



# Täydentävien lähestymistapojen testaaminen LULUCF-päästöjen seuraamiseksi

## Ilmakehähavaintojen ja -mallien käyttö LULUCF-laskennoissa

12.5.2021

Tuula Aalto, Hannakaisa Lindqvist, Maria Tenkanen, Otto Lamminpää, Aki Tsuruta,  
Ali Arslan, Markus Törmä, Iida Autio, Markus Haakana, Tarja Tuomainen

Ilmatieteen laitos, SYKE & LUKE



# Esityksen sisältö

- 1) Hiilidioksidin mallinnustulosten käyttö hiilinielun arvioimiseksi
- 2) Satelliittihavainnot yhdistettynä maankäyttöluokkiin
- 3) Metaanin mallinnustulosten käyttö metaanin lähteiden arvioimiseksi kansallisen inventaarion tukena
- 4) Metaaniemissiot yhdistettynä maan kosteuden kaukokartoitusdataan ja maankäyttöluokkiin

# Ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuuksien mallinnus

## Lähteet ja nielut, priorit

- Luonnolliset
- Ihmisperäiset
- Metsä- ja maastopalot
- Meret



Ilmakehän  
kuljetusmalli



Data-assimilaatio

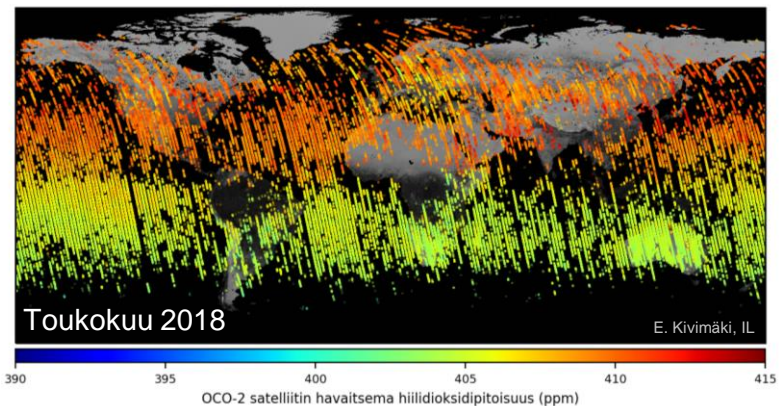


- Lähteet ja nielut
- Pitoisuudet



## Havainnot ja mittaukset

- *Pintamittaukset: pitoisuudet, vuot*
- *Satelliittimittaukset*



# Copernicus Atmosphere Monitoring Service

## CAMS globaali CO<sub>2</sub> inversiomalli

CO<sub>2</sub> kokonaisvuo = merten vuo (optimoitu) + biosfäärin vuo (optimoitu) + antropogeeniset päästöt (päästöinventaarit)

- CAMS-mallin kokonaisvuo EU-alueelle on systemaattisesti pienempi kuin raportoidut emissiot.
- Satelliittimittauksia hyödyntävä malli vastaa hyvin pintamittauksia hyödyntävää mallia EU-tasolla.
- Projektissa tutkimme CAMS-mallilla laskettuja CO<sub>2</sub>-lähteitä ja nieluja Suomessa.

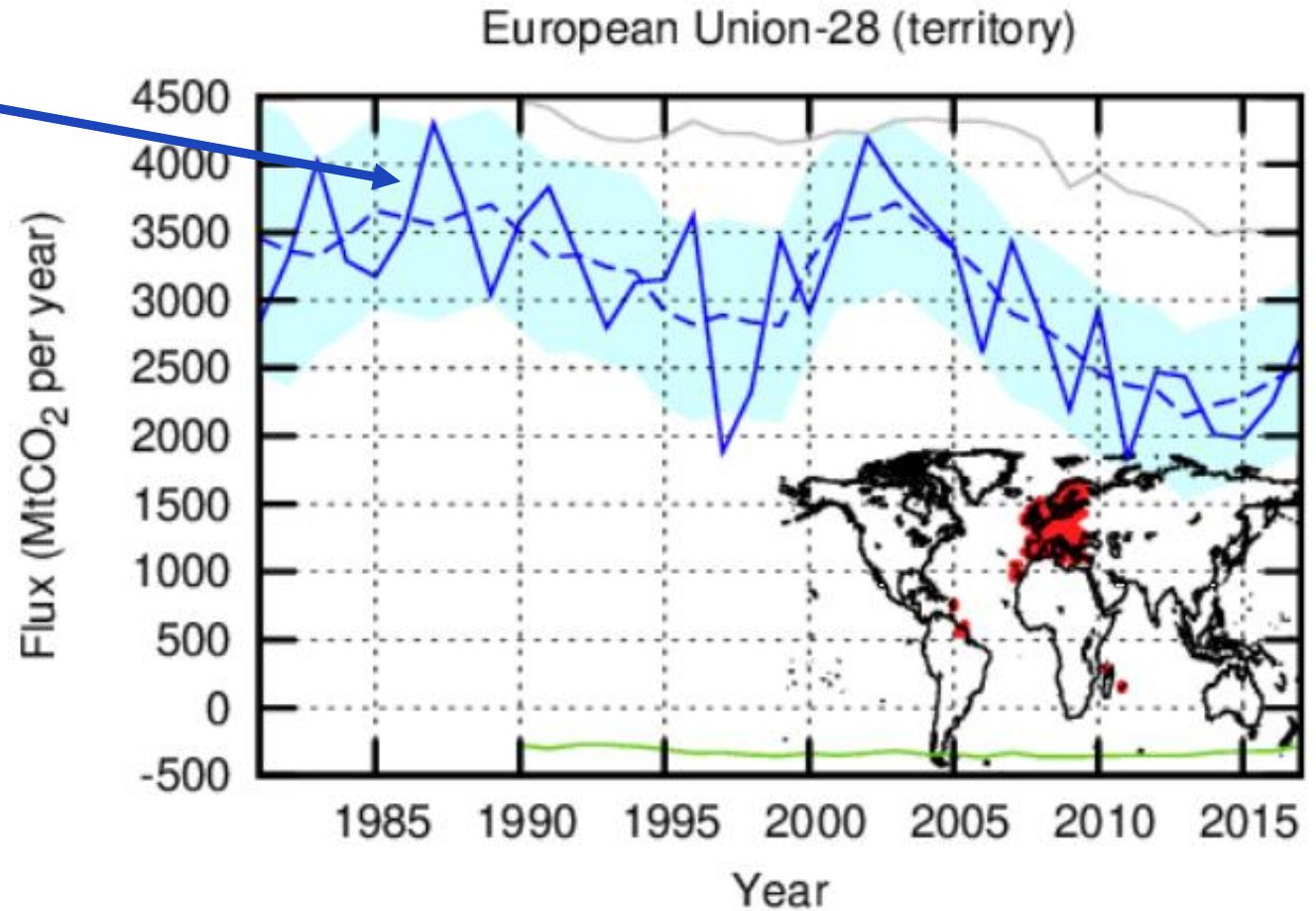
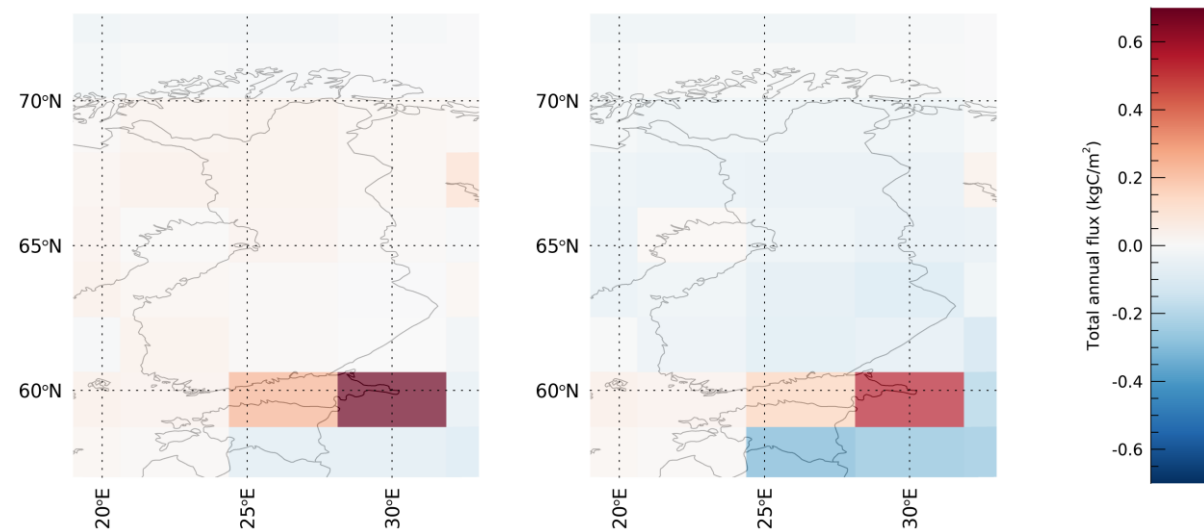


Figure: CAMS validation report, F. Chevallier, 2020

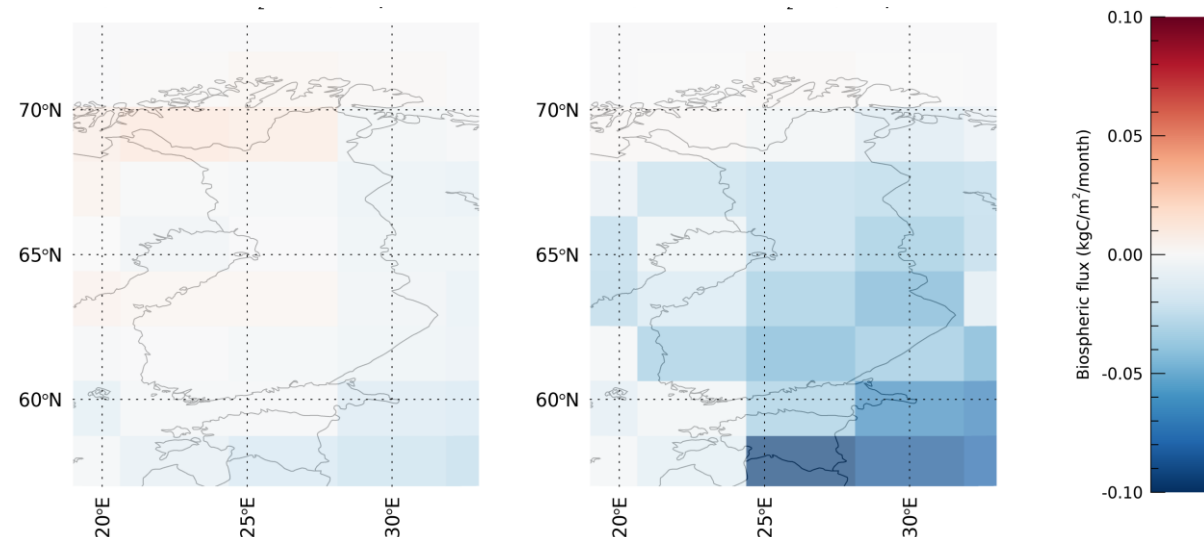
# 1) CAMS-mallin CO<sub>2</sub>-vuot Suomessa

- CAMS-mallin vuosittaisessa kokonais-CO<sub>2</sub>-vuossa huomattava ero satelliittihavaintojen ja pintamittausten välillä
    - Eron syy: biosfäärivuot
    - Erityisesti touko-heinäkuun vuot poikkeavat.
  - Maankäyttöluokkiin yhdistetyssä analyysissä suurta epävarmuutta tuo mallin resoluutio.
    - Resoluutiota on jo parannettu useissa malleissa; tässä keskityimme Copernicus-mallituotteeseen.
- Satelliittihavainnot kehittyneet valtavasti; **tarvitaan mallinnuksen lisäksi menetelmiä**, joilla voidaan arvioida hiilinielua suoraan satelliittidataa käyttäen.

Vuosi 2019, **kokonaisvuo**. Vasen: pintamitt., oikea: satelliitti.

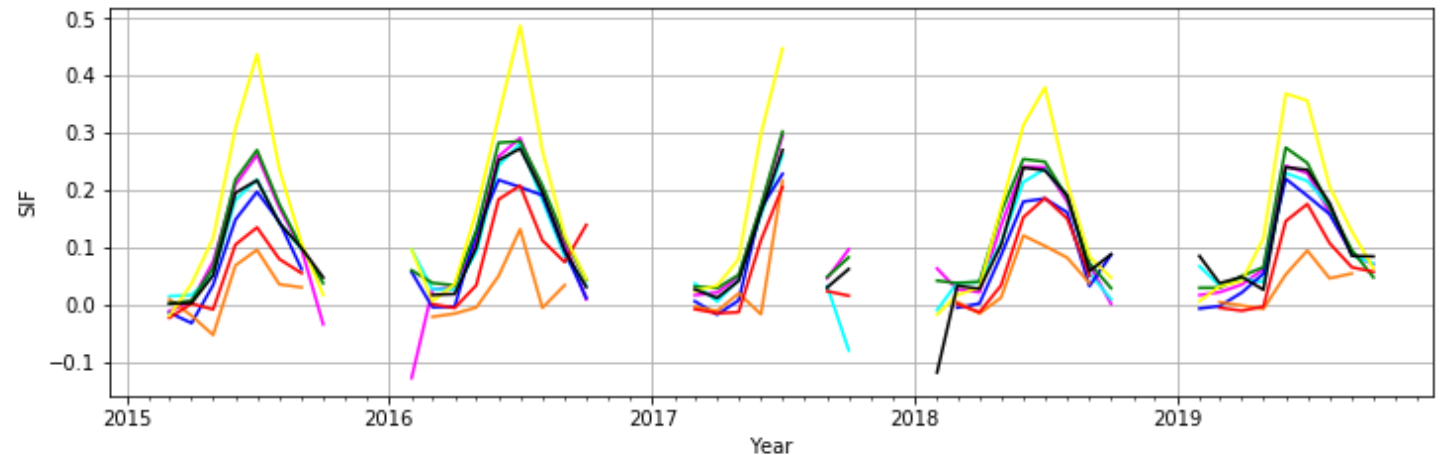
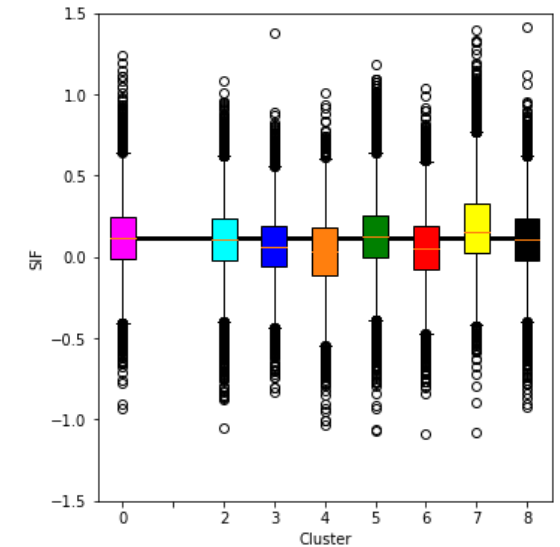
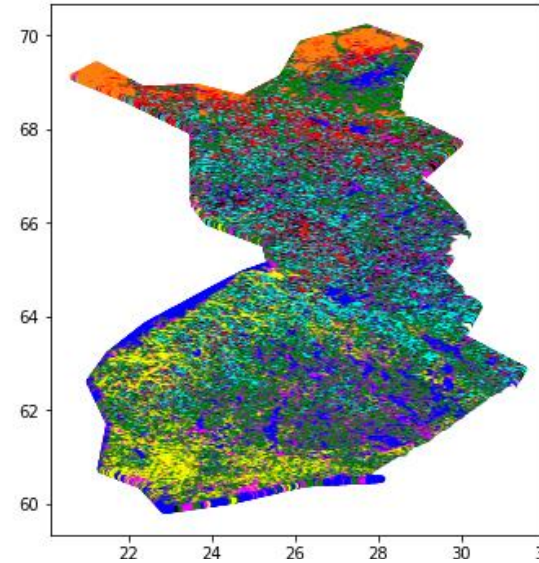


Toukokuu 2019, **biosfäärivuot**. Vasen: pintamitt., oikea: satelliitti.



## 2) Uudet satelliittihavainnot yhdistettynä maankäyttöluokkiin Suomessa

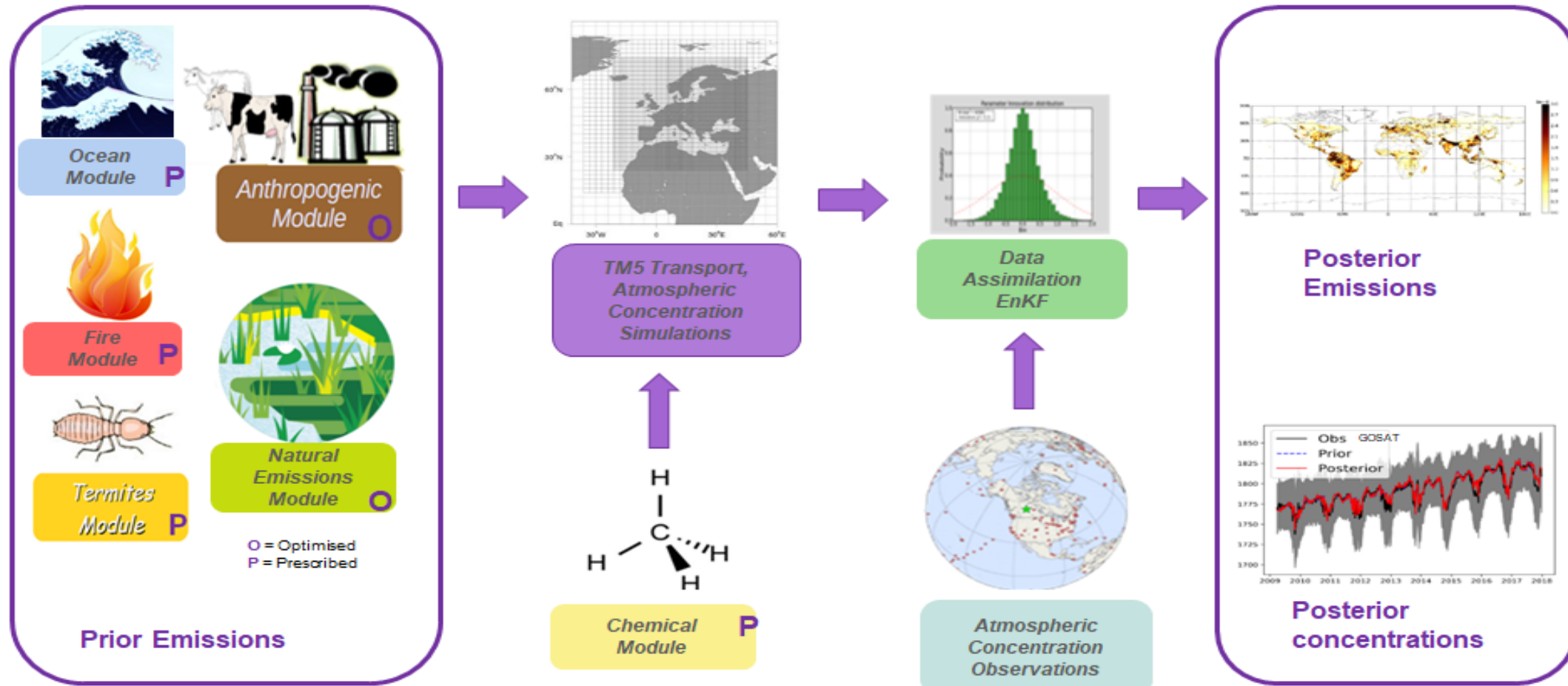
- 1 km x 1 km resolution maankäyttöluokkadata (EU CLC, 14-16 luokkaa) klusteroitiin pääkomponenttianalyysillä 8 klusteriin.
- Nasan OCO-2-satelliitin mittaama kasvillisuuden fluoresenssi (SIF) on luotettava arvio kasvillisuuden sitoman hiilen määrälle (GPP).
- SIF-data analysoitiin näissä klustereissa → selkeät erot klusterien välillä. Erityisesti maanviljelyalueet erottuvat.
- Kasvillisuuden yhteyttämistä mittaava SIF on lupaava työkalu maankäyttöluokkien hiilinielun ja sen muutosten arviointiin.
- Kehitämme menetelmiä myös hiilidioksidi- ja metaanihavainnoille; kulkeutumisen rooli merkittävä.



# Methane emissions in Finland

- Can we use the inverse modeling approach to support and verify national inventories ?
- Are methane emissions related to observed soil wetness ?
- Are methane emissions connected to specific land use categories ?

## Carbon Tracker Europe – CH<sub>4</sub> atmospheric inversion model (FMI version)



Carbon Tracker Europe – CH<sub>4</sub> is a data assimilation system which uses global atmospheric concentration observations to optimise the prior estimates of anthropogenic and natural emissions.

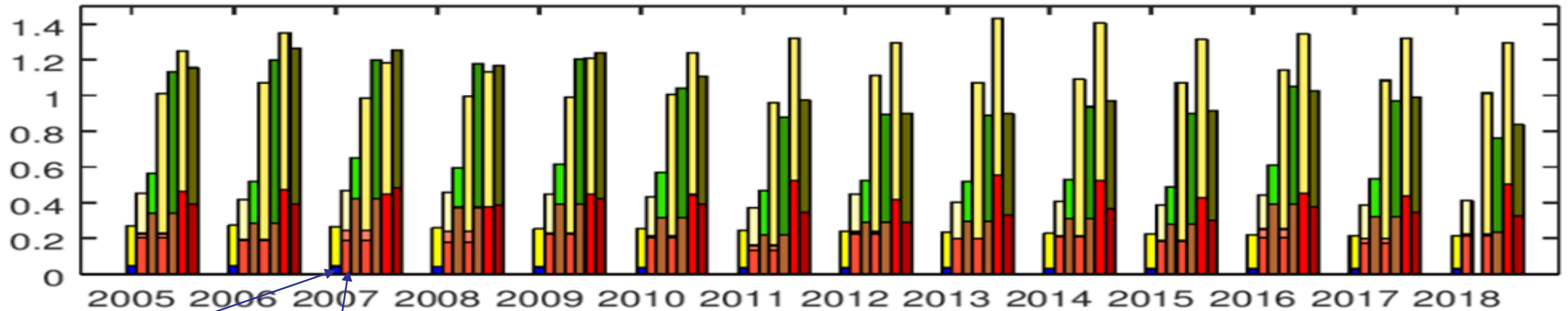


# Methane emissions in Finland

- Emissions solved in 1 x 1 degree resolution using atmospheric in situ data (six atmospheric stations in Finland)
- Finnish emission inventories (LULUCF + waste + agriculture + energy + industry sectors) show smaller emissions than inversion priors or posteriors due to significant share of wetland emissions – this is expected due to large wetland area
- Natural emission prior includes pristine wetland emissions and other (considered as 'mineral') land fluxes. Those partly overlap with LULUCF areas.
- There is large variation in the natural emission priors from different ecosystem models and also in the different anthropogenic emission databases (EDGAR, TNO,...)
- Inversion tries to increase the emissions from smallest priors and decrease from the largest priors towards agreement with atmospheric data



# Methane emissions in Finland



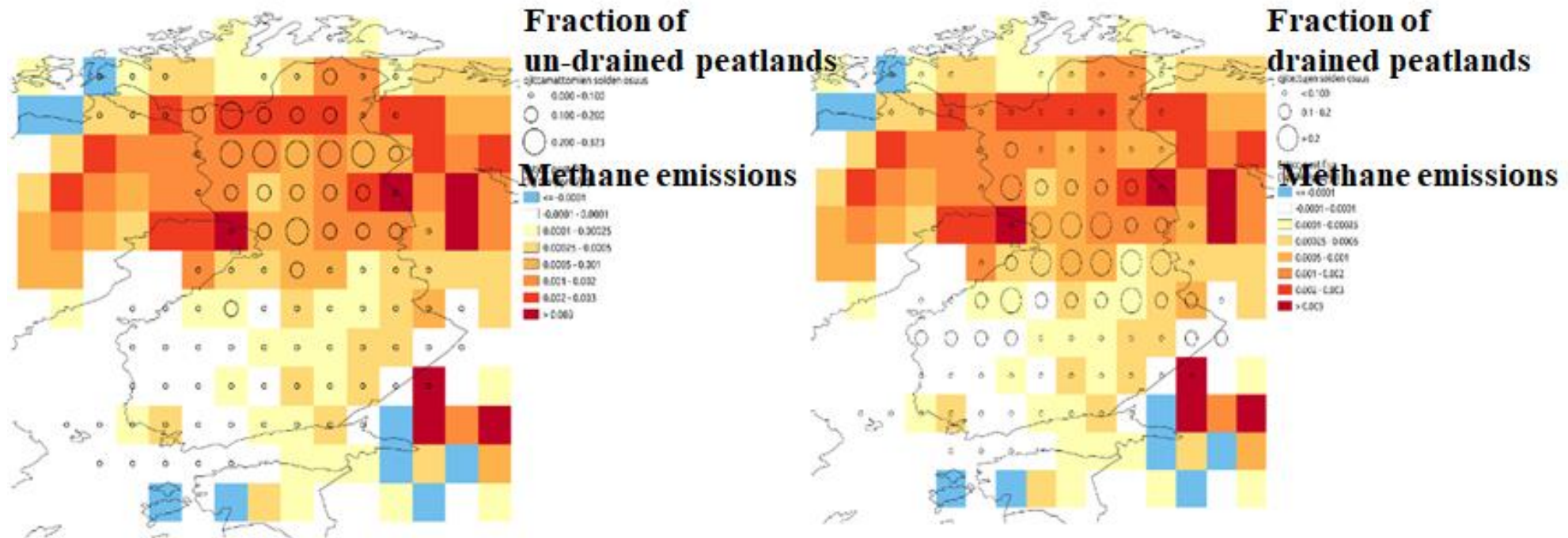
Note: National inventories do not include emissions from pristine soils (peat or mineral)

Note2: Ecosystem models do not estimate emissions from managed lands based on emission factors, but generalized process modeling



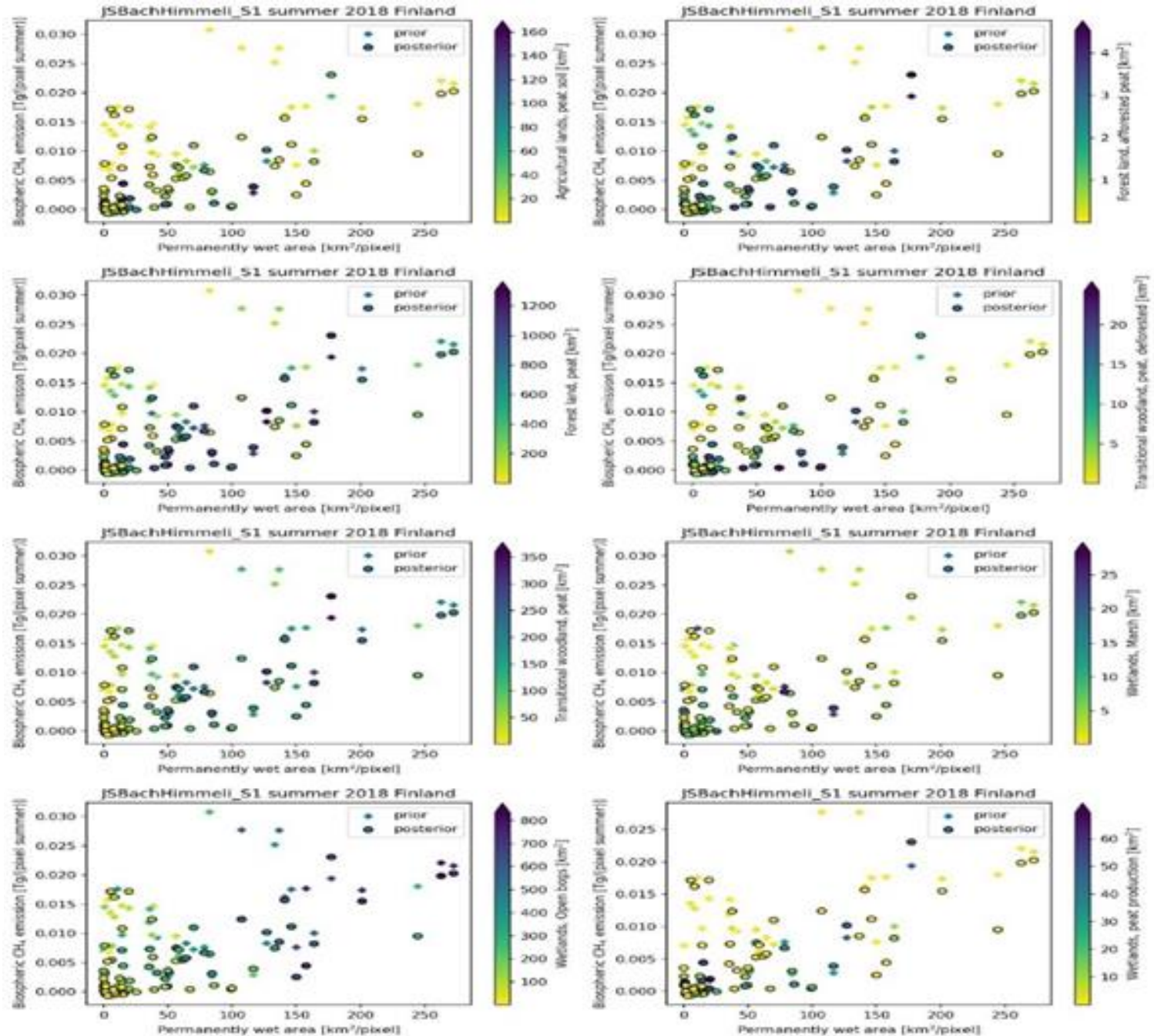
# Natural methane emissions by CTE – CH<sub>4</sub> inversions

- Natural emissions are largest in the northern parts of the country, corresponding to distribution of un-drained peatlands



# Natural methane emissions, Copernicus WAW permanently wet area and Corine land use

- CTE-CH4 posterior emissions are well correlated with wet area and open bog land use class
- Correlation improves from prior to posterior



# Conclusions

- Inversions show consistent results with national inventories, but the common understanding of the emission categories needs to be further developed
- Inversions suggest to decrease the largest anthropogenic and natural emission estimates for Finland but also increase the smallest. The largest total prior emissions over three times higher than smallest.
- Copernicus WAW data was able to identify the wet, methane emitting land areas matching with the posterior inversion estimates.
- The highest emissions occurred in the regions where the open bog area was largest, possibly with co-location of transitional woodland and forest land on peat soil.
- With current resolution it is challenging to detect from inversion estimates the different land uses and land use changes, but results are promising for the most significant emission categories especially when multiple data sets and approaches are used together



# Data in the FMI classes from SYKE

## FMI-classes

1. Settlement
2. Agricultural lands
3. Forest land, mineral soil
4. Forest land, peat
5. Forest land, afforested mineral soil
6. Forest land, afforested peat
7. Transitional woodland (tree crown cover 10-30%), mineral soil
8. Transitional woodland, peat
9. Transitional woodland, deforested
10. Transitional woodland, deforested
11. Open mineral soil (tree crown cover < 10%)
12. Wetlands, Marsh
13. Wetlands, Open bogs
14. Wetlands, peat production
15. Water (sea, lake, river)

## Data to FMI

- proportions of classes in 1 km grid
- clustering of 1 km proportions
- proportions of classes in 10 km grid
  - separate datasets for Europe and Finland

## Created datasets based on:

- European Corine land cover 2018, 2012 & 2006
- European Corine land cover 2018, 2012 & 2006 and European peatland map
- S2GLC & HRL Imperviousness + Forest (Finland only!)
- Finnish national Corine Land Cover 2018, 2012, 2006 (Finland only!)