

Hiukkasten lukumäärän ja keuhkodepositoituvan pinta- alan mittaukset erilaisissa ympäristöissä

Ilmanlaadun mittaajatapaaminen, Tampere

11.4.2018

Yleistä hiukkasten lukumääräpitoisuudesta ja keuhkocodepositoivasta pinta-alasta

Harri Portin

Keuhkocodepositoiva pinta-ala eli LDSA

- LDSA = lung deposited surface area
- Keuhkoihin päätyvien hiukkasten haitallisuutta arvioitaessa niiden kokonaispinta-ala saattaa olla jopa tärkeämpi tekijä kuin vaikkapa lukumäärä- tai massapitoisuus
- LDSA saadaan laskettua hiukkasten pinta-alajakaumasta ottamalla huomioon erikokoisten hiukkasten todennäköisyys depositeutua hengityselimistöön
- Yleensä LDSA lasketaan alveolaariselle eli keuhkorakkuloissa tapahtuvalle depositiolle

Miten LDSA:ta mitataan?

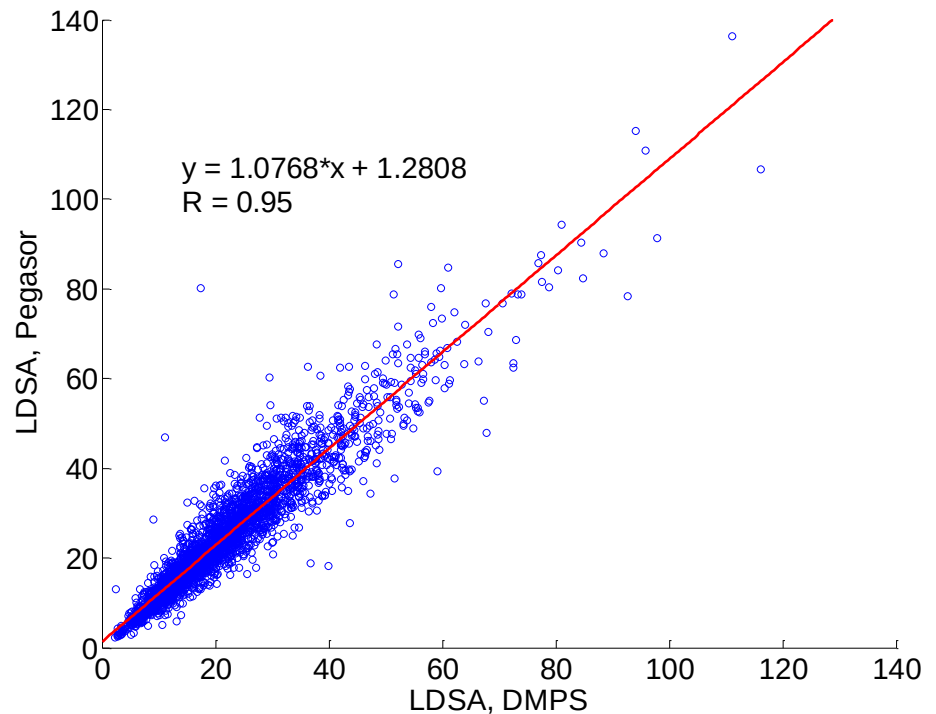
- Periaatteessa hiukkasten lukumääräkokojakauman mittaaminen riittää, siitä voi sitten laskea LDSA:n
- LDSA-mittalaitteitakin on jo olemassa, esim. Pegasor AQ Urban -sensori, joita meilläkin on jo käytössä
- Aikaisemmin mm. TTY on mitannut LDSA:ta HSY:n asemilla ja muualla pääkaupunkiseudulla (Kuuluvainen et al 2016), he mittasivat kokojakauman ELPI:llä ja laskivat siitä LDSA:n
 - Parin viikon mittausjaksojen keskimääräiset pitoisuudet vaihtelivat $94 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (Töölöntulli, katukuilu) ja $12 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (Hietaniemi, kaupunkitausta) välillä

Hiukkaskokojakaumien mittaus

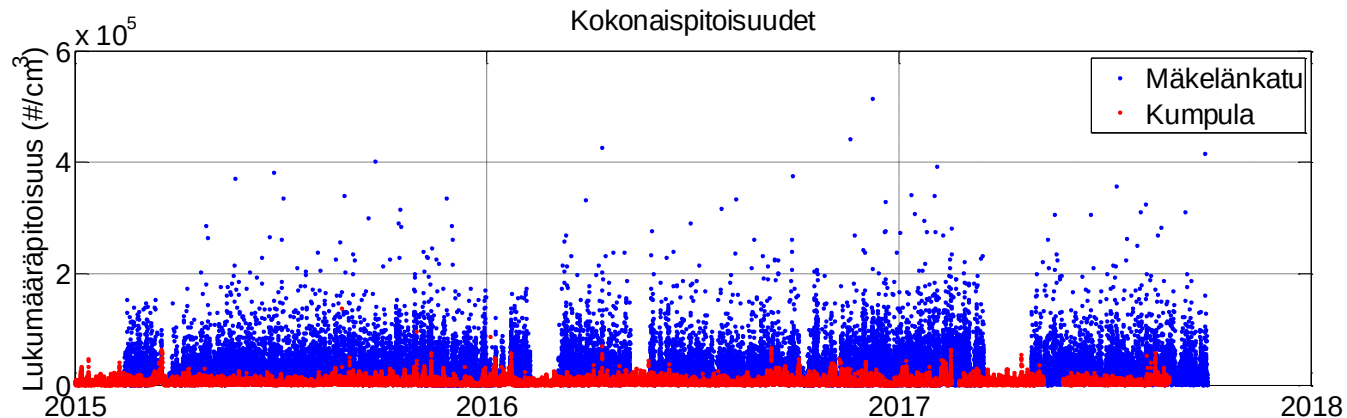
- HSY mittaa hiukkasten lukumääräkokojakaumia katukuilussa Mäkelänkadun supermittausasemalla
- DMPS (differential mobility particle sizer), kokoalue 6-800 nm
- Samalla saadaan selville myös hiukkasten kokonaislukumääräpitoisuus
- Helsingin yliopistolla on toinen vastaava laite Kumpulan kaupunkitausta-asemalla

LDSA:n laskeminen DMPS:llä mitatuista kokojakaumista

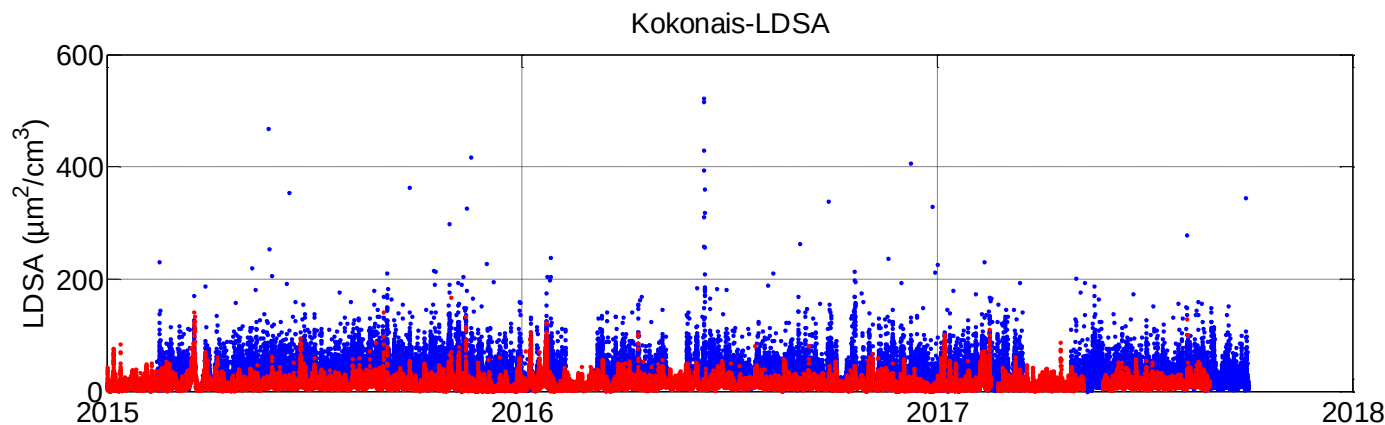
- Mäkelänkadulla on myös Pegasor joten sen havaintoihin voi suoraan verrata
- Laskettiin LDSA-tuntikeskiarvot väliltä 13.3. - 3.9.2017 molemmille laitteille
- Hyvin kalibroitu ja ylläpidetty DMPS-laitteisto sopii LDSA-pitoisuuden mittaamiseen, ja sitä voidaan käyttää myös Pegasorin sensoritulosten laadunvarmennuksessa



Otetaan vielä Kumpulan tausta-aseman DMPS mukaan vertailuun



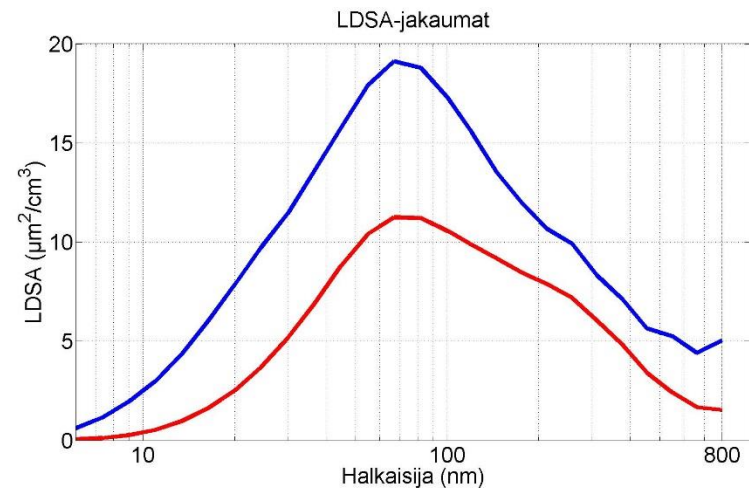
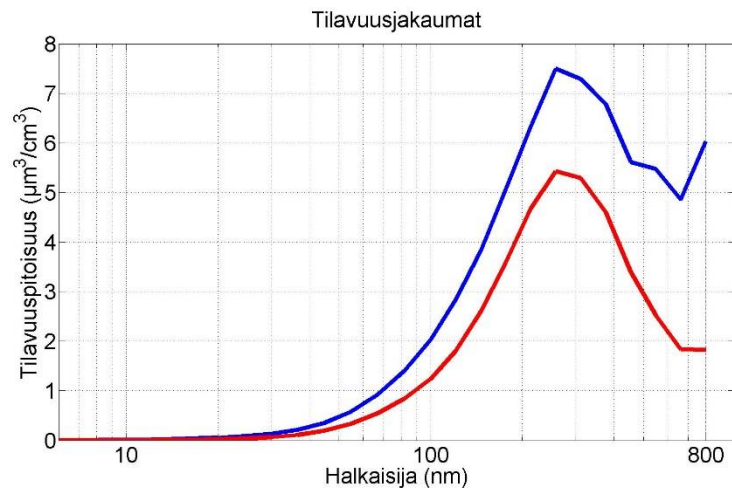
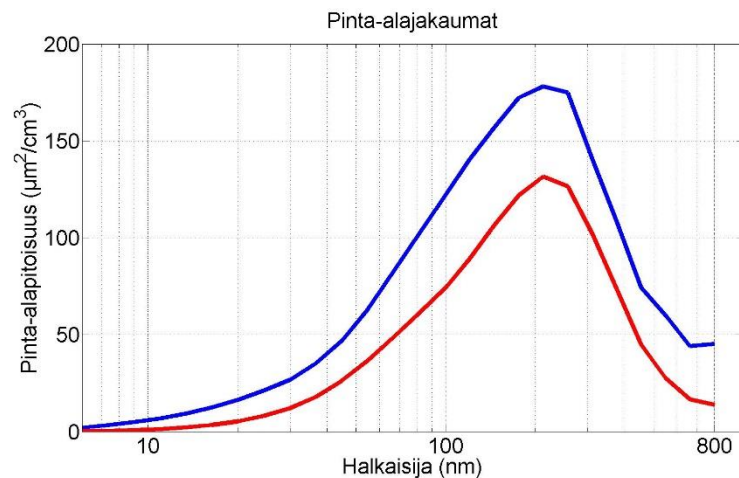
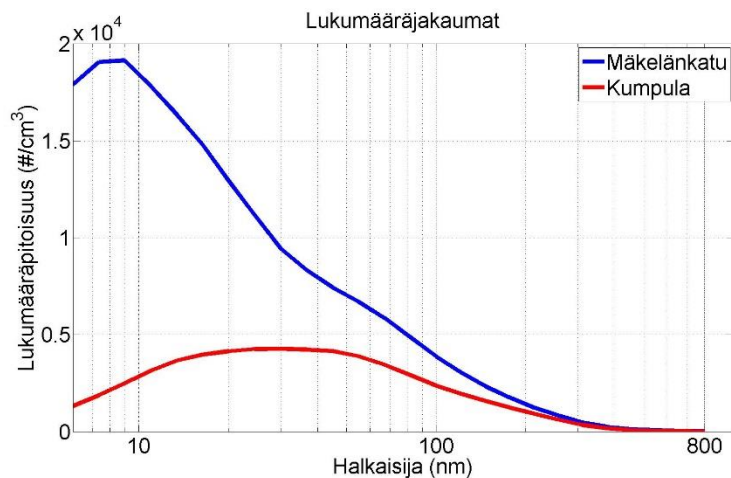
Keskiarvot 2015-2017:
Mäkelänkatu 15400 $\#/cm^3$
Kumpula 4800 $\#/cm^3$



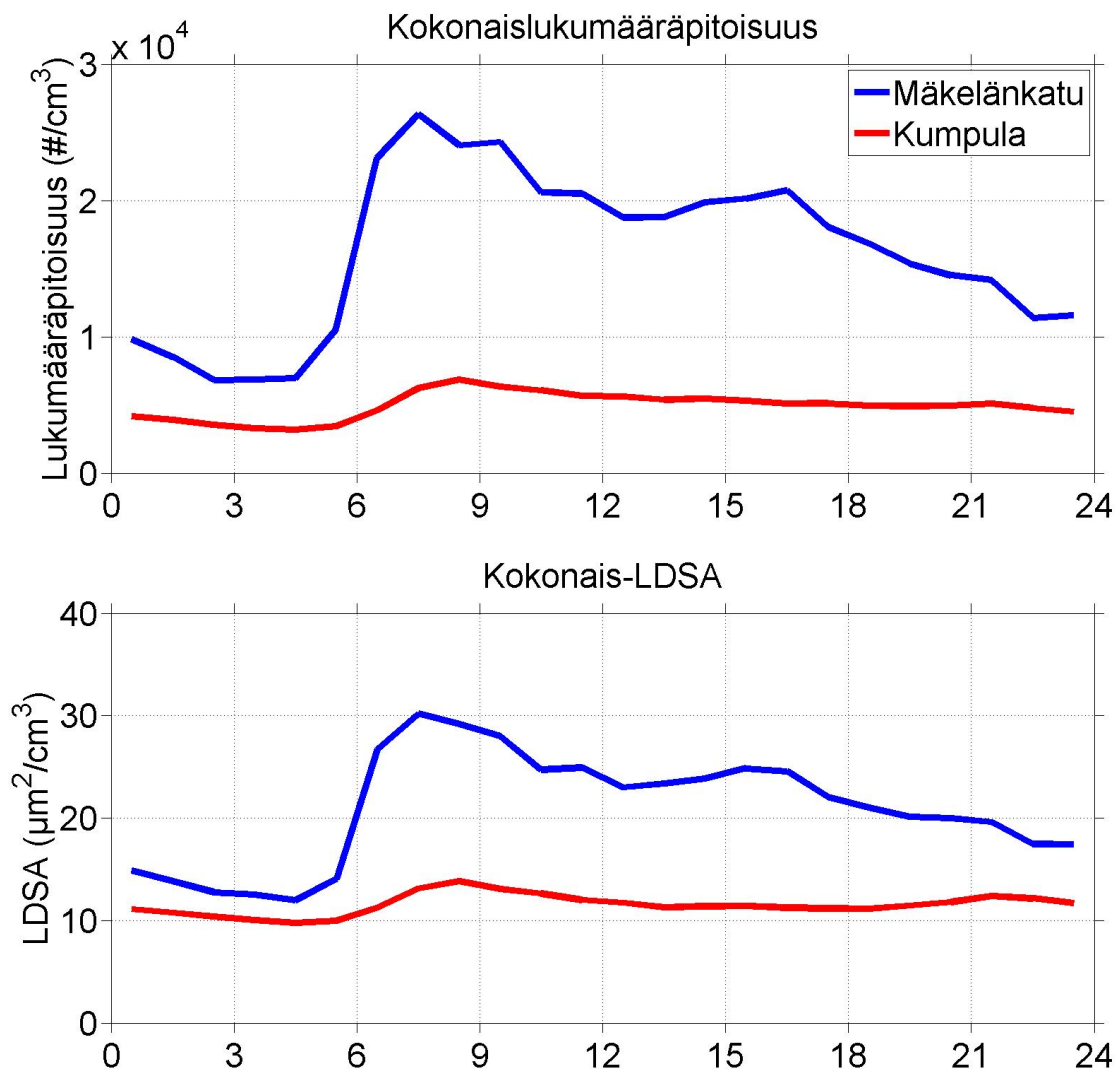
Keskiarvot 2015-2017:
Mäkelänkatu 21.5 $\mu m^2/cm^3$
Kumpula 11.6 $\mu m^2/cm^3$

Kumpulan data: Helsingin yliopisto/Pasi Aalto

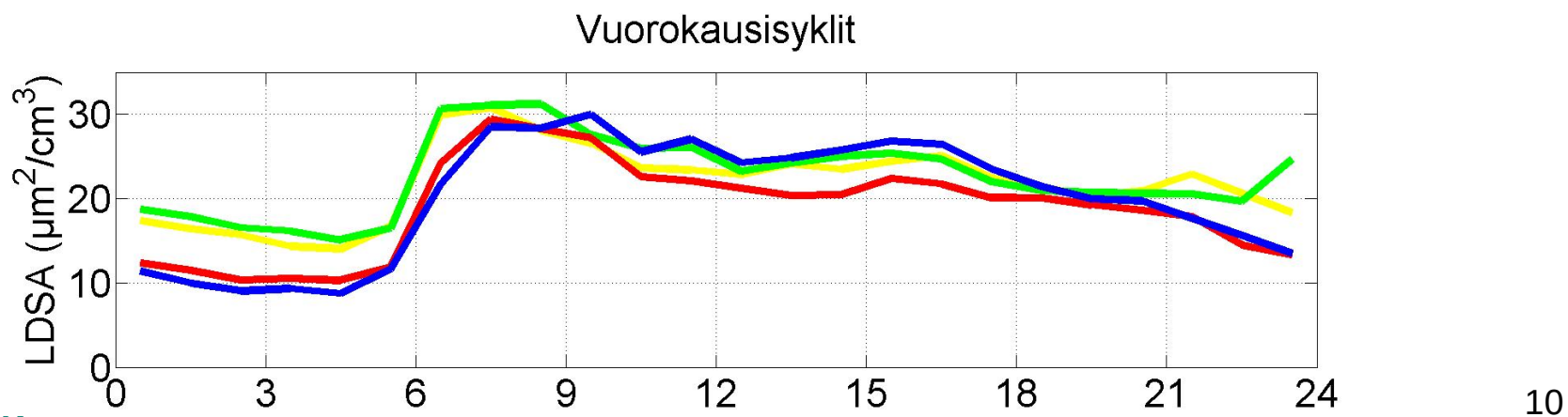
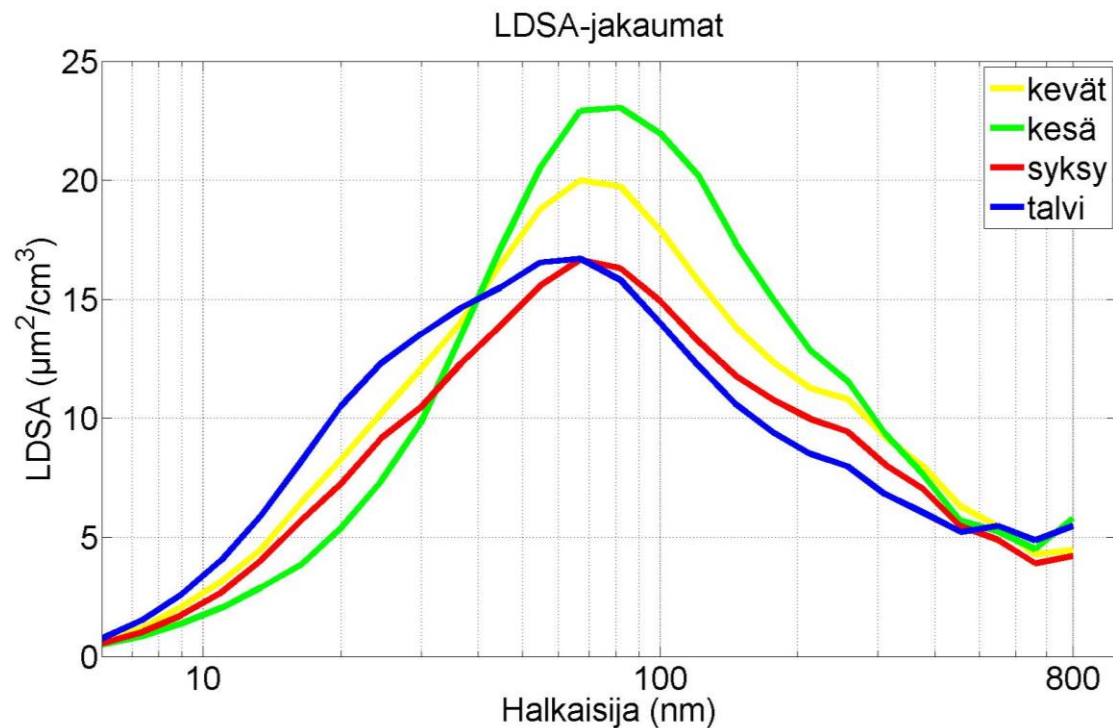
Kokojakaumia Mäkelänkadulta ja Kumpulasta, keskiarvoistettu 3/2016 – 2/2017



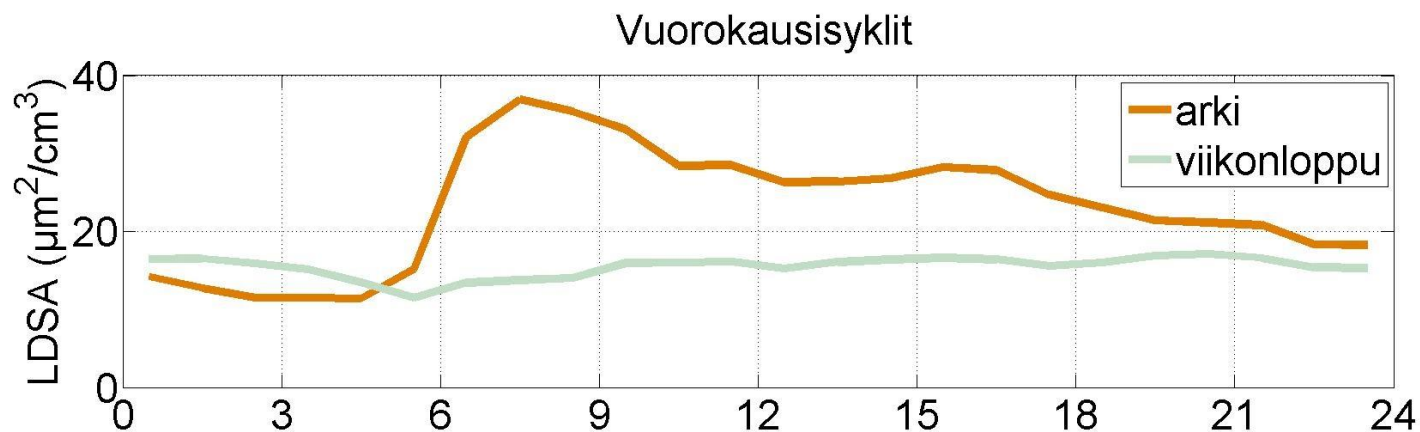
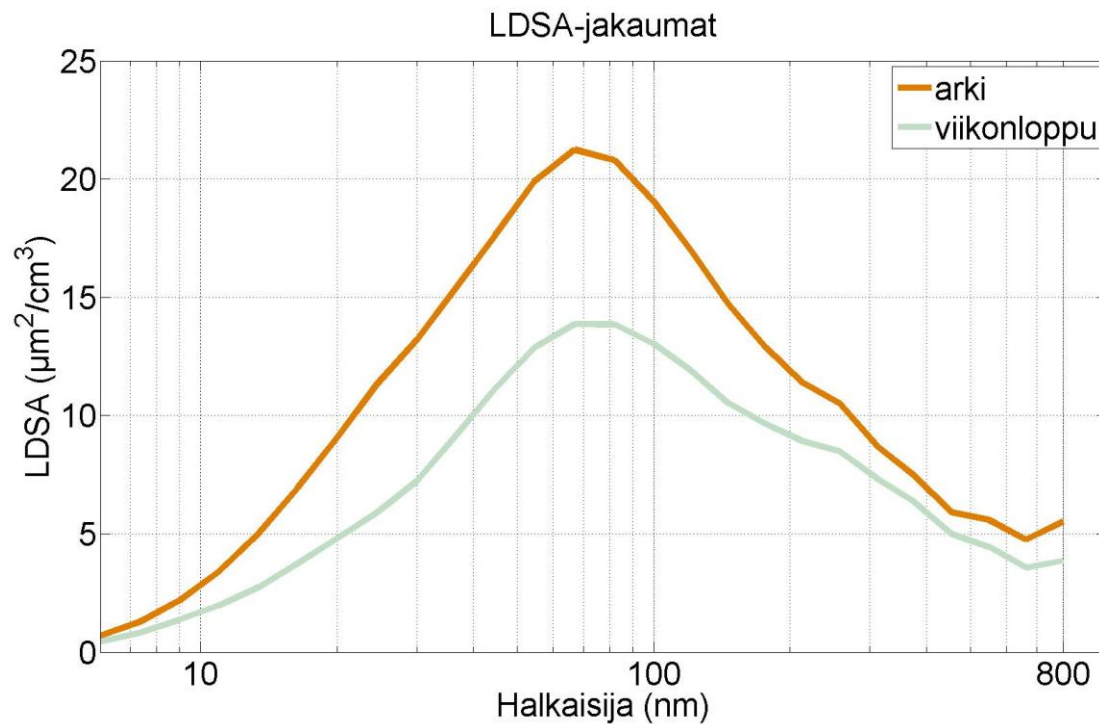
Keskimääräiset vuorokausisyklit 3/2016 – 2/2017



Vuodenaikojen vaikutus LDSA:han, Mäkelänkatu, kevät 2016 – talvi 2017



Viikontpäivien vaikutus LDSA:han, Mäkelänkatu



LD SA mittaukset pääkaupunkiseudulla

Anssi Julkunen

Pegasor AQ™ Urban hiukkassensori

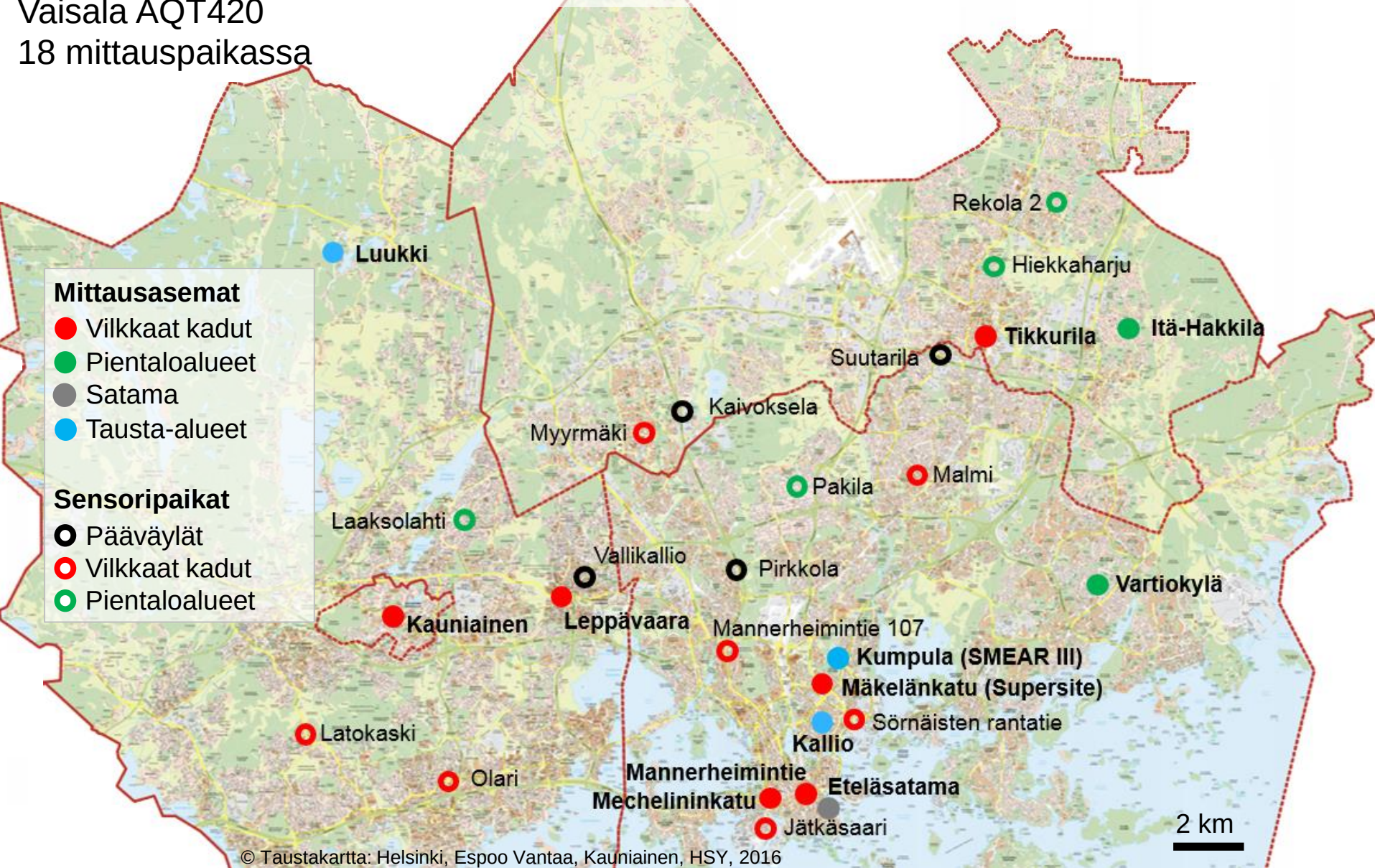
- Mittausmenetelmä perustuu hiukkasten sähköiseen varautumiseen (diffusion charger)
- Mittaa hiukkasten aktiivista pinta-ala (LDSA) ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$), indikatiivisesti myös lukumäärä- ja massapitoisuutta
- Havaitsee hiukkasia, joiden halkaisija on noin 10 - 400 nm ($\text{PM}_{0.4}$)
- Indikoi polttoperäisistä, lähilähteistä peräisin olevia pienhiukkasia (liikenne, pienpoltto)
- Keskiarvoistusaika: 1-360 s (60 s HSY)
- Tiedonsiirto: Modbus over Ethernet; kytkettävissä langallisesti tai langattomasti Envidas Ultimate tiedonkeruujärjestelmään tai pilvipalveluun



Ilmanlaadun mittausasemat (12 kpl) ja HAQT-hankeen sensoripaikat (15 kpl) pääkaupunkiseudulla vuonna 2018

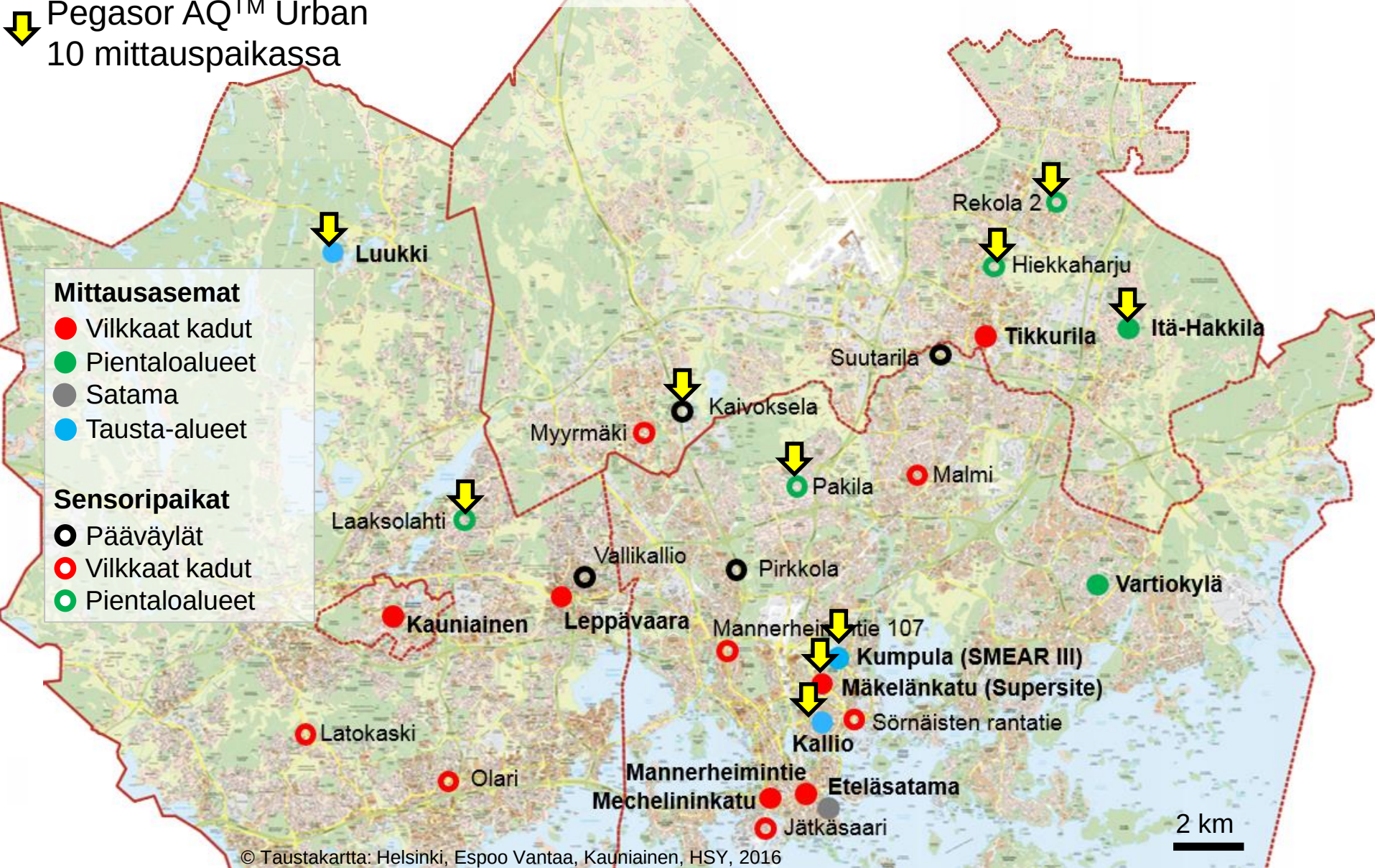
Vaisala AQT420

18 mittauspaikassa



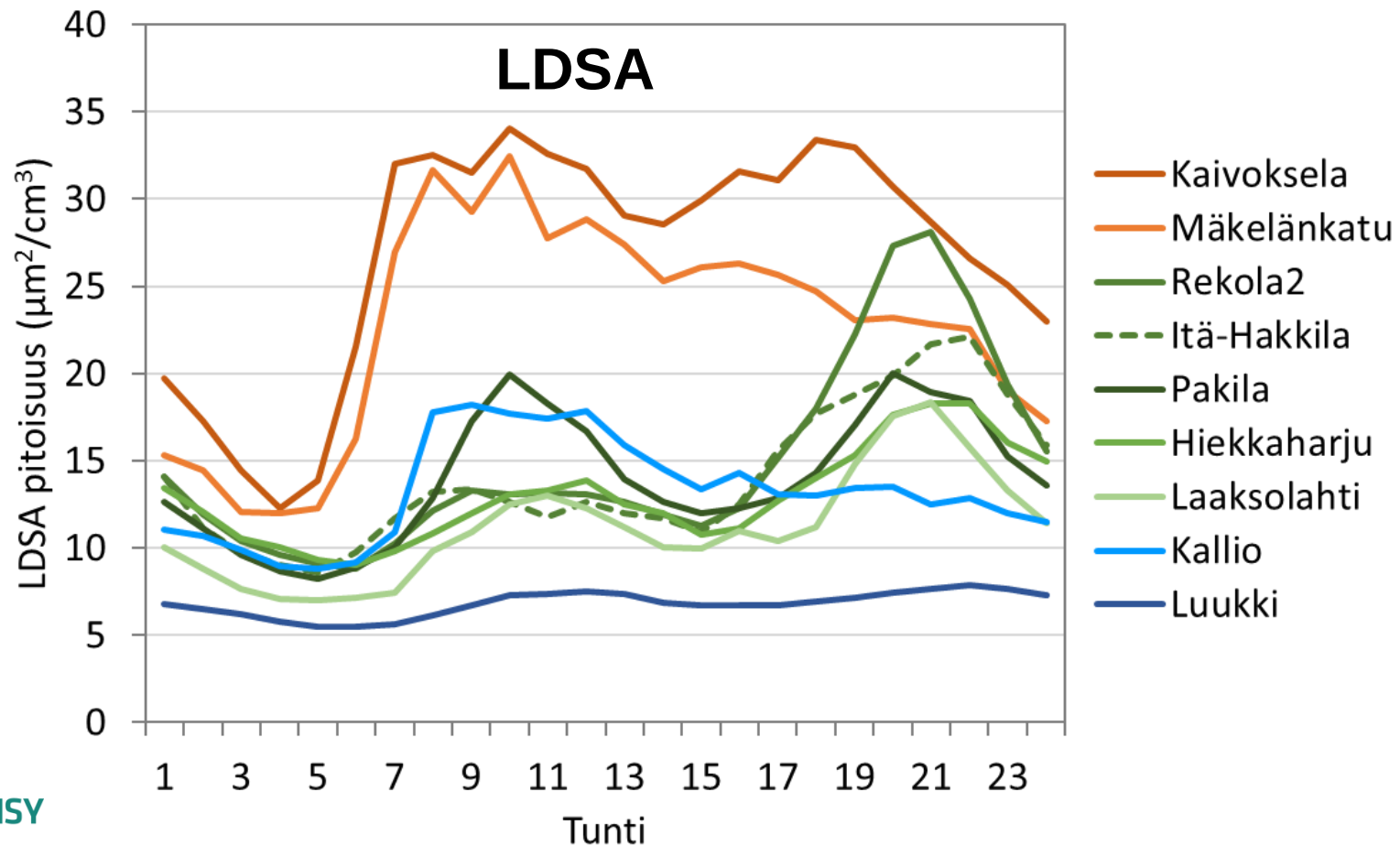
Ilmanlaadun mittausasemat (12 kpl) ja HAQT-hankeen sensoripaikat (15 kpl) pääkaupunkiseudulla vuonna 2018

↓ Pegasor AQ™ Urban
10 mittauspaikassa

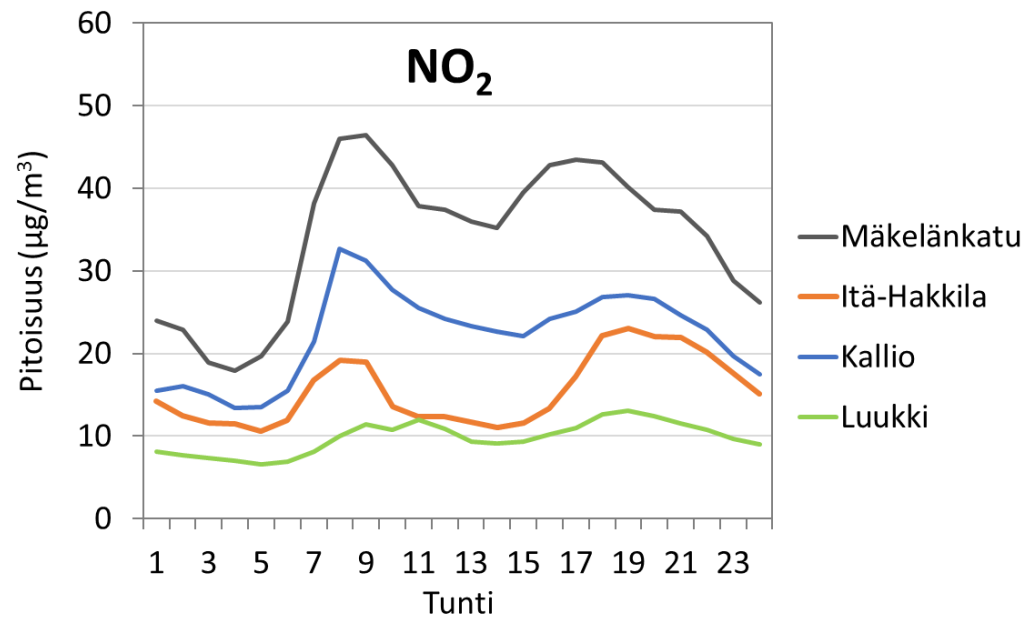
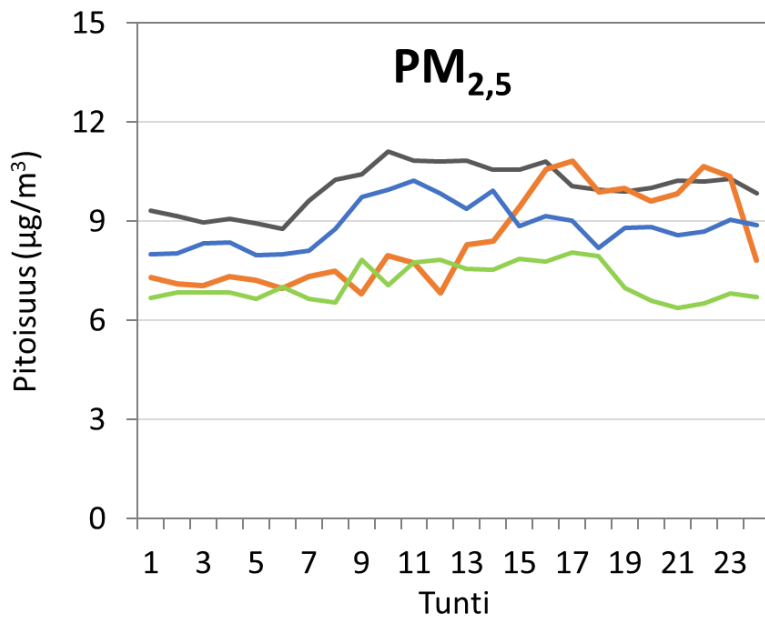
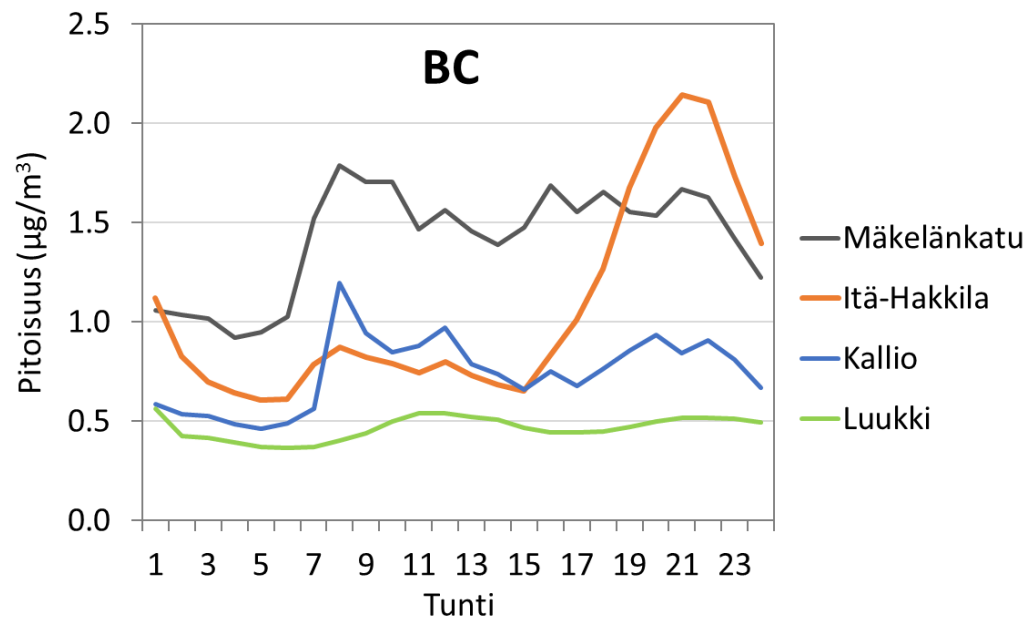
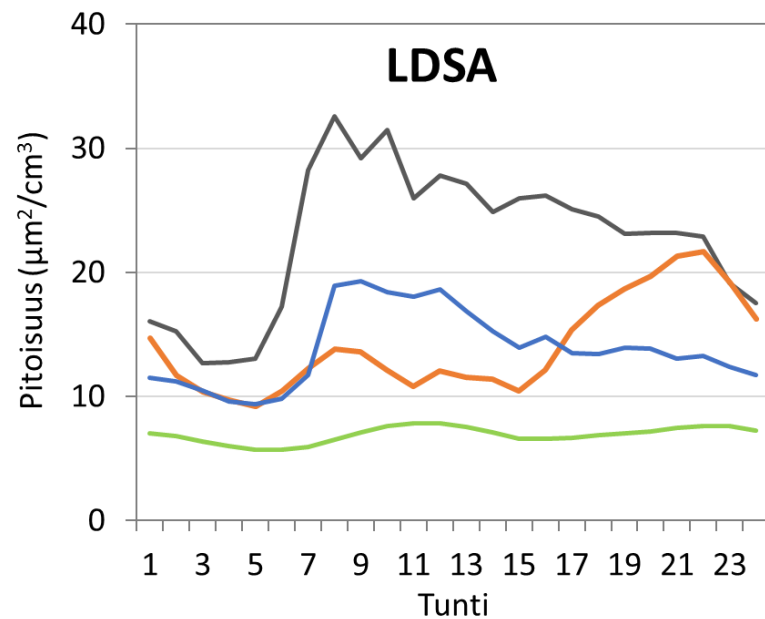


LDSA-pitoisuuksia HAQT-hankkeen mittauspisteissä pääkaupunkiseudulla alkuvuonna 2018

- Korkeimmat pitoisuudet erittäin vilkasliikenteisissä ympäristöissä
- Pientaloalueilla korkeita pitoisuuksia erityisesti heikkotuulisina pakkasiltoina, mutta suurta vaihtelua eri mittauspaikkojen välillä

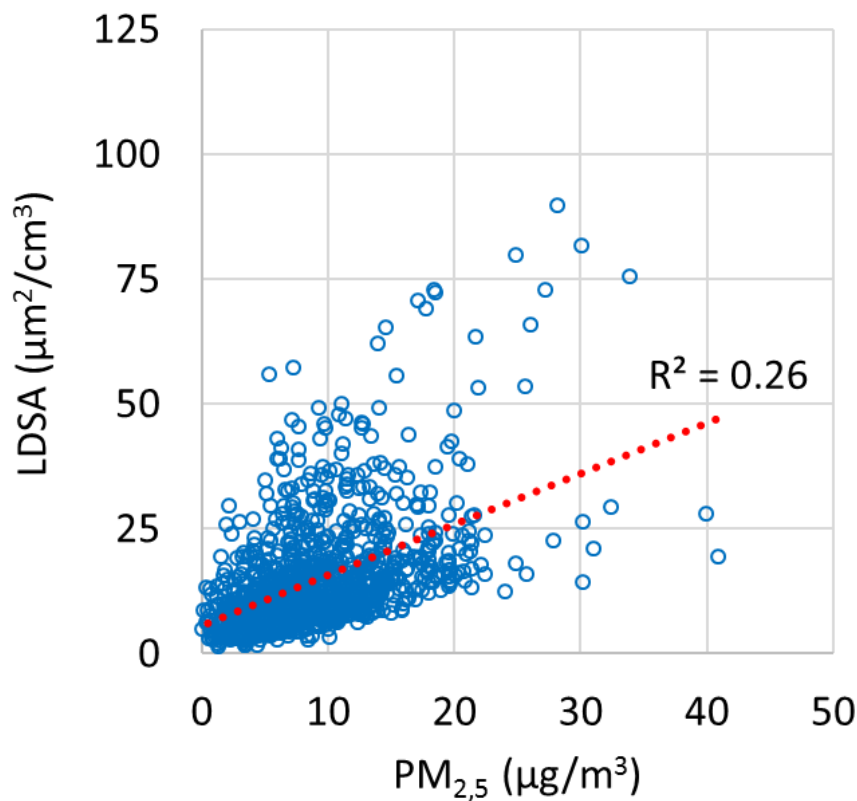
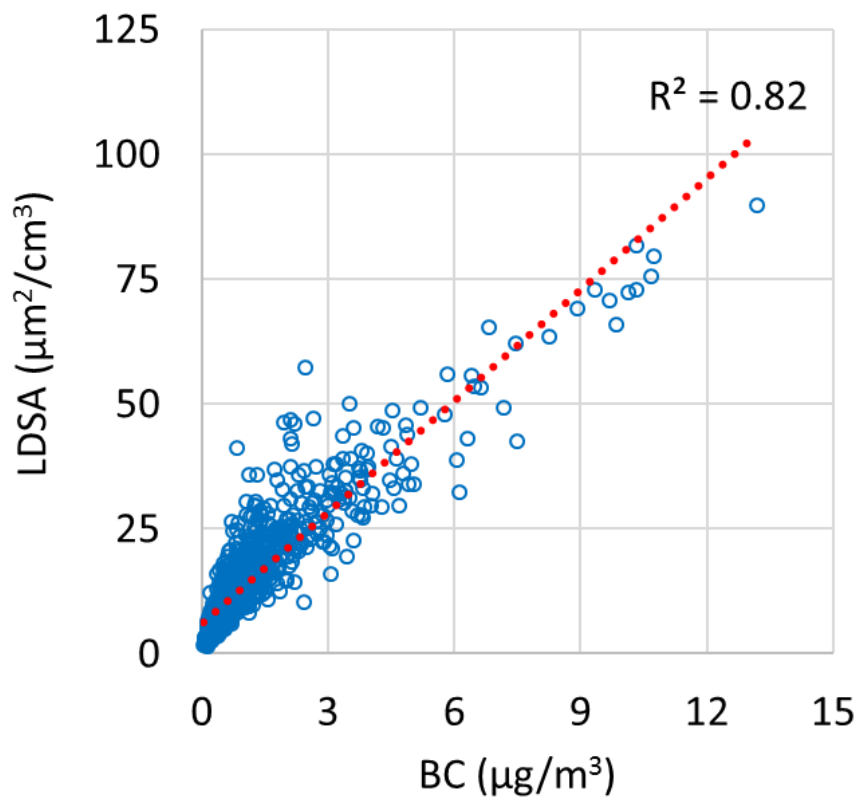


Eri komponenttien pitoisuusvaihtelu alkuvuonna 2018



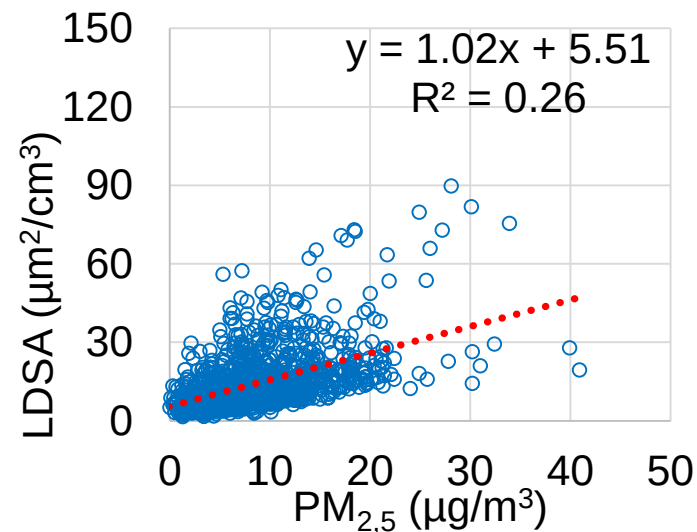
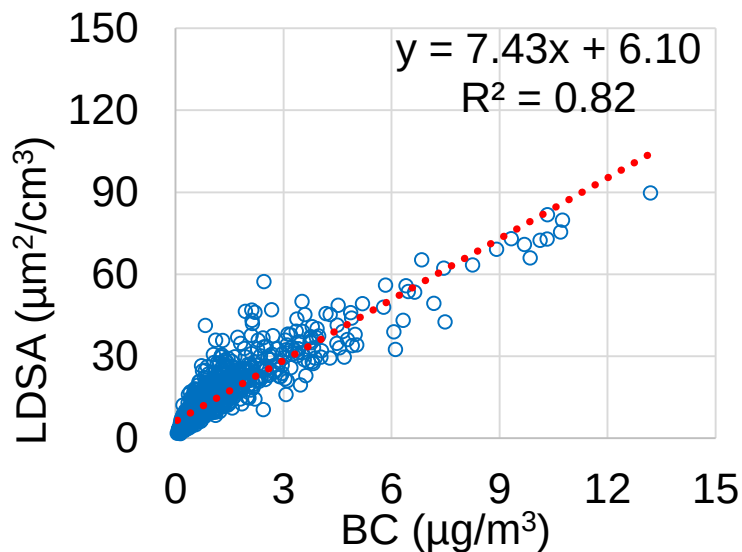
LDSA ja BC-pitoisuuksien välinen korrelaatio Itä-Hakkilan pientaloalueella alkuvuonna 2018

- LDSA- ja BC-pitoisuuksien välillä voimakas korrelaatio, koska molempien päälähteenä puunpolton lähipäästöt (+ liikenne) talvi-iltoina Itä-Hakkilassa
- LDSA ja $PM_{2,5}$ välillä vain heikko korrelaatio, koska $PM_{2,5}$ -massalla monia lähteitä (erityisesti kaukokulkeuma ja alueellinen tausta)

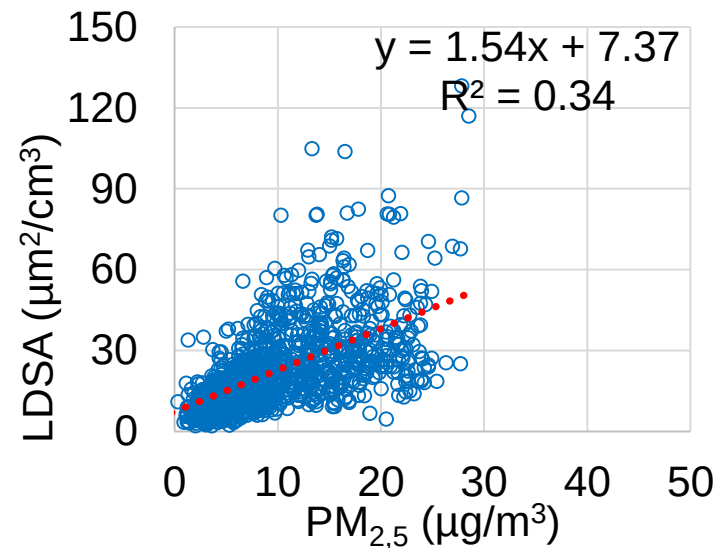
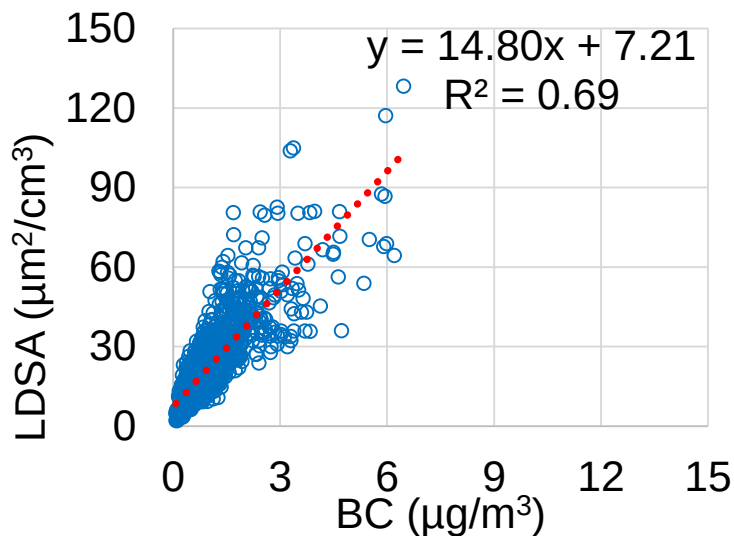


LDSA ja BC-pitoisuuksienvälinen korrelaatio pientaloalueella ja vilkkaassa liikenneympäristössä

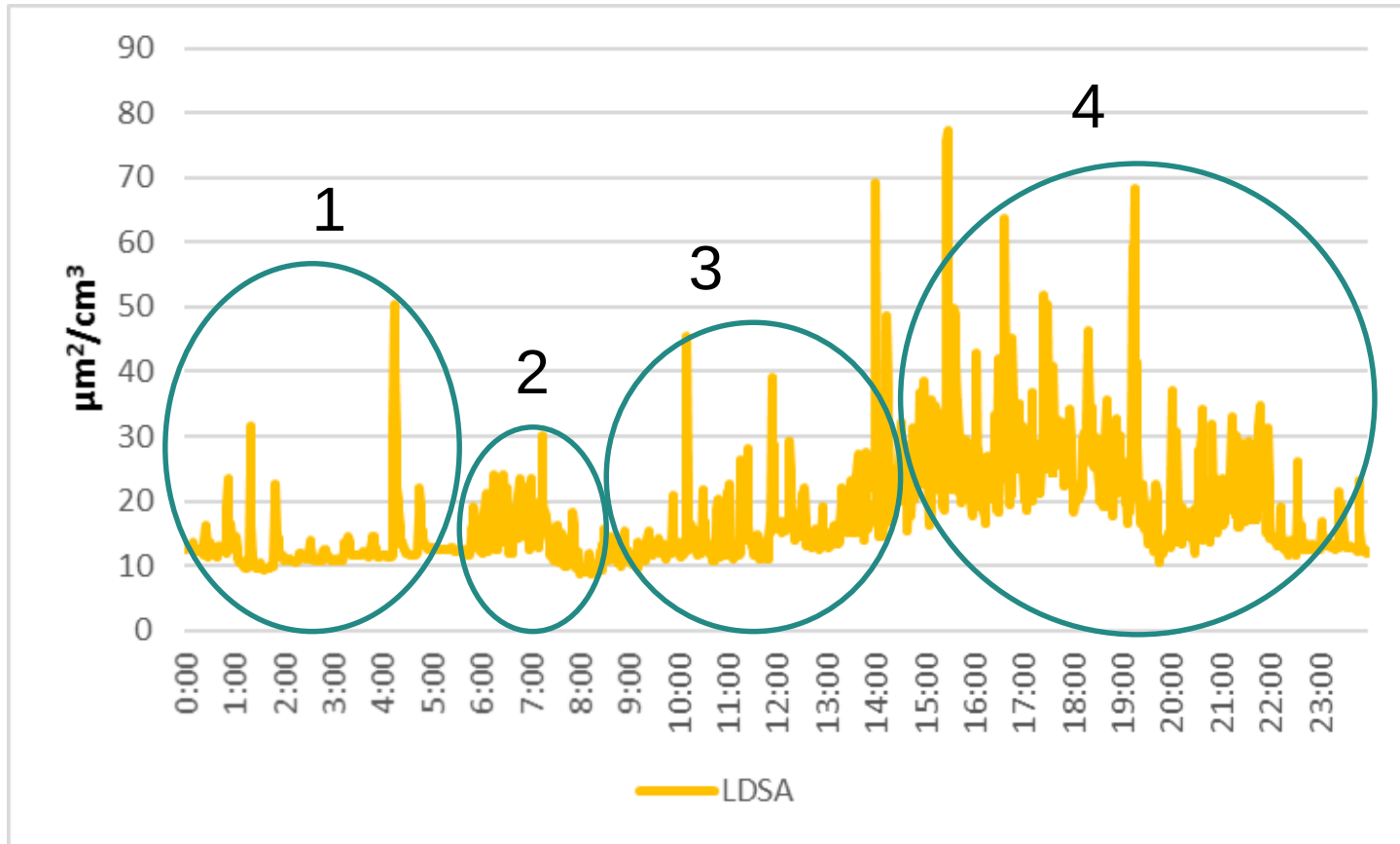
Itä-Hakkila



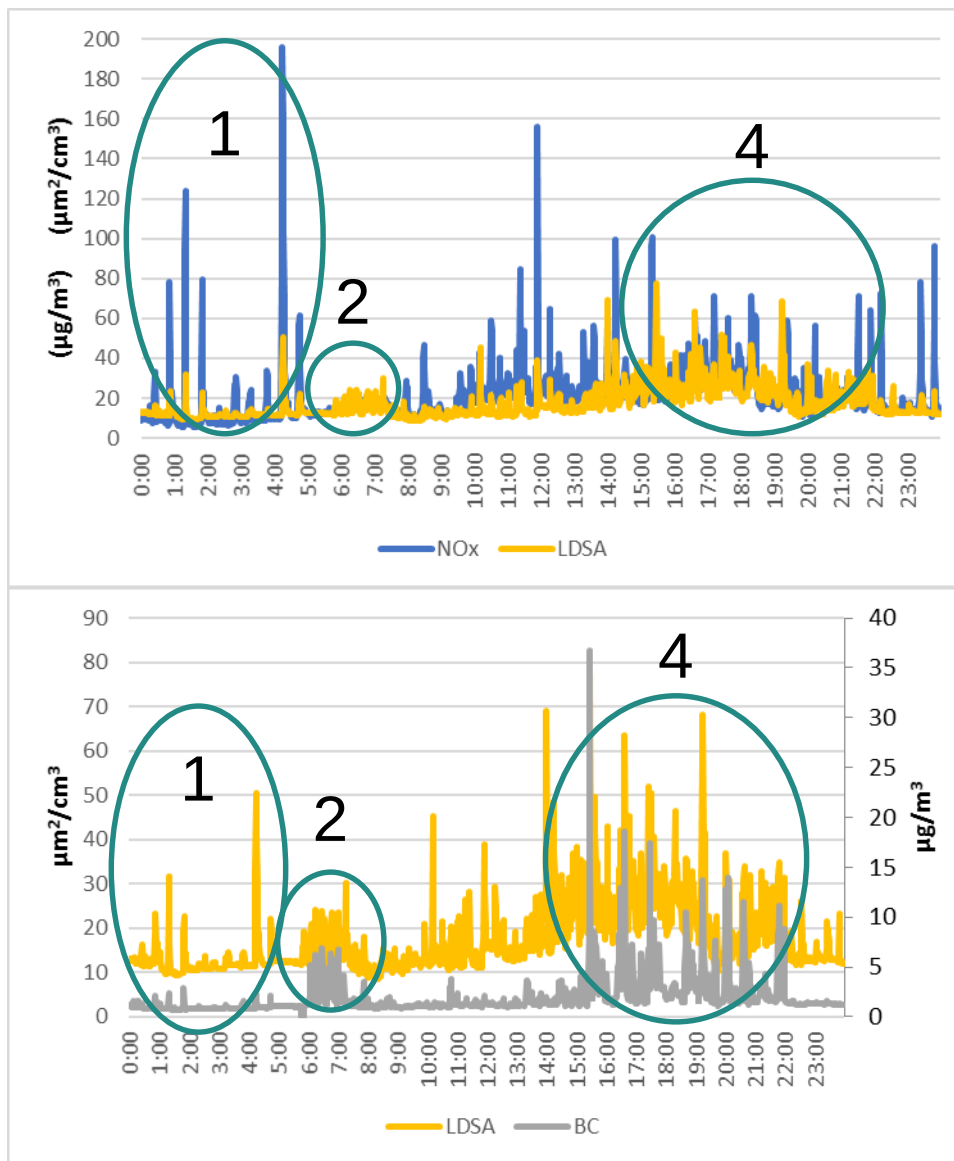
Mäkelänkatu



LDSA pitoisuus Itä-Hakkila lauantai 20.1.2018

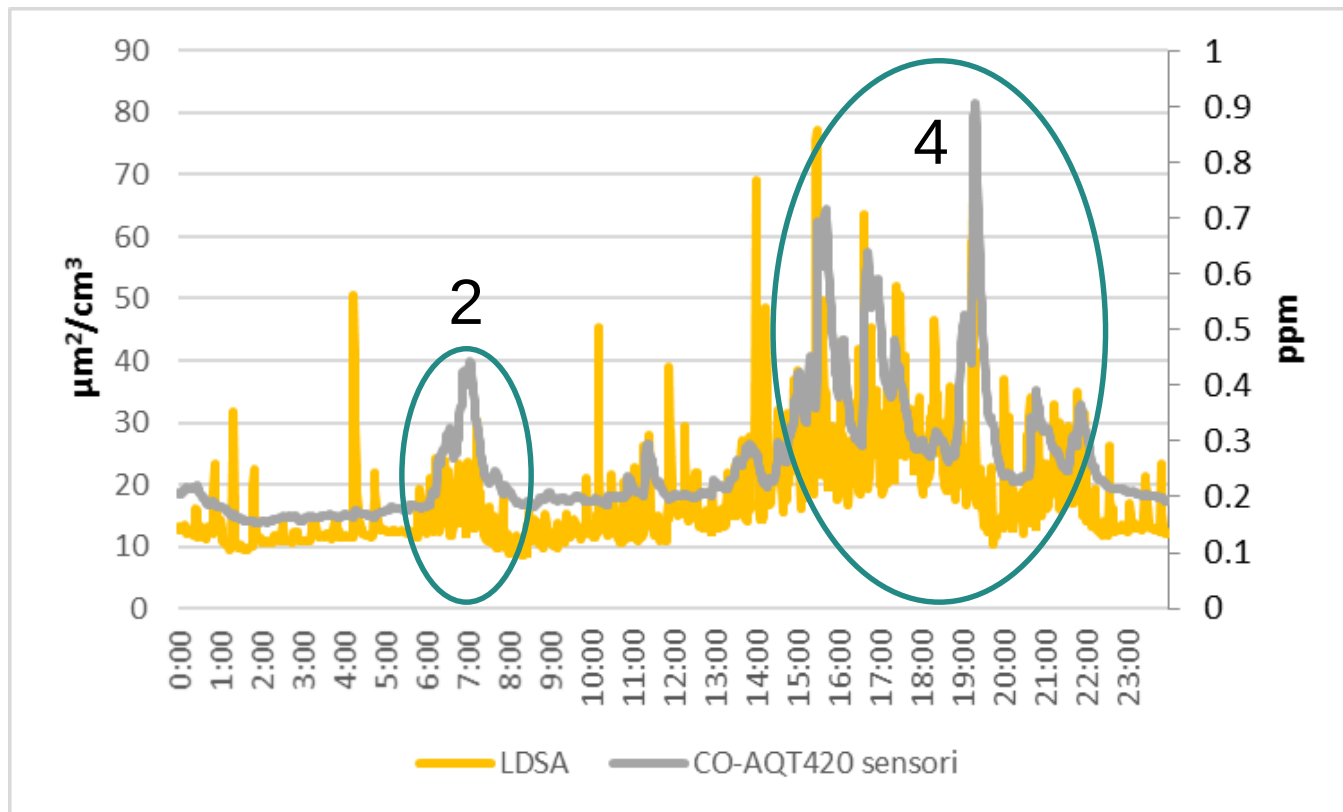


NO_x ja mustahiili (BC) mittaukset parantavat LDSA tulosten tulkintaa ja päästölähteiden arviointia



LSDA tulosten tulkintaa voidaan parantaa myös yhdistelemällä sensorimittauksia

- LSDA pitoisuus vs. Vaisala AQT420 sensorilla mitattu CO pitoisuus
- CO pitoisuus indikoi epätäydellistä palamista (esim. puun pienpoltto)



Yhteenveto ja johtopäätöksiä

- Sensorilla mitatut LDSA pitoisuudet korreloivat hyvin DMPS tuloksista johdettujen LDSA pitoisuuksien kanssa
- Korrelaatio muiden yhdisteiden kanssa vaihtelee lähteestä riippuen
- LDSA sensorimittaukset ovat kohtuullisen edullinen ja helppo tapa mitata **lähilähteistä** peräisin olevia polttoperäisiä pienhiukkasia, mutta mittaukset eivät yksinään kerro hiukkasten lähdettä
- Mittauspaikan valinnalla ja muiden yhdisteiden samanaikaisella mittaamisella voidaan parantaa tulosten tulkintaa
- LDSA pitoisuuksien ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta tarvitaan vielä lisää mittaus- ja tutkimustietoa, jota esim. HAQT projekti tuottaa
- Pitkäaikaiset mittaukset antavat tietoa polttoperäisten pienhiukkasten päästöjen kehittymisestä ja **paikallisten** ilmasuojelutoimien vaikutuksista ilmanlaatuun
- Paljonko on paljon? LDSA pitoisuuden ilmanlaatuindeksi?