiseen Hki) 0,2 µg/m^3
- BC:n osuus $PM_{2,5}$-vuosipitoisuudesta katukuilussa noin 15 % ja Luukissa noin 5 %



Hyytiälän datalähde Helsingin yliopisto

Vuosipitoisuuksien trendit liikenneympäristöissä

- Pitoisuudet laskeneet pitkällä aikavälillä (8 v.)
  - Uusiutuva autokanta ja dieselautojen hiukkassuodattimet parantaneet ilmanlaatua!
- Erityisen voimakas pitoisuuslasku katukuiluissa, joissa runsaasti bussiliikennettä
  - Jo noin puolet HSL:n bussisuoritteesta ajettiin EURO VI -busseilla vuonna 2018
  - Myös liikennemäärät laskeneet joillakin kaduilla (esim. Töölöntulli)
- Myös taustapitoisuudet laskeneet hieman (Hyytiälä; Luoma ym. 2019, ACP)

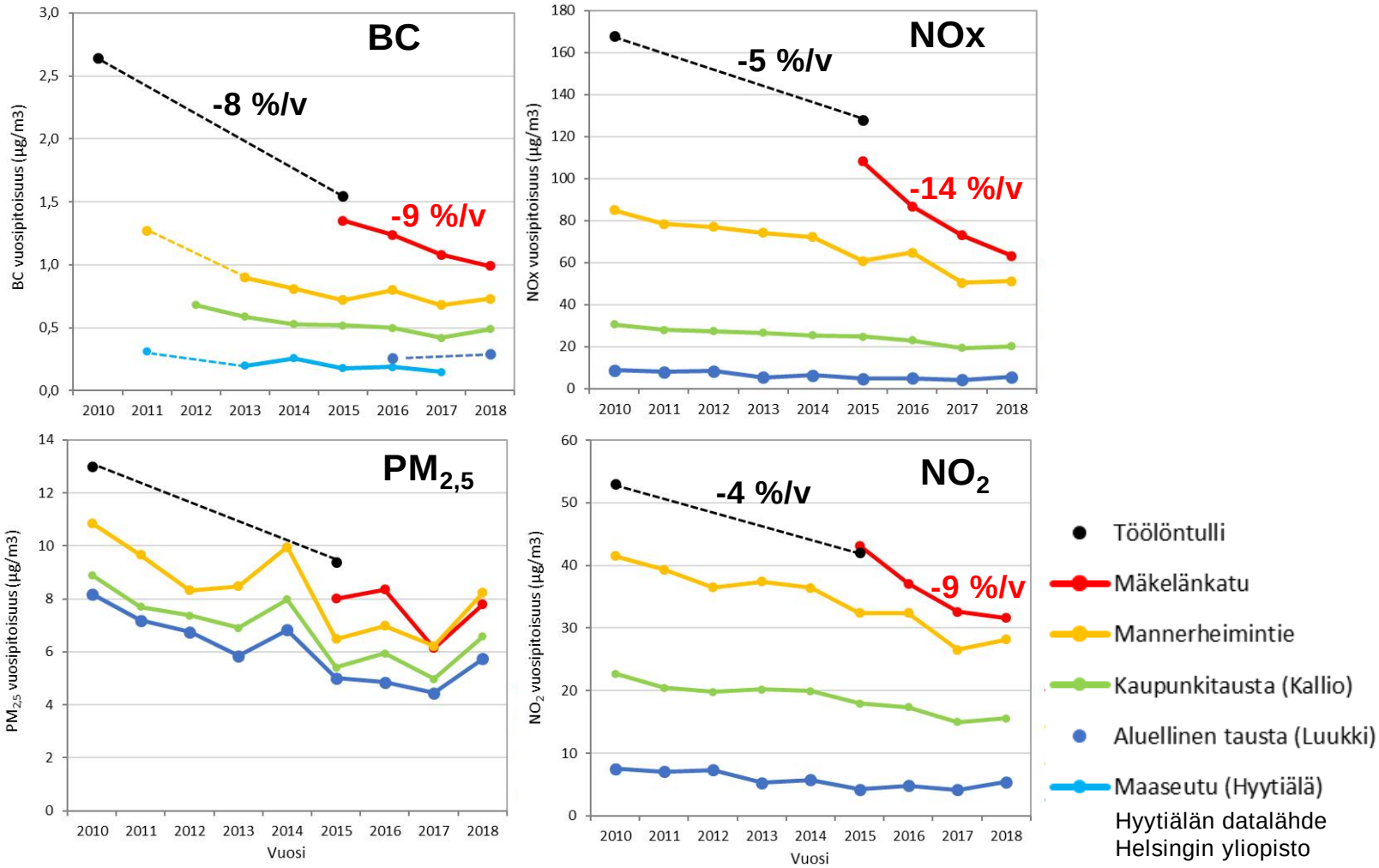


Hyytiälän datalähde Helsingin yliopisto

HSY

BC-trendit verrattuna muihin saastekomponentteihin

- BC- ja NOx-pitoisuudet laskeneet voimakkaasti varsinkin katukuiluissa
- Myös NO_2-pitoisuudet laskeneet, mutta hitaammin (ilmakemia + NO_2-osuus päästöissä)
- Myös pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) pitoisuudet laskeneet, mutta trendeihin vaikuttaa voimakkaasti kaukokulkeuma ja hieman myös katupöly -- > vaikea erottaa pakokaasun roolia

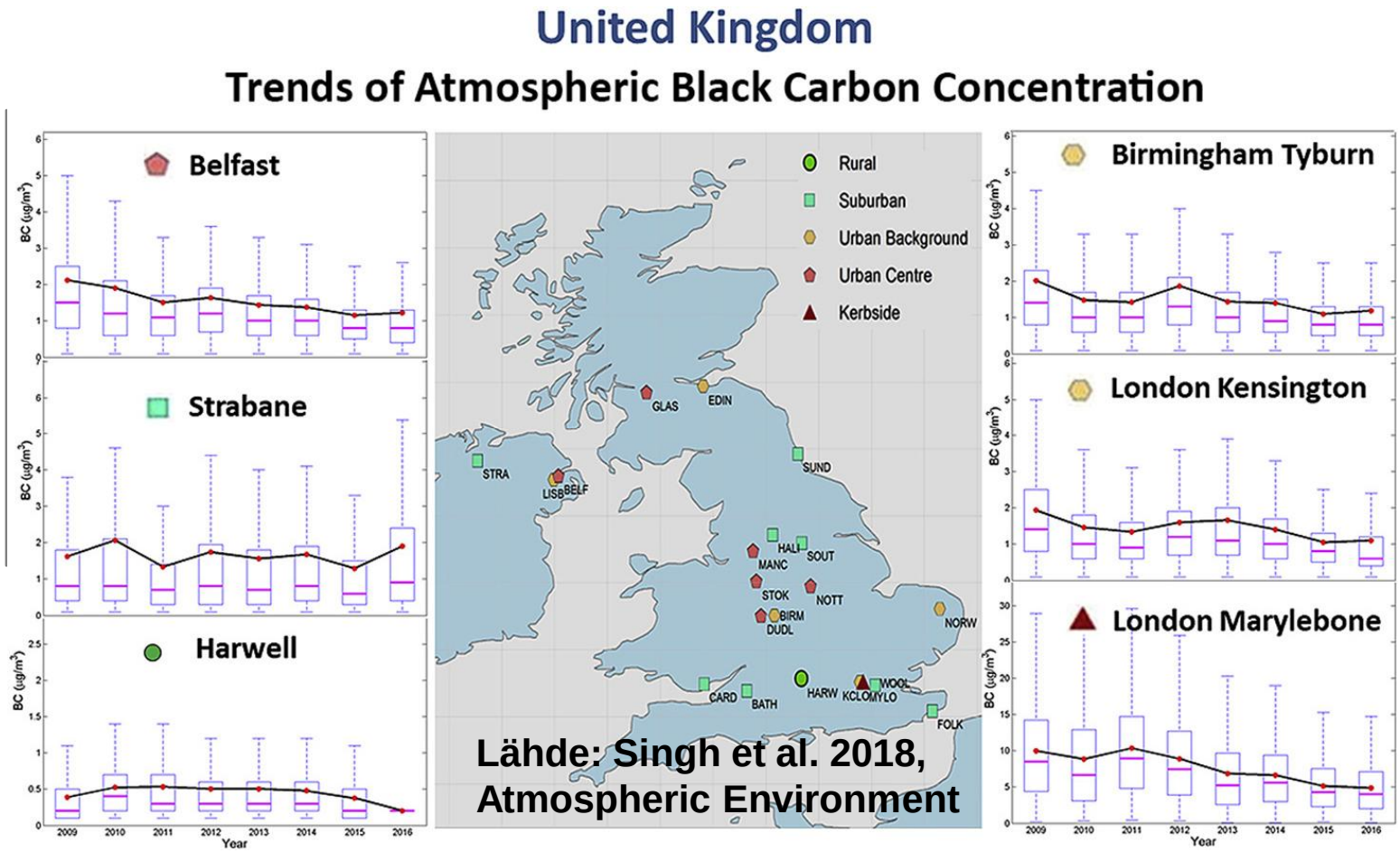


Hyytiälän datalähde
Helsingin yliopisto

HSY

BC-mittauksissa havaittuja laskevia trendejä myös muutamista muissa Euroopan maissa ja kaupungeissa

- Suurimmat pitoisuuslaskut vilkasliikenteisissä ympäristöissä
  - Esimerkiksi Iso-Britannia (Singh et al. 2018), Saksa (Kutzner et al. 2018), Tukholma (Krecl et al. 2017) ja Sveitsi (Hueglin et al. 2018)
- Puunpolton seuranta vaikeampaa ja muutokset hitaampia kuin liikenteessä

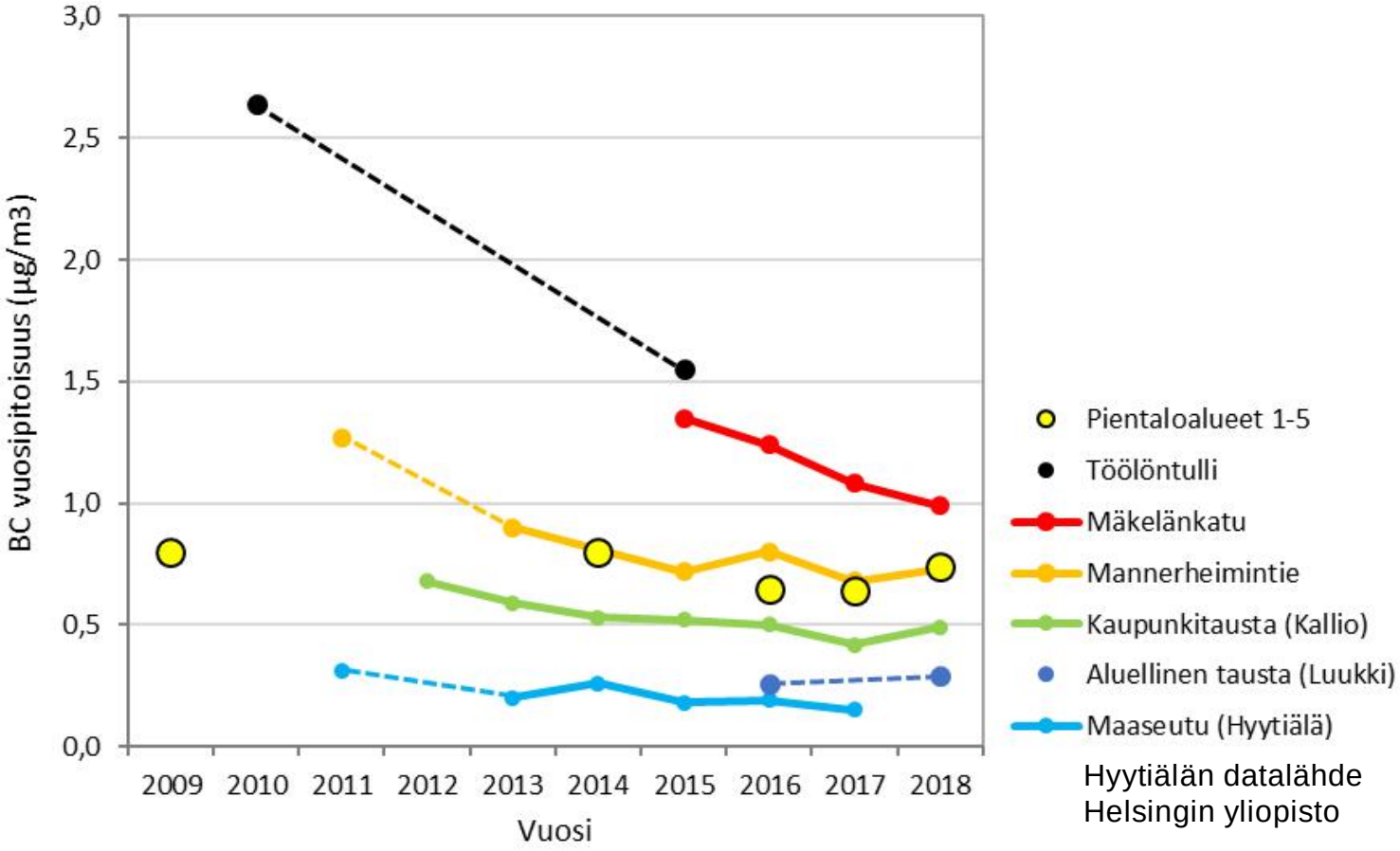


Lähde: Singh et al. 2018, Atmospheric Environment

HSY

BC pientaloalueilla pk-seudulla – puunpolton merkitys

- BC-vuosikeskiarvot mitattu viidellä vanhalla pientaloalueella pk-seudulla: Vartiokylä 2009, Ruskeasanta 2014, Lintuvaara 2016, Rekola 2017 ja Itä-Hakkila 2018
- Pientaloalueiden vuosikeskiarvot korkeita (0,6-0,8 µg/m^3) puunpolton vuoksi
  - Vuosikeskiarvot noin samalla tasolla kuin Helsingin vilkasliikenteisessä ydinkeskustassa (Mannerheimintien mittausasema) ja talvella korkeampia pitoisuuksia
  - Ei mitattu useiden vuosien aikasarjoja pientaloalueilla (ei voi arvioida trendejä)



Hyytiälän datalähde
Helsingin yliopisto

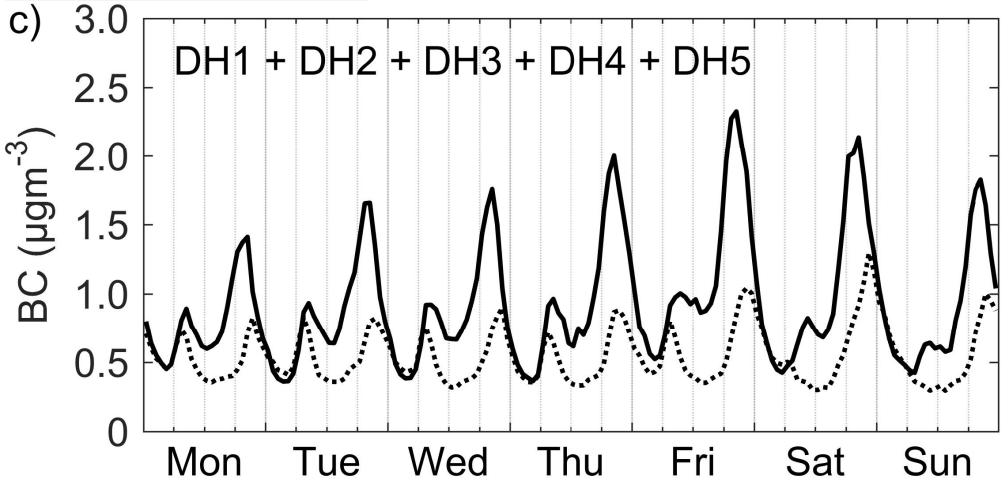
HSY

BC:n pitoisuusvaihtelu riippuu paikasta ja ajasta: viileä vs. lämmin vuosipuolisko

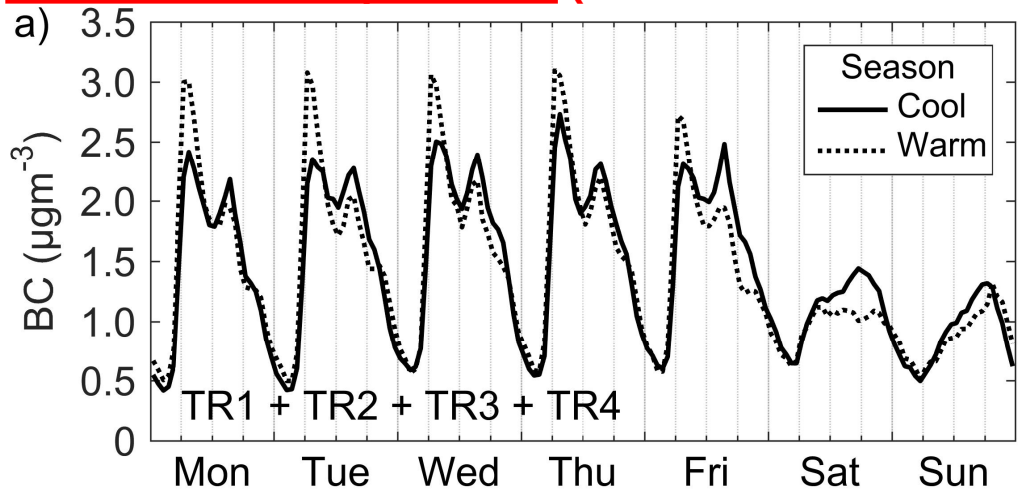
- Pientaloalueilla kylmällä vuosipuoliskolla paljon korkeammat pitoisuudet kuin lämpimällä vuosipuoliskolla
- Pitoisuudet korkeita talvi-iltaisin ja erityisesti viikonloppuina (pe-la)

- Kuvassa Mannerheimintien, Töölöntullin, Mäkelänkadun ja Kehä I:n aineistojen keskiarvo jaksolta 2010-2018
- Vilkkaissa liikenneympäristöissä korkeita pitoisuuksia arkipäivinä ympäri vuoden
- Viikonloppuna matalia pitoisuuksia

Pientaloalueet 1-5 (v. 2009-2018 keskiarvo):



Vilkasliikenteiset paikat 1-4 (v. 2010-2018 keskiarvo):



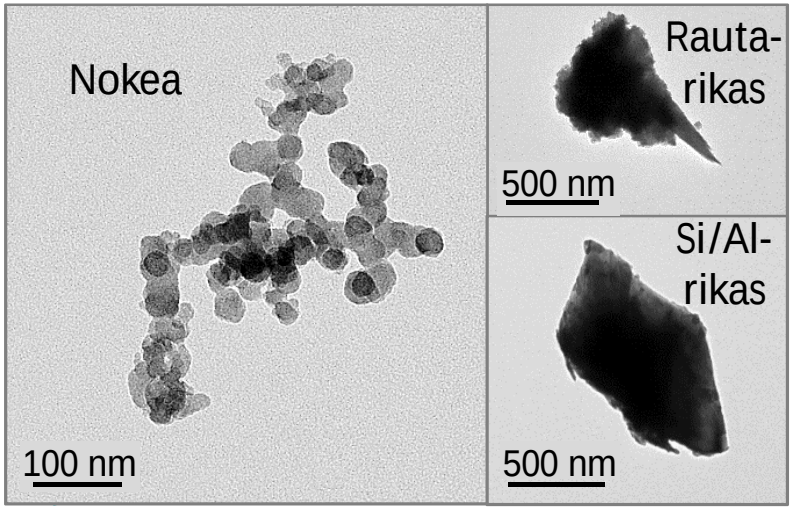
Lähde: Luoma et al. 2019, manuscript in preparation

HSY

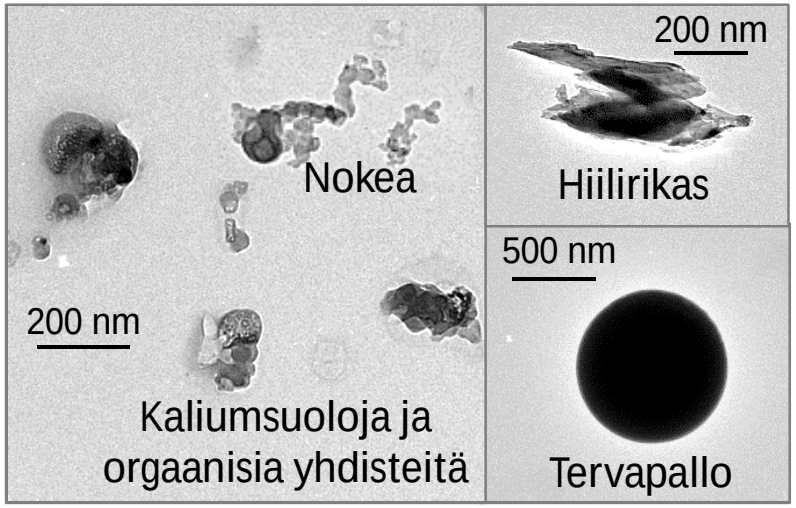
Mustan hiilen lähdeanalyysi: puunpoltto vs. liikenne

- Tutkimuslaitteena moniaallonpituus-etalometri, jolla erotetaan liikenteestä ja puunpoltosta syntyvä musta hiili perustuen niiden erilaiseen absorptioon eri aallonpituuksilla
  - Mitataan jatkuvatoimisesti nauhalle kertyvän hiukkasnäytteen absorptiota
  - Puunpolton mustassa hiilessä ja hiukkasissa enemmän mukana ”ruskeansävyisiä” orgaanisia yhdisteitä, etenkin silloin kuin palaminen huonoa
- Tukiaineistona käytetään usein myös muita analyysejä (esim. levoglukosaani), jotta ”etalometrimalli” saadaan hienosäädettyä paikallisiin olosuhteisiin

Liikenteen pakokaasuja ja katupölyä Mannerheimintien ilmasta



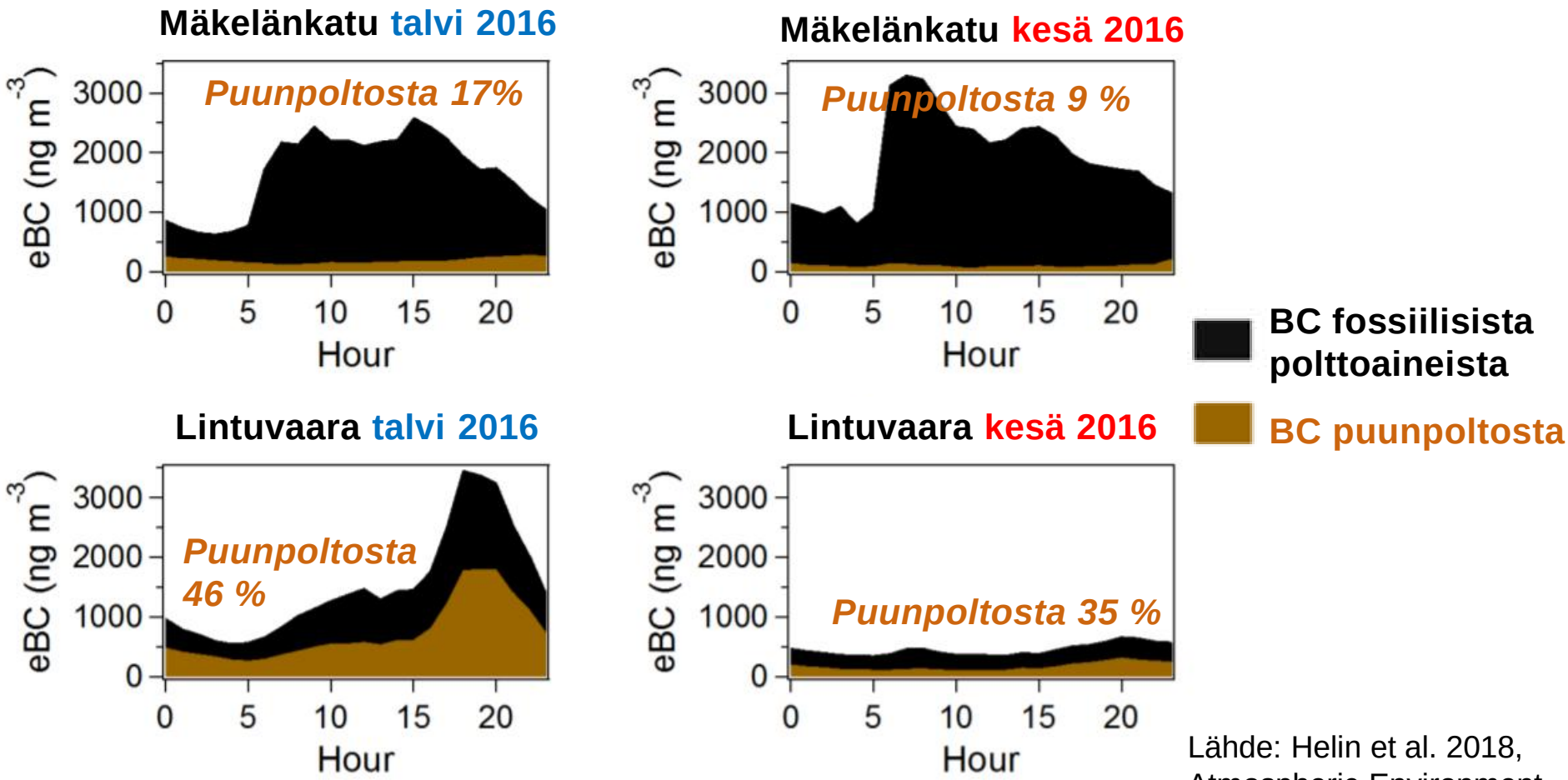
Puunpolton savun hiukkasia pientaloalueen ilmasta



Lähde: Pirjola et al. 2017 mukaellen

BC-lähdeanalyysi Mäkelänkadulla ja Lintuvaarassa

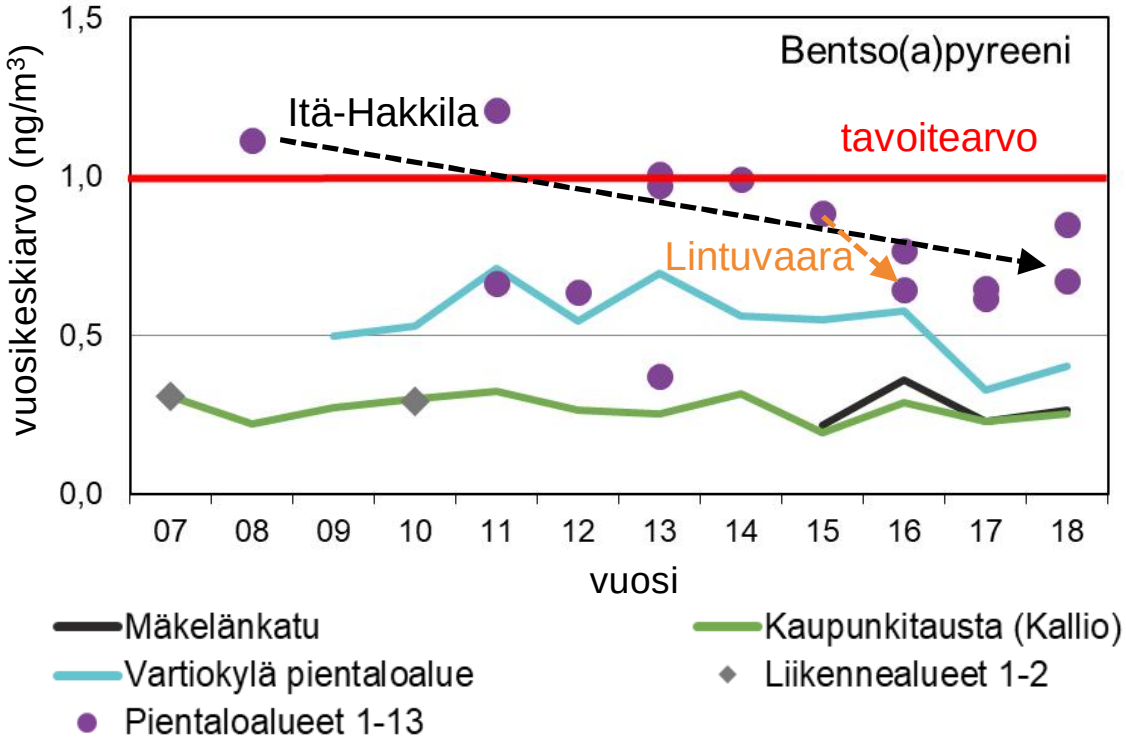
- **Mäkelänkadun katukuilussa** liikenne dominoiva BC-lähde, mutta lisäksi myös puunpoltosta kulkeutuneita BC-hiukkasia (talvella noin 17 % ja kesällä noin 9 %)
- **Lintuvaaran pientaloalueilla** BC-pitoisuudet korkeita talvella ja noin 46 % puunpoltosta. Kesällä BC-pitoisuudet melko matalia ja puunpolton osuus noin 35 %.



Lähde: Helin et al. 2018, Atmospheric Environment

BC-lähdeanalyysi ja bentso(a)pyreeni tukevat puunpolton ilmanlaatuvaikutusten trendiseurantaa

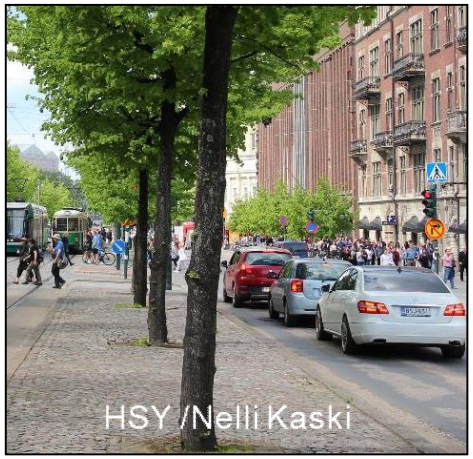
- HSY mitannut bentso(a)pyreenin (BaP) pitoisuuksia 18 eri paikassa pk-seudulla v. 2007-2018
- Vilkasliikenteisissä paikoissa BaP kaupunkitaustan tasolla, joten liikenne ei BaP-lähde
- Puunpolton BC- ja BaP-pitoisuuden välillä kohtalainen korrelaatio pientaloalueilla
- Pientaloalueilla (14 kpl) puunpolton päästöt aiheuttavat korkeita BaP-pitoisuuksia
  - joillakin alueilla ja/tai kylminä vuosina pitoisuudet ylittäneet tavoitearvon
- Vuonna 2018 BaP-pitoisuus oli Itä-Hakkilassa huomattavasti matalampi kuin 10 v. aiemmin
  - trendien selvittämiseen tarvitaan useista paikoista toistuvia mittauksia… (vrt. Lintuvaara)

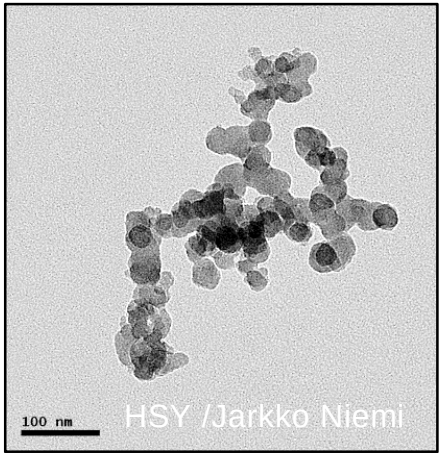


Lähde: Ohtonen ym. 2018, HSY:n julkaisuja 4/2019

Johtopäätöksiä

- BC-mittaukset tarkentavat käsitystä polttoperäisistä hiukkasista ja ilmansuojelutyön tuloksellisuudesta (terveys- ja ilmastovaikutukset)
- PK-seudun korkeimmat BC-pitoisuudet Helsingin vilkkaissa katukuiluissa
- BC- ja NOx-pitoisuudet ovat laskeneet selvästi 8 v. kuluessa liikenneympäristöissä
  - Myös NO_2-pitoisuudet laskeneet mutta hitaammin
  - Uusiutuva autokanta vähentää päästöjä (esim. EURO VI ja sähköautot)
- Vanhoilla pientaloalueilla edelleen korkeita BC-pitoisuuksia talvi-iltoina puunpolton vuoksi
  - Tarpeen tehostaa ilmansuojelutyötä (puunpolttotavat & vähäpäästöiset tulisijat)
  - Pientaloalueille tarvittaisiin myös lisää pitkäkestoisia mittauksia ($PM_{2.5}$, BaP, BC, LDSA…), jotta puunpolton ilmanlaatutrendejä voitaisiin arvioida paremmin jatkossa


HSY /Nelli Kaski



HSY /Jarkko Niemi

HSY /Jenni-Justiina Niemi

HSY

Lähteet

- Helin, A., Niemi, J.V., Virkkula, A., Pirjola, L., Teinilä, K., Backman, J., Aurela, M., Saarikoski, S., Rönkkö, T., Asmi, E., Timonen, H. 2018. Characteristics and source apportionment of black carbon in the Helsinki metropolitan area, Finland. Atmospheric Environment 190: 87-98

- Kaski, N., Vuorio, K., Niemi, J., Myllynen, M., Kousa, A. 2016. Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY:n julkaisusarja 2/2016.

- Kupiainen, K & Niemi, J. 2014. Emission inventory of black carbon for the Helsinki Metropolitan Area. HSY:n julkaisuja 5/2014.

- Luoma, K., Virkkula, A., Aalto, P., Petäjä, T., Kulmala, M. 2018. Over a ten-year record of aerosol optical properties at SMEAR II, Atmos. Chem. Phys. Discuss., https://doi.org/10.5194/acp-2018-981, in review, 2018.

- Ohtonen, K., Loukkola, K., Aarnio, P. 2019. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2018. HSY:n julkaisuja 4/2019.

- 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.

HSY

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

KIITOS!

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