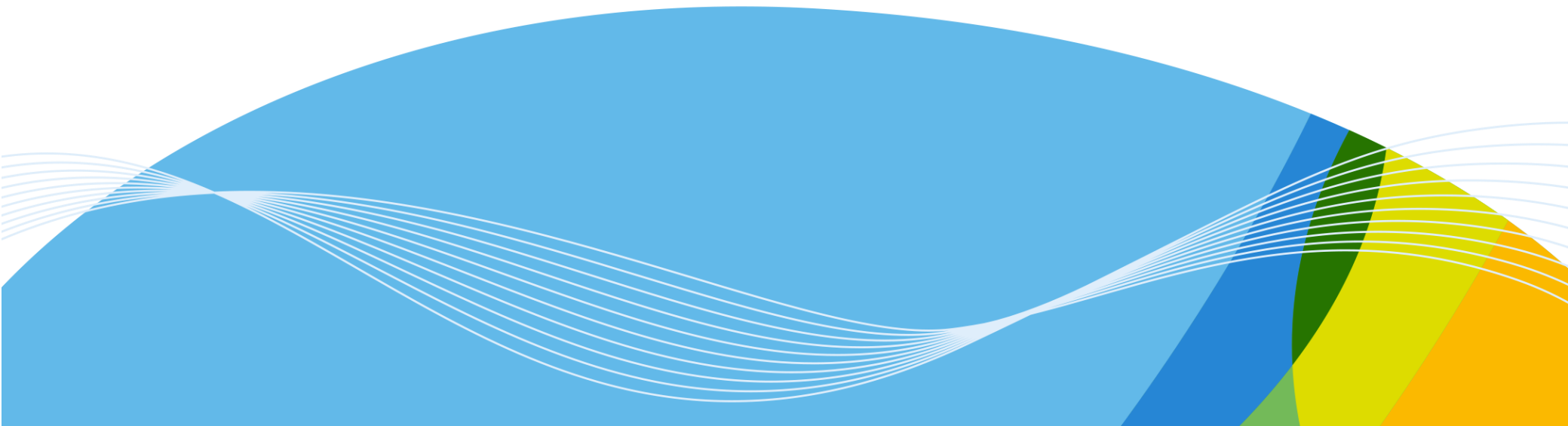




Uudella FMI-ENFUSER ilmanlaatu järjestelmällä tietoa kaupunkien ilmanlaadusta

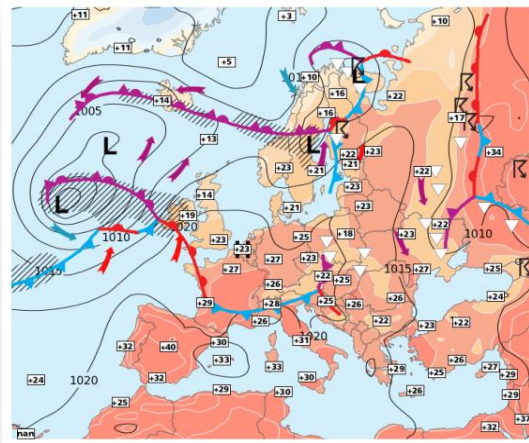
Lasse Johansson



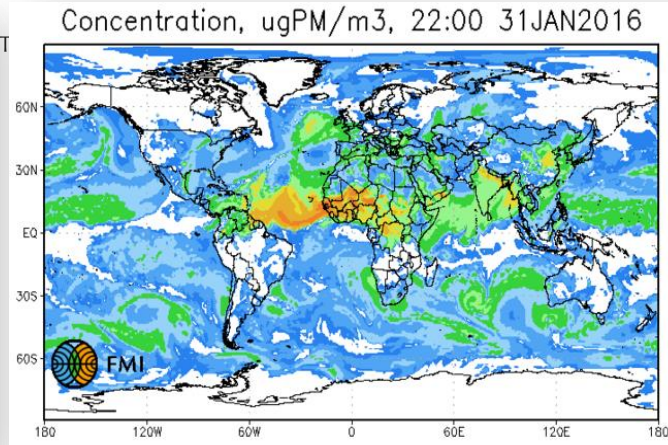


Johdanto

- **Viime aikoina ilmanlaatuun liittyvän tiedon saatavuus on lisääntynyt huomattavasti**
 - Avoin data helposti saatavilla (esim. sää- ja dispersiomallit, ympäristöä kuvaava aineisto)
 - Ilmanlaatuasemien mittauksiin pääsy **lähes reaaliajassa**
- **Voisiko kaiken saatavilla olevan informaation jalostaa tarkaksi kuvaksi vallitsevasta ilmanlaadusta kaupungissa?**
 - Voidaanko ilmanlaatua ennustaa myös lähitulevaisuuteen?
 - Voidaanko koko prosessi toteuttaa tarpeeksi nopeasti toimiakseen reaaliaikaisena palveluna?



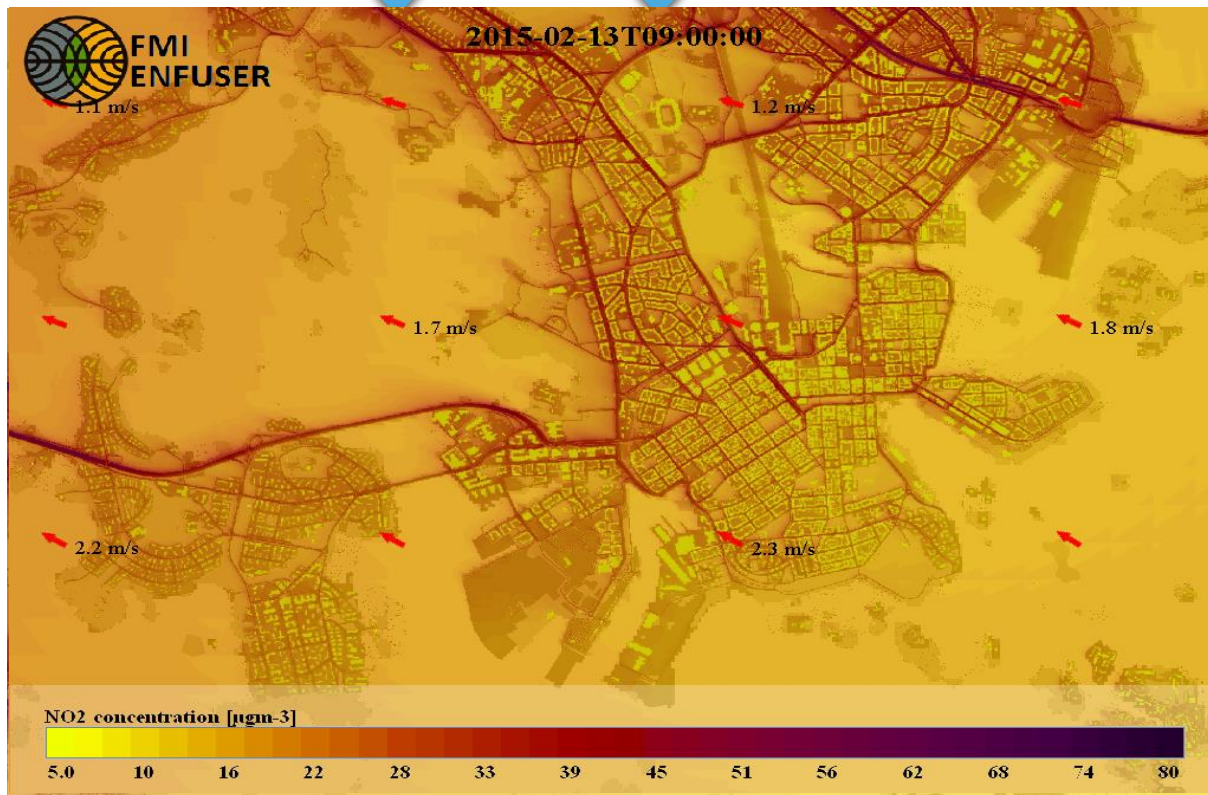
Säädata (HIRLAM)



Alueellinen AQ (SILAM)

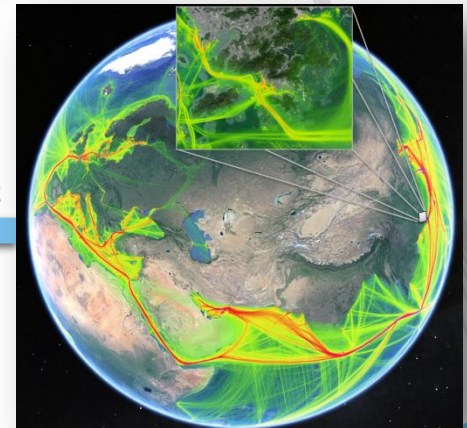


AQ mittausdata

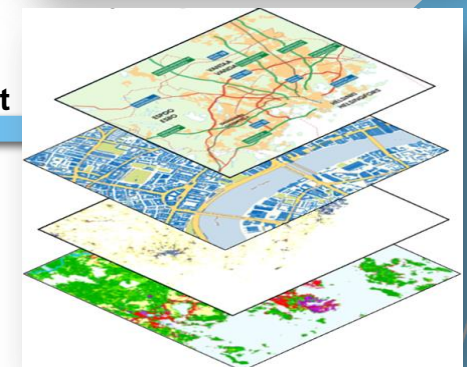


FMI-ENFUSER mallijärjestelmä

Päästö-
kartoitukset
(esim. laivat)



Ympäristöä
kuvaavat
GIS-datasetit

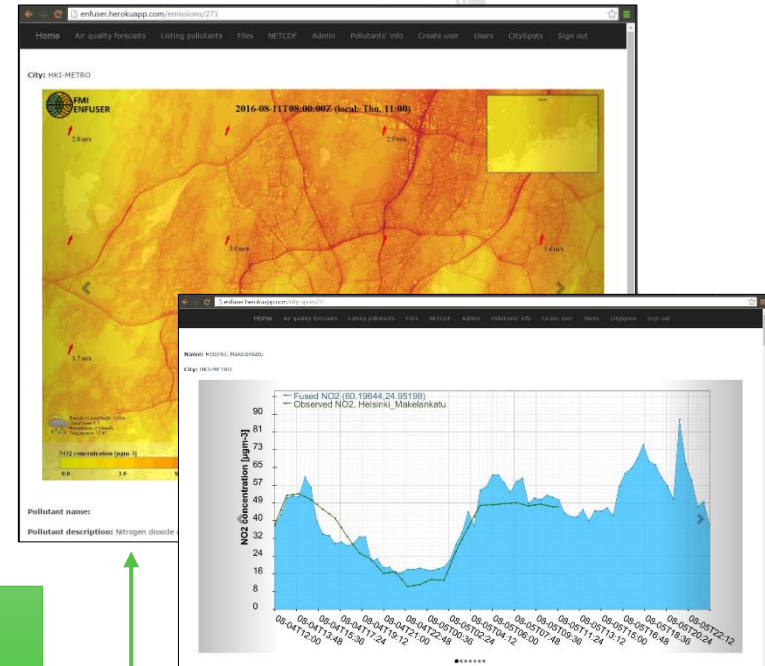
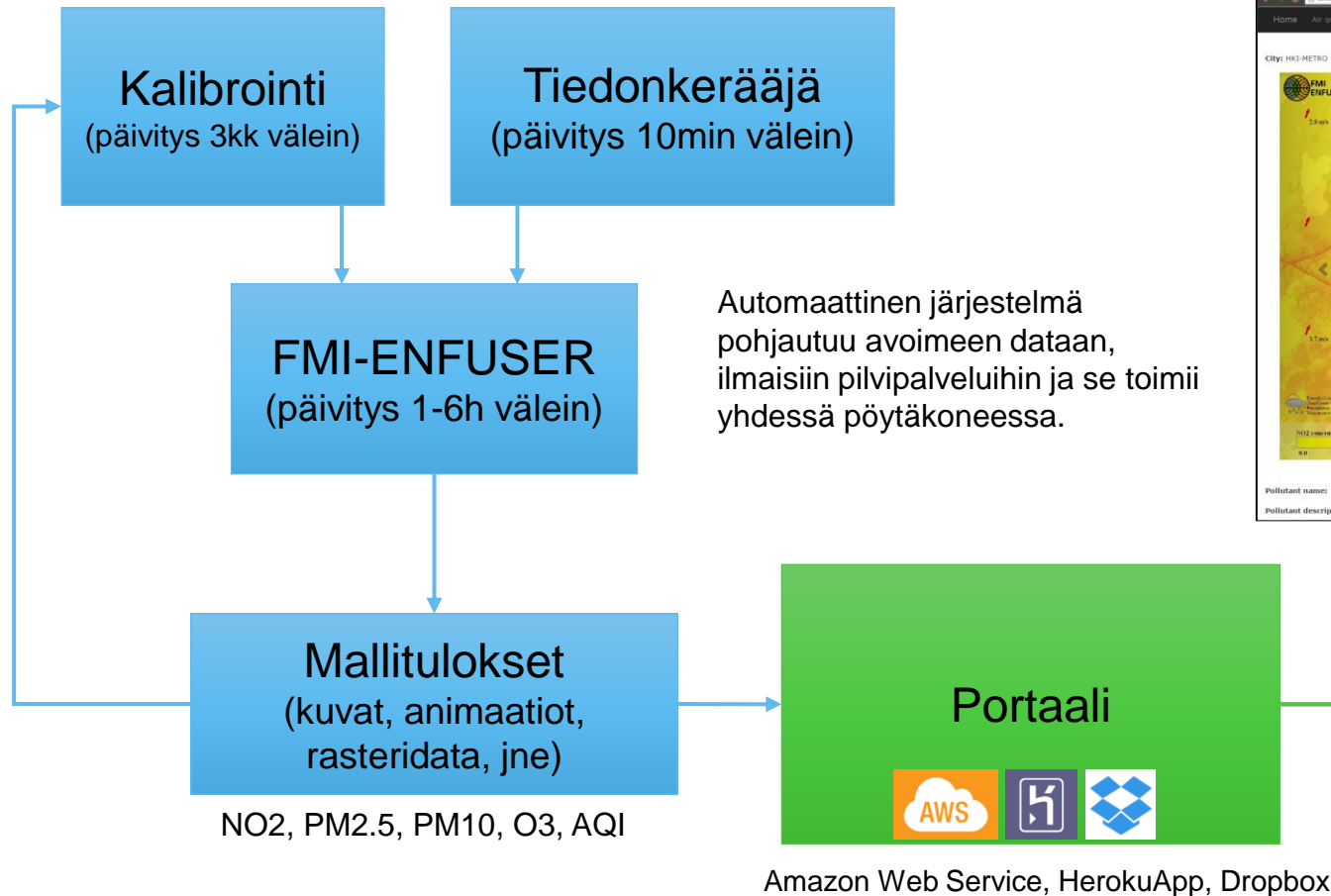




Mallijärjestelmä

FMI-ENFUSER mallijärjestelmä tuottaa valitulle kaupungille tuntikohtaisia tuloksia menneestä ja tulevasta ilmanlaadusta (15 x 15m tarkkuus)

Tulokset viedään automaattisesti selattavaan dataportaaliin



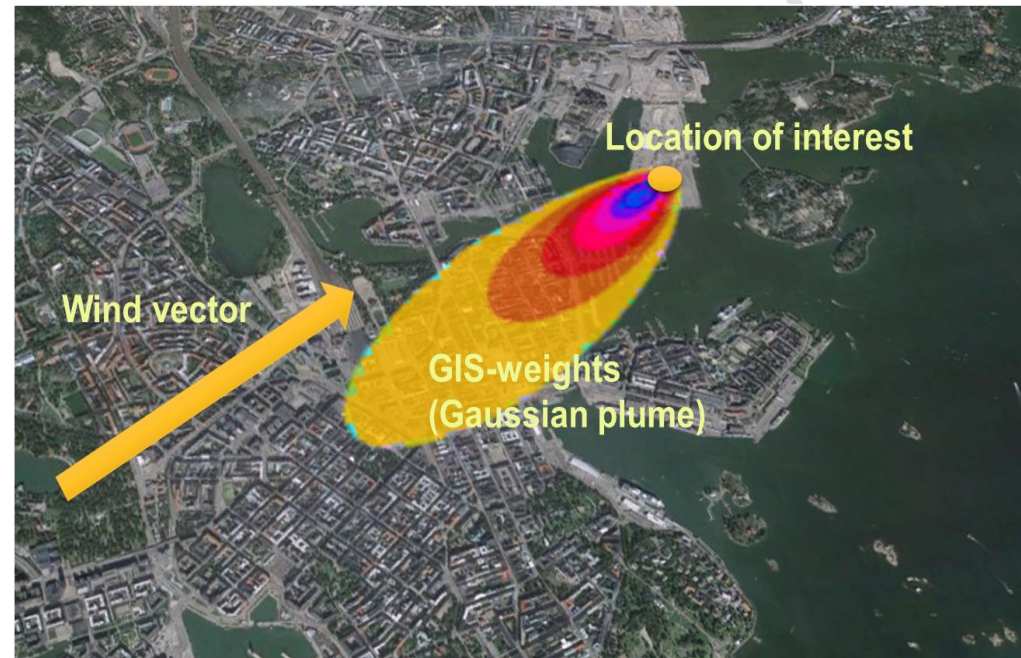


Malli ja metodiikka

FMI-ENFUSER = (The Finnish Meteorological Institute's ENvironmental information FUsion SERvice)

Mukana projekteissa: EU/PESCaDO, CLEEN MMEA, TEKES-INKA*, TEKES-CITYZER*, CLIMOB* (*käynnissä)

- Yhdistää tilastollisen mallintamisen (LUR) ja **dispersiomallintamisen** menetelmät
- Dispersiomallintamista **ilman tietoa päästölähteistä**,
 - Toisaalta, tilastollista mallintamista käyttämällä painokertoimia, jotka juontavat dispersiomallintamiseen
- Malli **kalibroidaan** mittausdatan perusteella
 - 100 000+ ilmanlaatumittauksen perusteella
 - Kalibrointi sisältää aikariippuvuuden



Eri meteorologisissa olosuhteissa saadaan eri painotukset potentiaalisille päästölähteille, korkeuserollakin on väliä (3D)

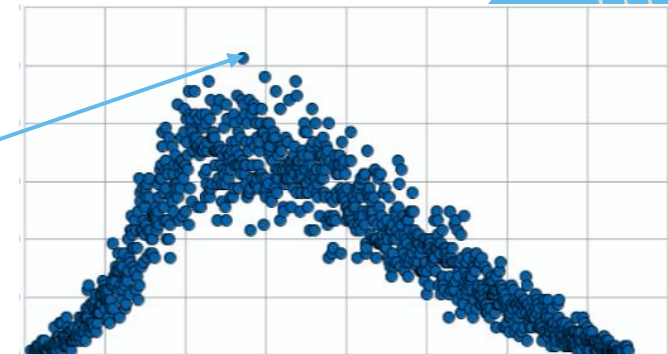


Kalibrointi – hajota ja hallitse

Kalibrointi: monimuuttujaregression avulla etsitään parhaat selittäjät pitoisuuksille (PNS) ja näille selittäjille painotuskertoimet aikariippuvuuksineen

Todellisuudessa, vaikka mittapisteitä olisi valtava määrä, ei kaikkia riippuvuussuhteita löydetäisi ilman valistuneita **alkuarvauksia**

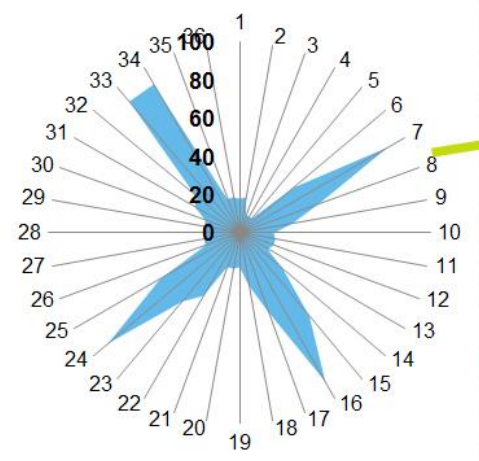
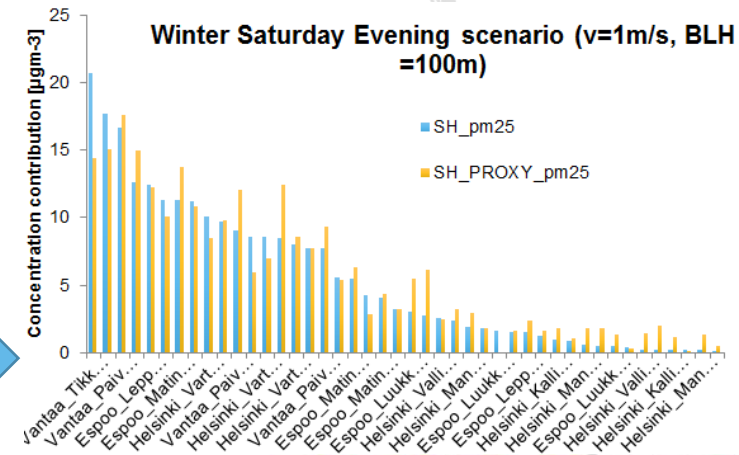
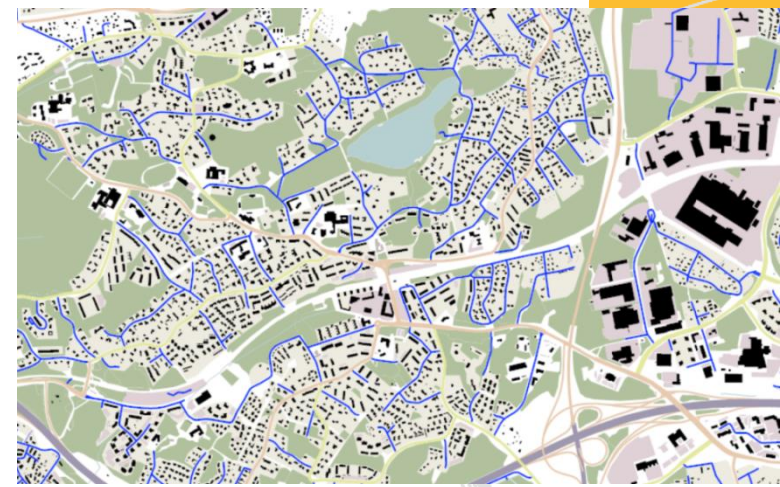
- **Siksi kalibroittavat muuttujat ovat itse asiassa pienempiä, suuntaa-antavia **apumalleja****
 - Esimerkiksi liikennevirta (tieluokitus, tien leveys, asukastiheys)
- **Apumallit voivat sisältää kytköksiä meteorologisiin muuttujiin**
 - Esimerkiksi, puun pienpoltto ja ulkolämpötila (PM2.5)
- **Apumalliksi voitaisiin lisätä myös jokin ulkoinen malli, kuten NORTRIP katupölymalli PM10:lle**
- **Kalibroinnin jälkeen **apumalleja** voidaan vielä hienosäätää Monte Carlo -menetelmällä**
 - Valitaan sellaiset parametrit, jotka maksimoivat selitysasteen





Ympäristökartoitus

- **Tärkein tietolähde: OpenStreetMap (OSM)**
 - Maankäyttö, tieverkosto ja rakennukset
 - 5 x 5m, avoin data, **saatavilla globaalisti**
- **Rakennukset analysoidaan mallissa erityisen tarkasti, sillä**
 - Pientalot toimivat PM2.5 lähteinä
 - Yksi apumalleista, arvioi mm. talojen pinta-alan
 - Pääkaupunkiseudulla apumallia voidaan verrata HSY:n antamaan kartoitukseen pientalojen PM2.5 kontribuutiosta
- Vaikutus tuoliolosuhteisiin, erityisesti katukuiluissa
 - Tämän vuoksi malli **"kaikuluotaa"** jokaisen pisteen lähiympäristön





Entäpä se fuusio?

- Tarkkaan ottaen, kalibroinnin jälkeen malli kykenee laskemaan odotetun pitoisuusarvon pisteessä **x** aikana **t**.
 - Entäpä ne saatavilla olevat viimeisimmät mittauspisteet?

- Lyhyesti sanottuna, FMI-ENFUSER mukautuu näihin mittauksiin lennossa

Vaihe 1: Jokaisessa mittauspisteessä vertaillaan havaittua arvoa mallin antamaan odotusarvoon

Vaihe 2: Hienosäätö, yritetään saada odotetut pitoisuudet vastaamaan havaittuja mahdollisimman hyvin

Vaihe 3: Arvioidaan miten paljon **painoarvoa** tulisi yksittäiselle mittauspisteelle antaa paikan/ajan **(x,t)** suhteen
Vaikuttavia tekijöitä: lähteen laatu/luotettavuus, aikaleimat, etäisyys

Vaihe 4: Lasketaan pisteeseen **(x,t)** pitoisuusarvo muiden referenssipisteiden pohjalta, arvioituja **painoarvoja** hyödyntäen (Johansson et al, 2015)

2016-08-11T15:00:00Z (local: Thu, 18:00)

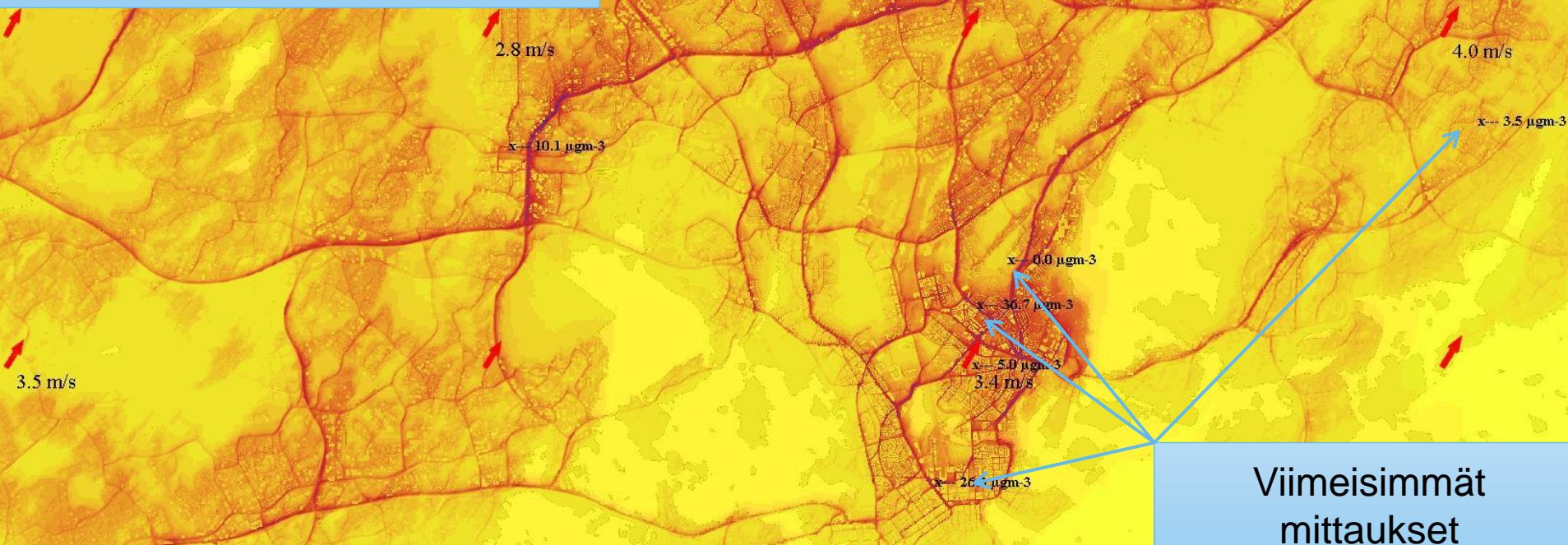
Kuva sisältää 1800 x 1200 pistettä,
joista kukin vuorollaan on ollut
fuusioitava piste **(x,t)**

Jokaisessa pisteessä on tehty
"kaikuluotaukset", ympäristöarvioinnit,
apumallien estimoinnit, jne



Alueellisen skaalan
taustapitoisuus

Viimeisimmät
mittaukset



BoundaryLayerHeight: 1052m
CloudCover: 1.4
Precipitation: 2.34mm/h
Temperature: 15.3C

NO2 concentration [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]





Fuusion ominaisuuksia

- **Lähtötietona voi toimia niin monta sensoria kuin tahansa, ja niiden laatu voi olla vaihteleva**
 - Tarkempi mittalaitteisto saa enemmän painoarvoa
 - Ei sulje pois mallinnetun datan käyttöä (suurempi epävarmuus, pienempi painoarvo)
 - Mallinnettu data erityisen hyödyllistä ilmanlaadun **ennusteissa** lähitulevaisuuteen
- **Lopputulos ei ole herkkä yksittäisen mittalaitteen oikuille**
 - Sensorien painoarvo on suurin mittauspaikan lähistöllä ja sitä pienempi mitä enemmän sensoreita on
 - Teoriassa FMI-ENFUSER voi **paljastaa viallisen sensorin**
- **Taustapitoisuus ja saasteiden kaukokulkeutuma ei ole ongelma**
 - Korkea taustapitoisuus
 - kaikki sensorit näyttävät korkeampaa pitoisuutta kuin odotettu
 - fuusioiduissa pisteissä taustapitoisuus **mukautuu** korkeaksi



Ennustaminen

- **Ennustettaessa ilmanlaatua lähitulevaisuuteen, käytössä ei ole enää ilmanlaadun mittauksia**

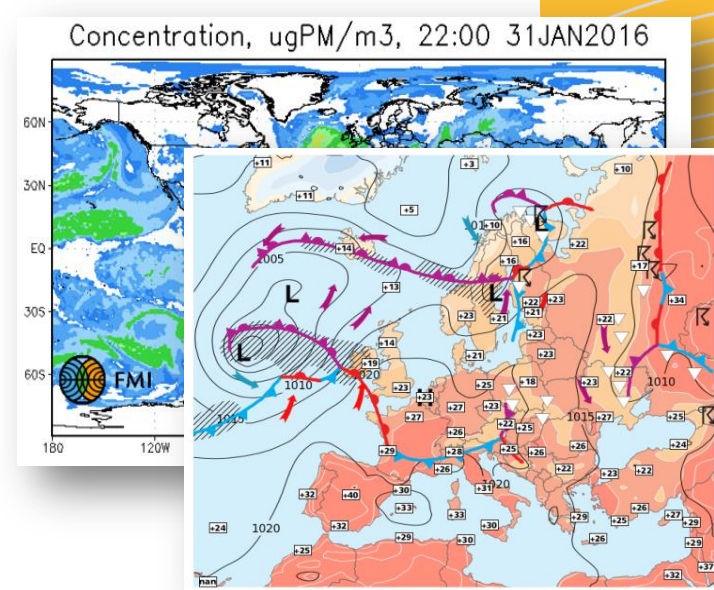
- Ei hienosäätöä lennossa, ei datafuusiota

- **Malli kykenee kuitenkin edelleen**

- arvioimaan pitoisuuksia mielivaltaisessa pisteessä valittuna ajankohtana
- lukemaan meteorologisia muuttujia sääennusteista
- Käyttämään mallinnettua taustapitoisuuden ennustetta todellisten mittauspisteiden sijasta

- **Ennustaminen mallilla on itse asiassa hyvin samankaltaista kuin mallin käyttö mittausdatan kanssa, vain hieman epätarkempaa**

- Portaalin lähetettävä data pitää sisällään 24h ajanjakson, josta 12h on ennustetta



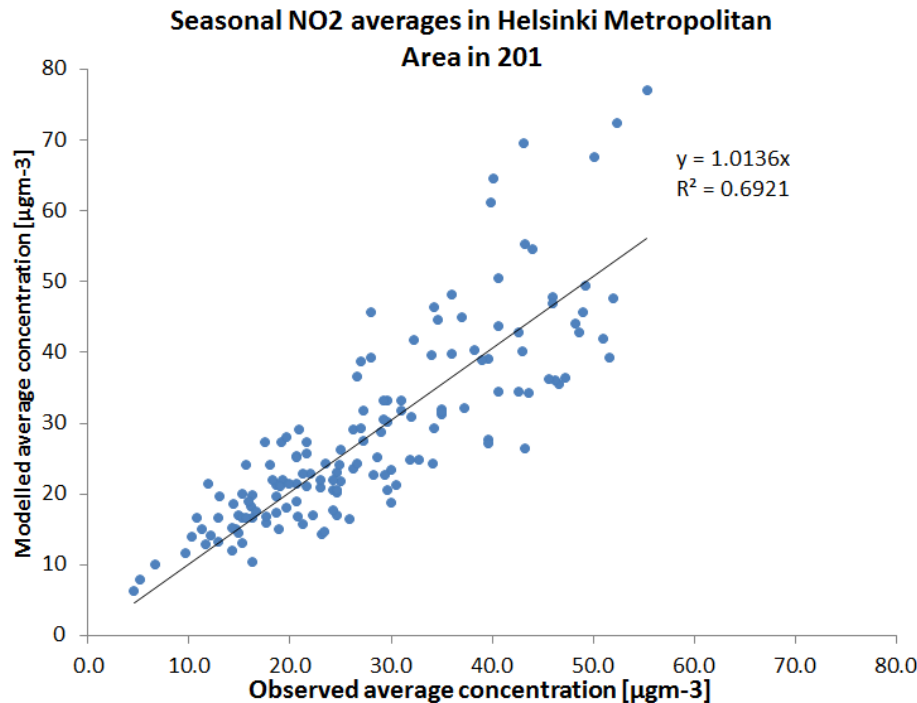


Laadunvalvonta (1/2)

Mallin toimintakykyä tarkastellaan jatkuvasti vertaamalla tuloksia mittausaikasarjoihin.

- Tuotetaan automaattisesti portaaliin

Ohessa vertailu on tehty NO2 pitoisuudelle kausikeskiarvojen muodossa 38:ssa mittauspisteessä vuonna 2010



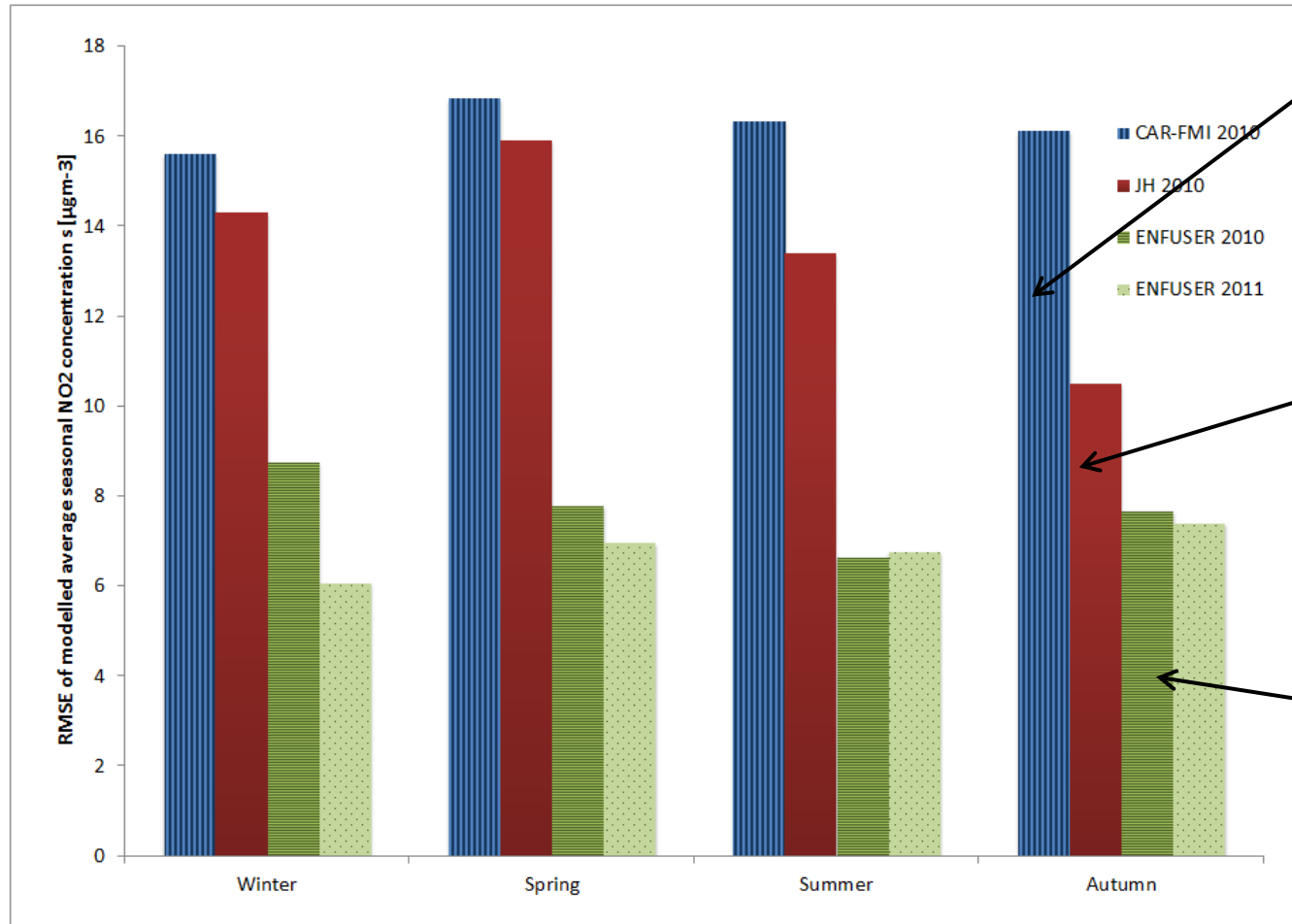
★ = katukuilu

	Observed 2010				Fused 2010			
	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
★	53.3	51.3	42.0	48.3	50.6	42.6	41.6	37.7
★	53.3	50.7	46.0	44.3	48.3	40.1	37.9	35.2
	33.7	22.5	17.0	26.0	29.4	17.6	15.3	17.0
	39.7	38.0	39.7	31.3	48.9	36.7	36.2	32.0
	36.0	35.3	33.7	31.3	45.0	34.4	33.4	30.2
	32.0	26.3	25.3	23.0	50.5	37.4	36.9	32.6
	25.3	19.7	18.3	17.3	35.2	29.9	25.3	25.6
	51.3	39.0	35.7	39.0	45.0	31.1	30.1	30.0
	42.7	32.0	28.7	31.7	57.8	38.9	39.6	36.7
★	62.7	52.3	49.0	51.0	56.4	37.7	38.6	35.2
★	53.7	43.3	39.0	41.0	60.4	41.4	42.6	39.7
★	47.0	44.7	37.7	40.0	55.1	44.9	43.6	39.6
★	52.3	40.3	34.3	36.7	49.3	40.9	38.5	35.9
	48.7	53.3	43.3	48.3	52.0	43.2	41.3	38.6
	34.7	26.7	21.0	26.3	44.1	37.3	32.9	32.8
	34.7	26.3	20.7	25.3	47.5	32.5	33.7	31.5
	27.7	19.0	13.7	16.7	34.2	23.0	19.7	20.5
	33.7	23.3	16.7	22.5	36.6	27.9	21.8	22.9
	27.3	17.3	11.0	17.0	27.5	17.3	11.7	14.1
	36.0	22.7	13.7	21.3	29.4	18.3	12.6	15.3
	48.0	36.7	25.3	30.3	30.2	22.7	15.8	16.7
	39.3	29.3	20.3	30.0	28.5	18.4	13.7	16.5
	30.7	21.7	14.3	22.0	26.5	18.4	12.8	15.1
	33.3	22.3	15.3	22.7	28.2	17.4	13.1	15.8
	33.0	19.3	13.7	19.3	32.1	19.4	16.2	17.2
	42.3	34.0	24.7	28.7	23.7	18.2	14.5	15.0
	25.7	25.3	17.7	23.3	23.5	18.9	14.8	15.9
	39.0	30.7	21.1	24.7	40.4	26.6	24.0	23.1
	15.4	6.1	3.7	5.1	15.8	7.4	5.0	6.3
	30.6	21.4	14.2	20.3	28.1	21.1	14.8	16.2
	27.8	21.9	23.8	19.0	47.6	34.8	33.5	29.9
	32.1	22.0	16.8	20.1	43.2	33.7	29.8	30.3
★	47.7	41.6	40.4	36.2	54.0	42.0	40.2	38.5
	60.8	52.9	50.9	47.8	56.8	38.7	39.5	35.7
	34.9	25.2	20.4	22.9	34.8	28.7	22.2	24.6
	23.8	18.7	18.7	10.2	28.7	20.4	12.6	17.3
	36.9	26.1	19.2	24.8	30.9	20.5	16.8	18.3
	38.1	31.8	25.2	26.8	37.6	28.5	23.8	24.7



Laadunvalvonta (2/2)

Mallin toimintakykyä verrataan myös muihin malleihin
(Ohessa NO₂ pääkaupunkiseudulla 2010 ja 2011)



Keskimääräinen virhe (RMSE) NO₂:n kausikeskiarvoille

Tuntipohjainen
Dispersiomalli
liikennepäästöille

Tilastollinen Land-
Use-Regression
kausikeskiarvoille

Tuntipohjainen FMI-
ENFUSER

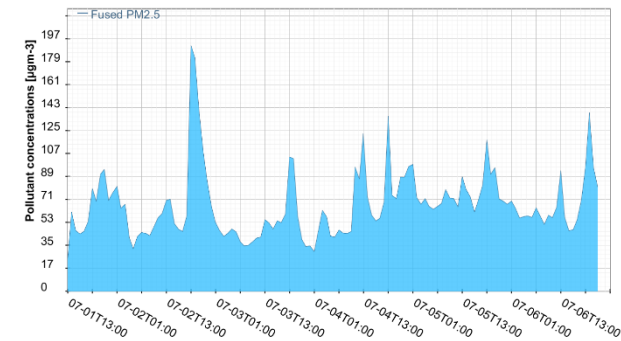


Sovellukset Aasiassa

- **Mallia on demonstroitu Kiinassa (Langfang) hyödyntäen suomalaisen yrityksen asentamia PM2.5 sensoreita**
 - Yhteistyö jatkuu, enemmän sensoreita ja alueellisen skaalan ilmanlaatudataa hyödynnetään jatkossa
- **Malli asennetaan myös Delhiin osana CLIMOB projektia**
 - n. 10 mittausasemaa
- **Sovellukset Aasiassa ovat osoittaneet, että**
 - Pitoisuudet Aasiassa ovat paljon korkeampia, mutta samaa metodiikkaa voidaan soveltaa
 - Erityisesti Kiinassa ympäristöä kuvaavien avoimien datasettien sisältö voi olla selkeästi köyhempää kuin Euroopassa
 - Paikallisilta auktoriteeteiltä syytä kysyä avustavia kartoituksia



Esimerkkikuva PM2.5 pitoisuudesta valittuna ajan hetkenä Langfang'ssa, mallin mukaan



Esimerkki mallinnetusta PM2.5 aikasarjasta valitussa paikassa Langfang'ssa.



Yhteenveto

- **Meteorologisiin olosuhteisiin ja ympäristökartoitukseen yhdistettynä, yksittäinen ilmanlaadun mittaus pitää sisällään paljon informaatiota päästöjen alkuperästä**
 - FMI-ENFUSER malli voidaan kalibroida hyödyntämällä suurta määrää tällaisia mittauspisteitä
 - Kalibraation jälkeen malli kykenee tuottamaan uudenlaista ilmanlaatuinformaatiota ilman perinteisiä päästölähdekartoituksia
- **Mallinnusjärjestelmä pohjaa avoimeen dataan ja menetelmää voidaan soveltaa myös Suomen ulkopuolella**
- **Operatiivisen prototyyppin tuloksia, muutamalle valitulle kaupungille Suomessa, voi pian selata netissä**

Johansson, L., Epitropou, V., Karatzas, K., Karppinen, K., Wanner, L., Vrochidis, S., Bassoukos, A., Kukkonen, J. and Kompatsiaris I. *Fusion of meteorological and air quality data extracted from the web for personalized environmental information services*. Environmental Modelling & Software, Elsevier, [Volume 64](#), February 2015, Pages 143–155, 2014.



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

www.fmi.fi

