



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilman laadun ja kasvihuonekaasujen havainnointi satelliiteilla – mahdollisuudet arktisen alueen havainnointiin

Johanna Tamminen, Iolanda Ialongo,
Anu-Maija Sundström, Hanna-Kaisa Lindqvist,
Ella Kivimäki, Janne Hakkarainen, Seppo Hassinen

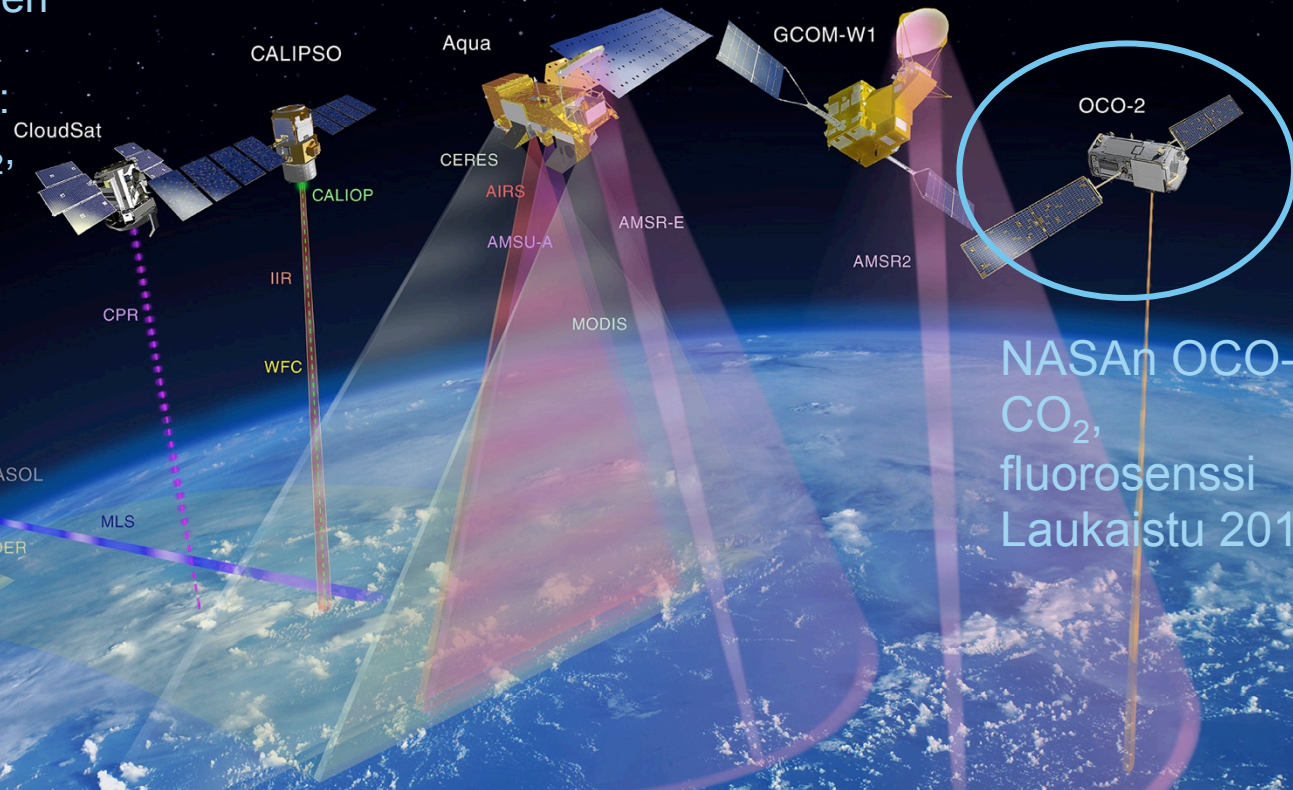
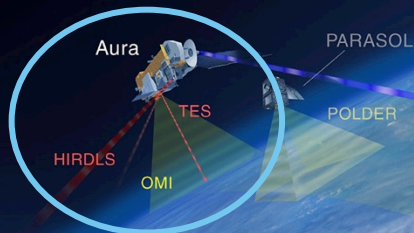
Ilmatieteen laitos





Kansainvälinen A-train/A-juna satelliittikonstellaatio 700 km korkeudessa

Hollantilais-suomalainen
OMI mittalaite NASAn
EOS-Aura satelliitissa:
EOS-Aura satelliitissa:
Ilman-laatu (NO₂, SO₂,
HCHO), O₃,
UV-säteily.
Laukaistu 2004

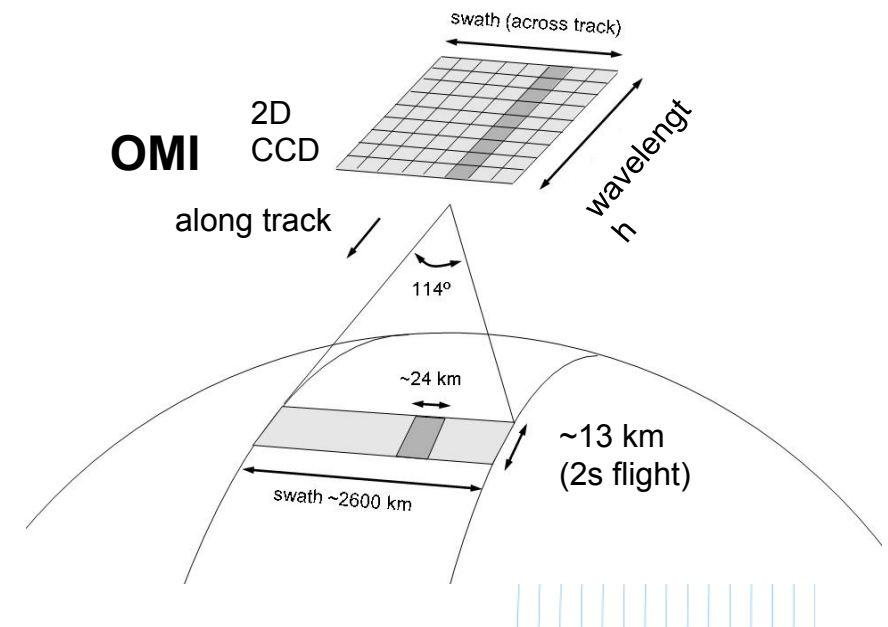
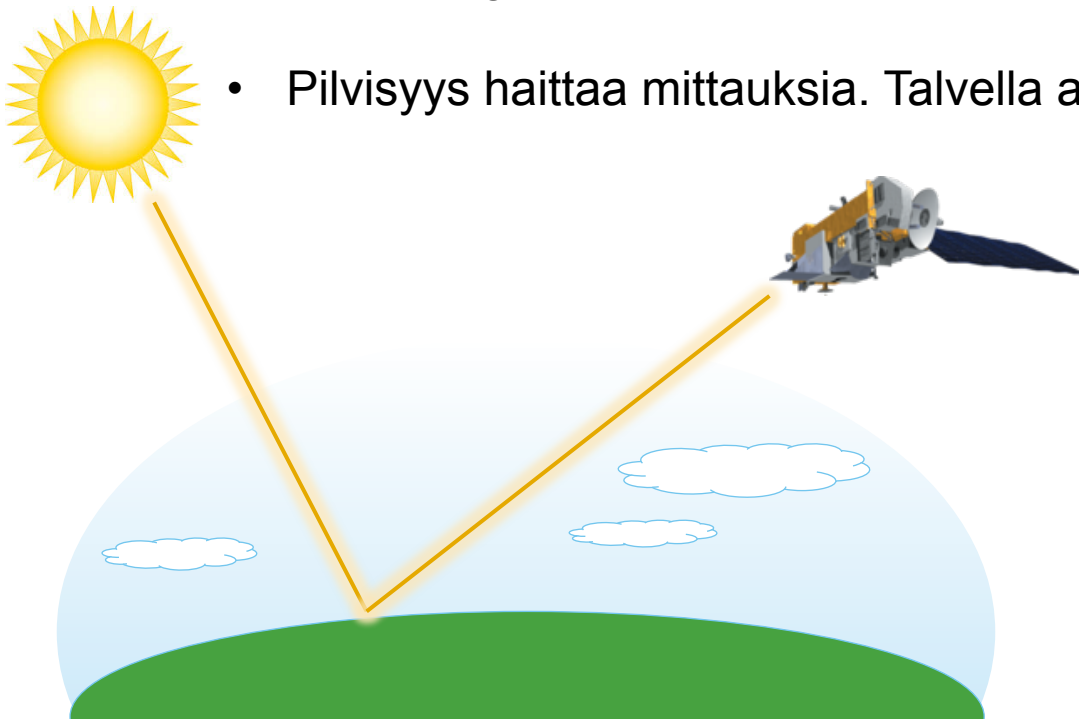


NASAn OCO-2:
CO₂,
fluorosenssi
Laukaistu 2014



Satelliitti mittaa maanpinnasta sironnutta auringon valoa

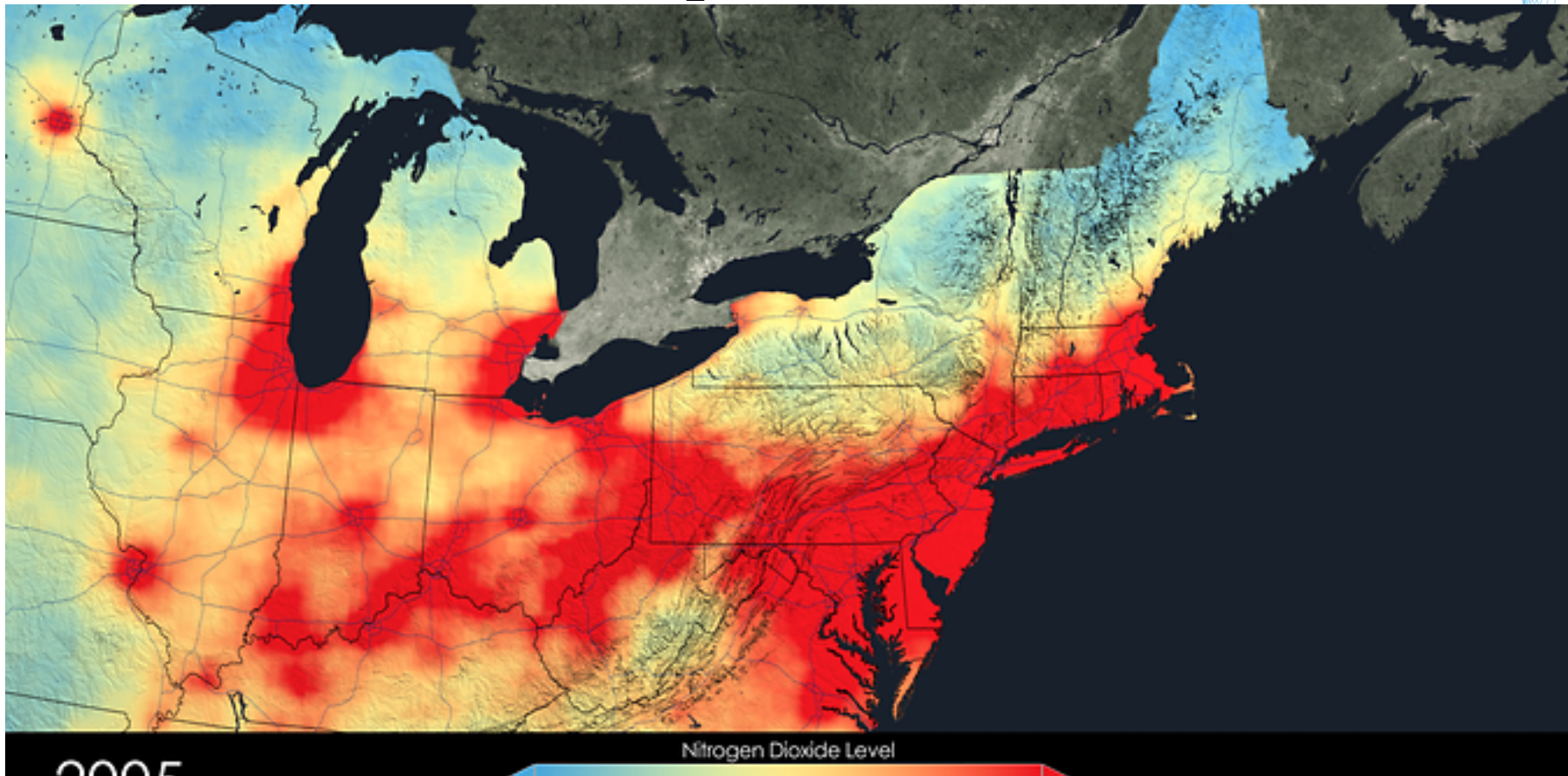
- Eri kaasut ja aerosolit jättävät mitattuun spektriin sormenjälkensä josta lasketaan niiden pitoisuus ilmakehän kerroksessa.
- OMI - päivittäinen globaali kattavuus (parhaimmillaan 24x13 km resolutio)
- OCO-2 - globaali kattavuus reilussa kahdessa viikossa (1x2 km resolutio)
- Pilvisyys haittaa mittauksia. Talvella aurinko on matalalla mikä haasteellista





Satelliittihavainnoista nähdään kuinka päästörajoitukset toimivat

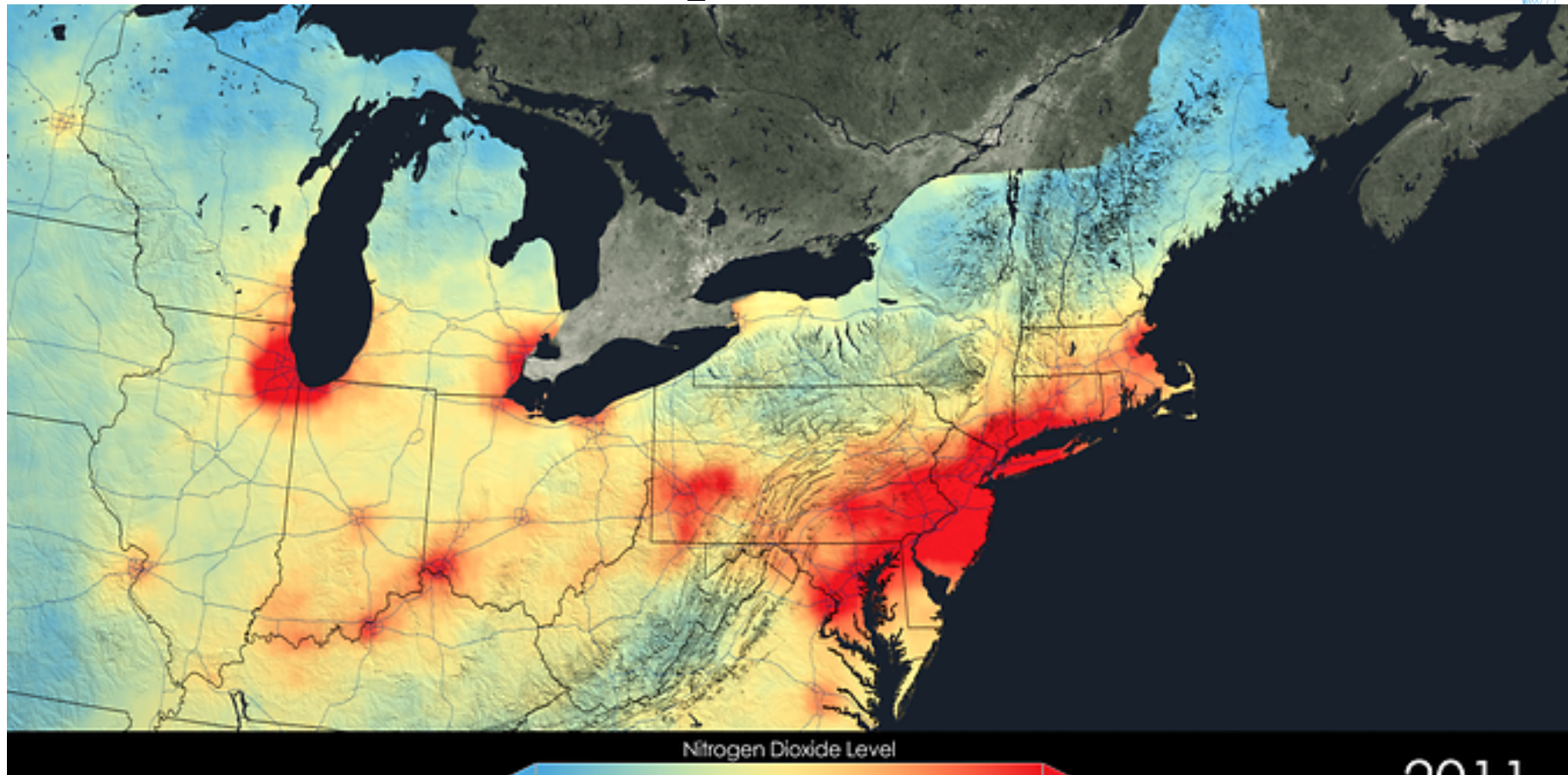
OMI NO₂ mittaukset 2005





Satelliittihavainnoista nähdään kuinka päästörajoitukset toimivat

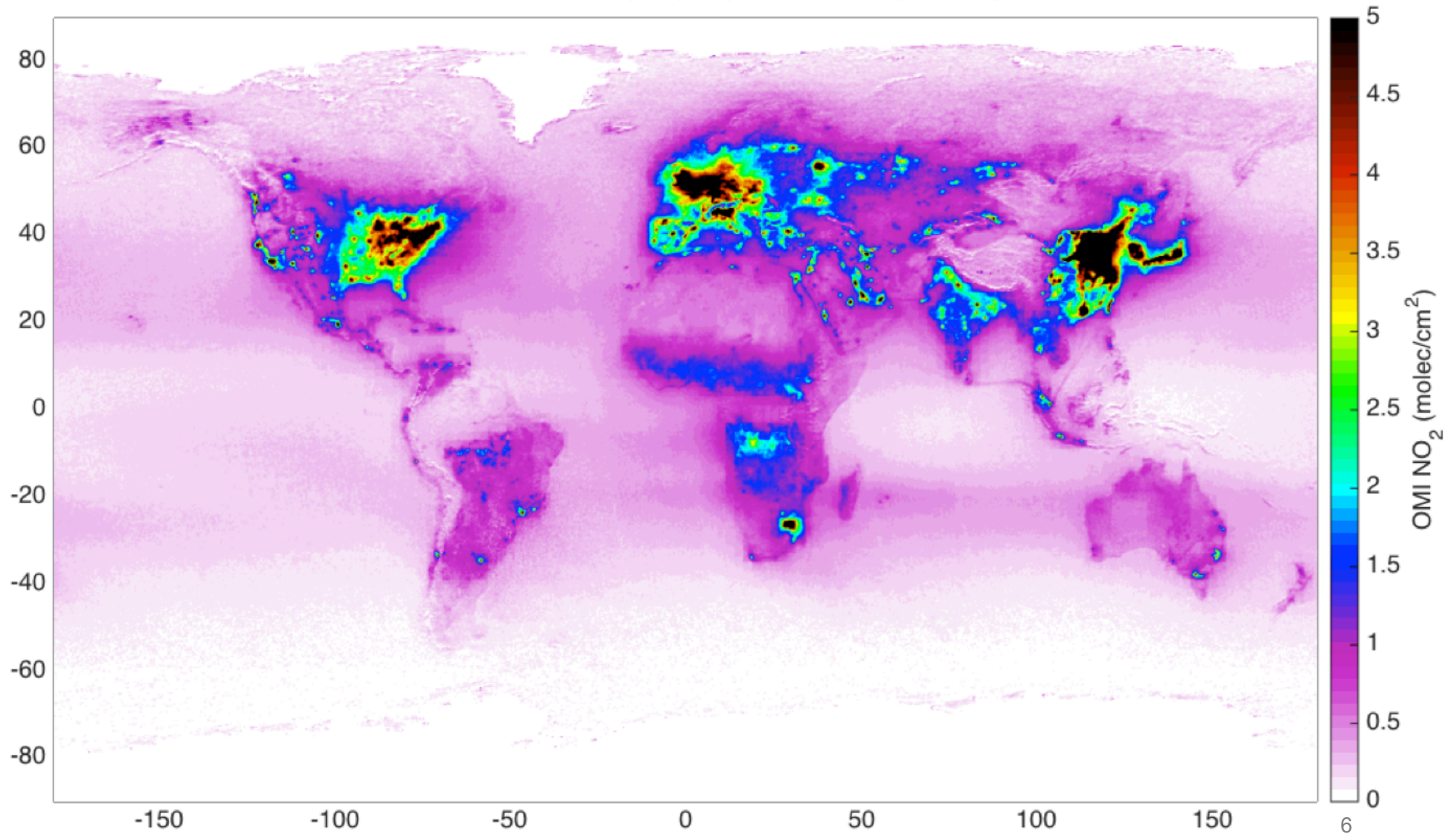
OMI NO₂ mittaukset 2011





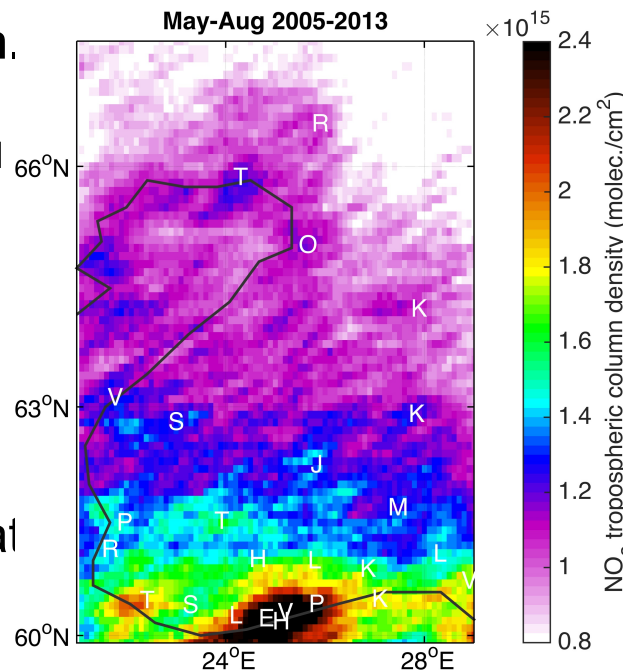
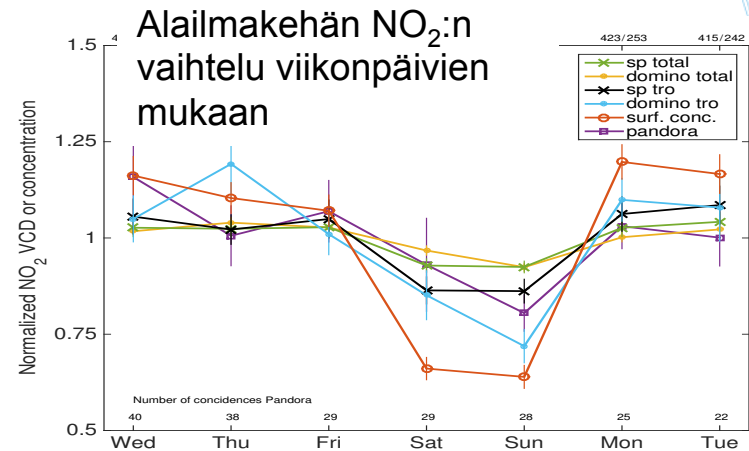
ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

OMI NO₂ havainnot globaalisti 2005 - 2015

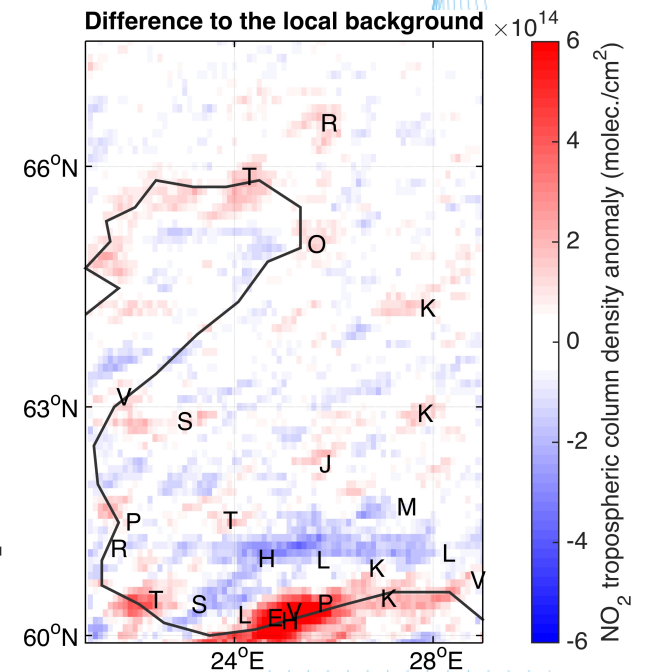


Ilman laatu Suomessa

- **Satelliittidata soveltuu hyvin trendien, muutosten ja maantieteellisten jakaumien havaitsemiseen.**
- OMI NO₂ havaintoja verrattu maanpinta-mittauksiin Helsingissä ja nähdään niiden havaitsevan samanlaisen viikkosyklin.
- Havainnot skaalattuna lokaalilla taustalla paljastavat alueelliset lähteet jotka yhteensopivia päästöinventarioiden kanssa.



OMI NO₂ havainnot alailmakehässä kun tuulen nopeus on alle 5 m/s. Etelä-Suomi erottuu selvästi.

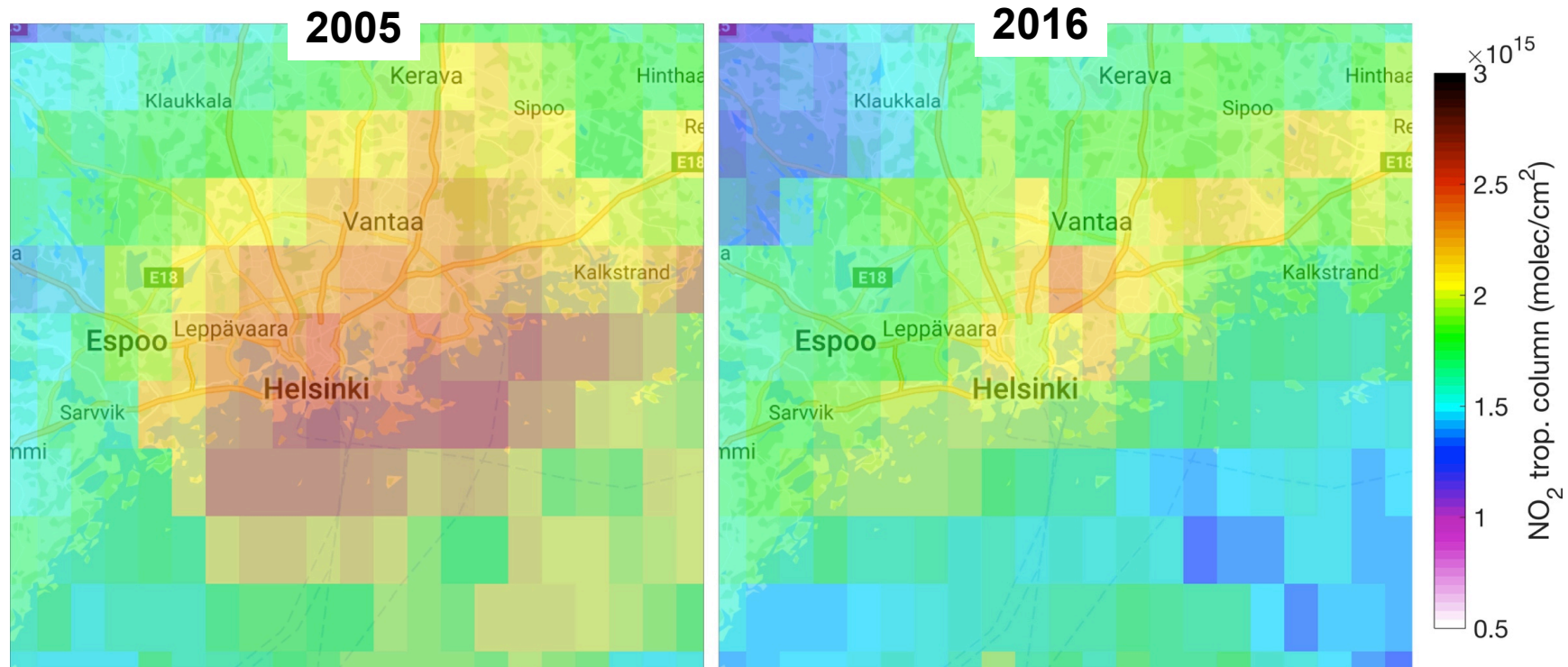


OMI NO₂ verrattuna lokaaliin taustasignaaliin paljastaa alueelliset lähteet.

Satelliittihavaintojen hyödyntäminen kaupunkien ilmalaadun raportoinnissa

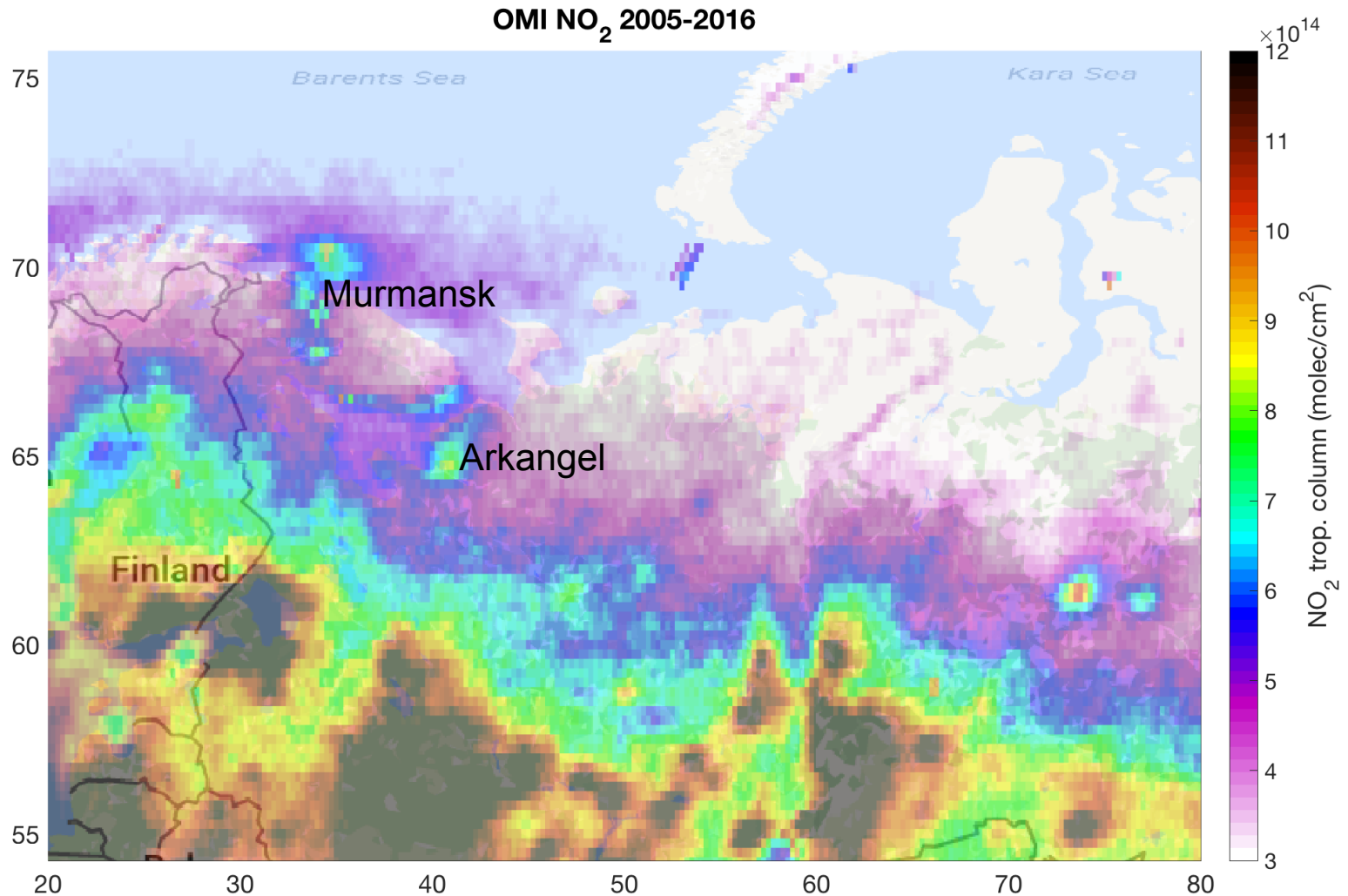
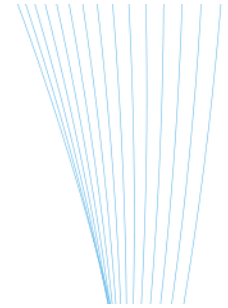
HSY:n vuosiraportti 2016

Helsingin ilmanlaatu on parantunut 12 viime vuoden aikana mikä näkyy OMI mittauksissa





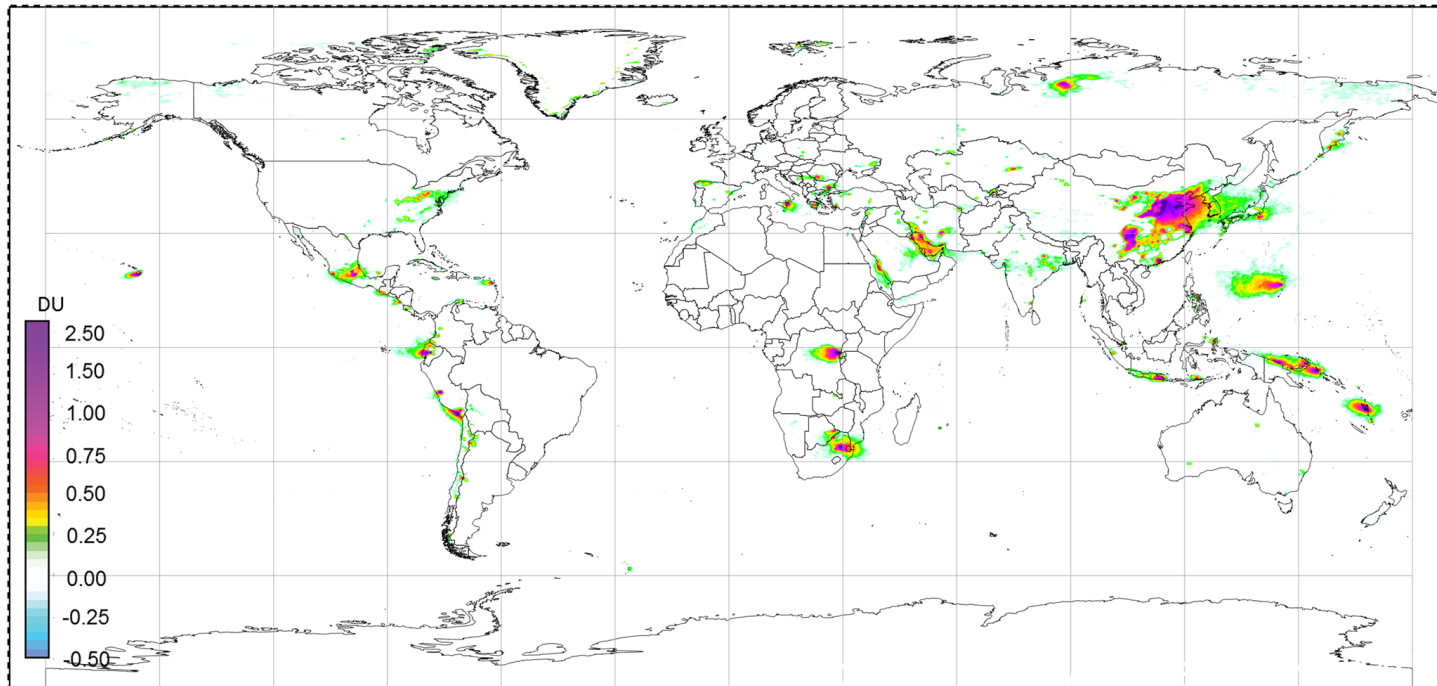
OMI NO₂ Arktisella alueella





OMI:n rikkidioksidihavainnot 2005 - 2014

OMIn rikkidioksidihavainnot (DU) globaalisti. Keskiarvo 2005-07

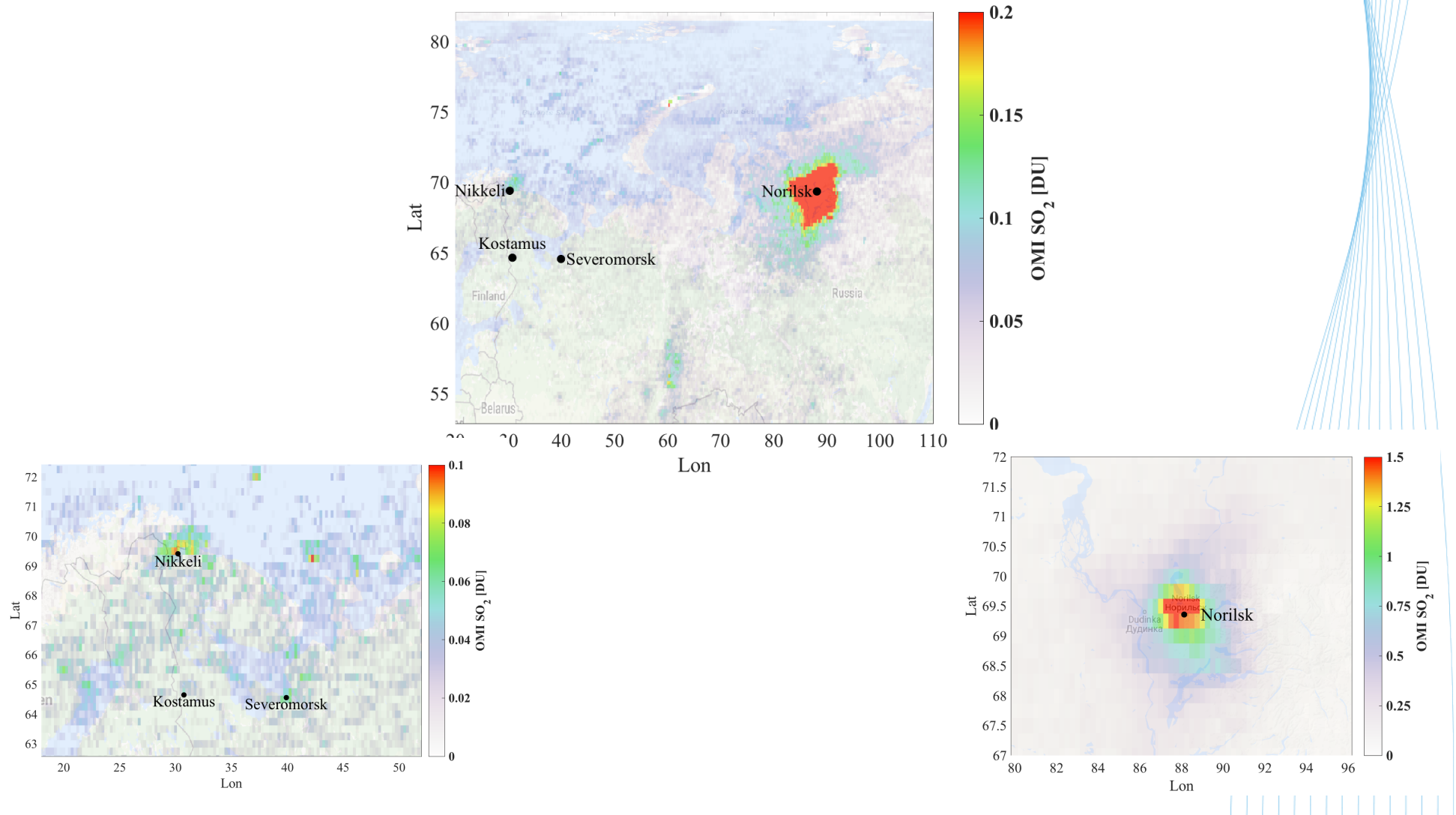


From Fioletov et al, **A global catalogue of large SO₂ sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument**, *Atm. Chem. Phys.*, 2016



Venäjän sulattamot

Alailmakehän rikkidioksidi 2005 - 2016



Satelliittihavainnot cleentecin tukena: Kuparisulattamon päästöt Tsumebissa, Namibiassa



HS 11.5. 2017

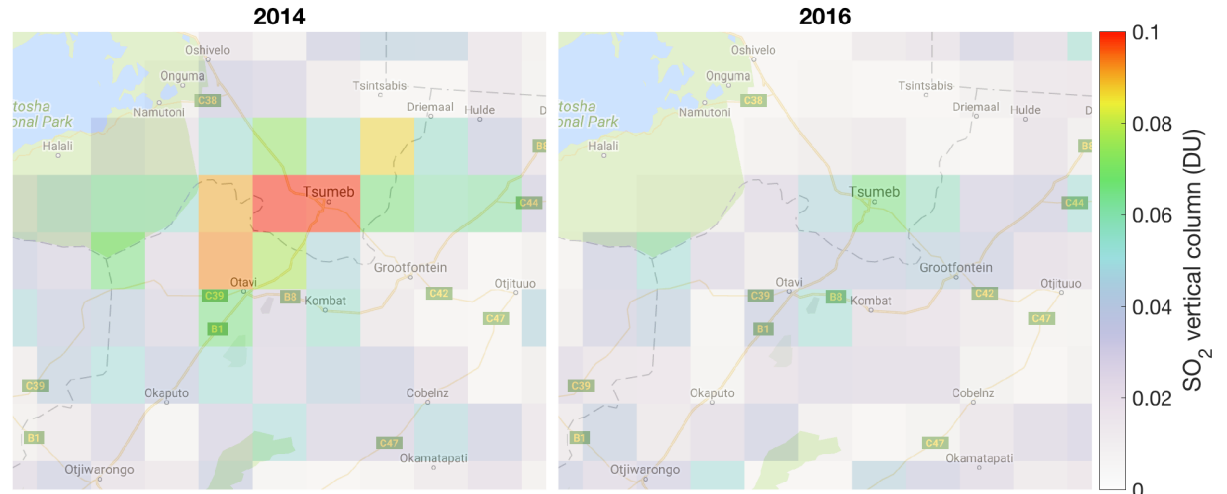
Talous

Afrikassa aukeavat miljardimarkkinat puhtaalle teknologialle – suomalaisen Outotecin tehdas teki namibialaisen pikkukaupungin ilmasta helpompaa hengittää

Maailmanpankin arvion mukaan Saharan eteläpuolinen Afrika investoi lähivuosina yli 800 miljardia puhtaaseen teknologiaan. Suomalaisillakin yrityksillä on mahdollisuus saada siivu bisneksestä.

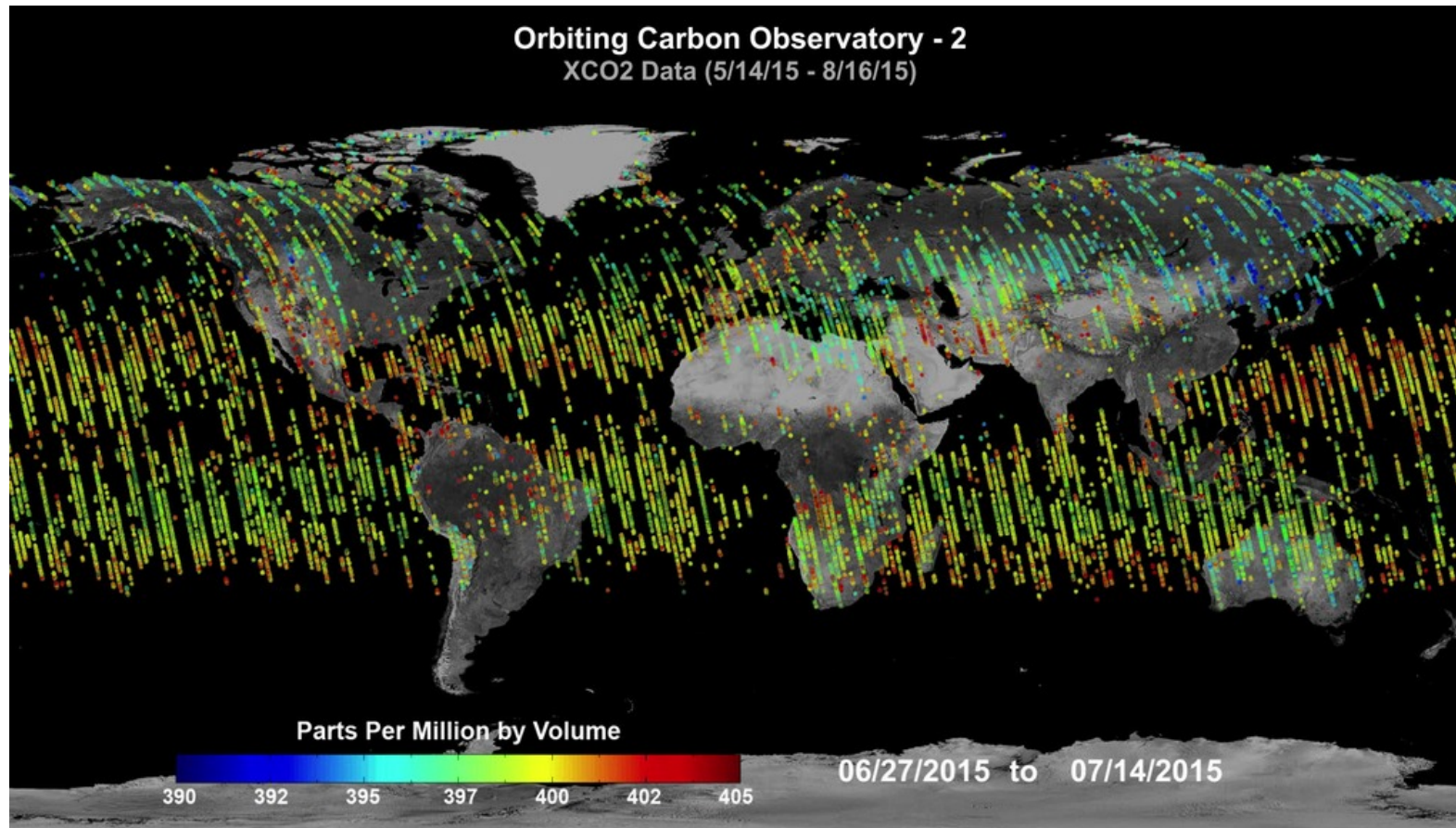


Outotecin toimittama kaasunpuhdistusjärjestelmä ja rikkihappotehdas käsittelee kuparisulaton poistokaasut rikkihappoksi Tsumebin pikkukaupungissa Namibiassa. (KUVA: TIJU KAITALO)



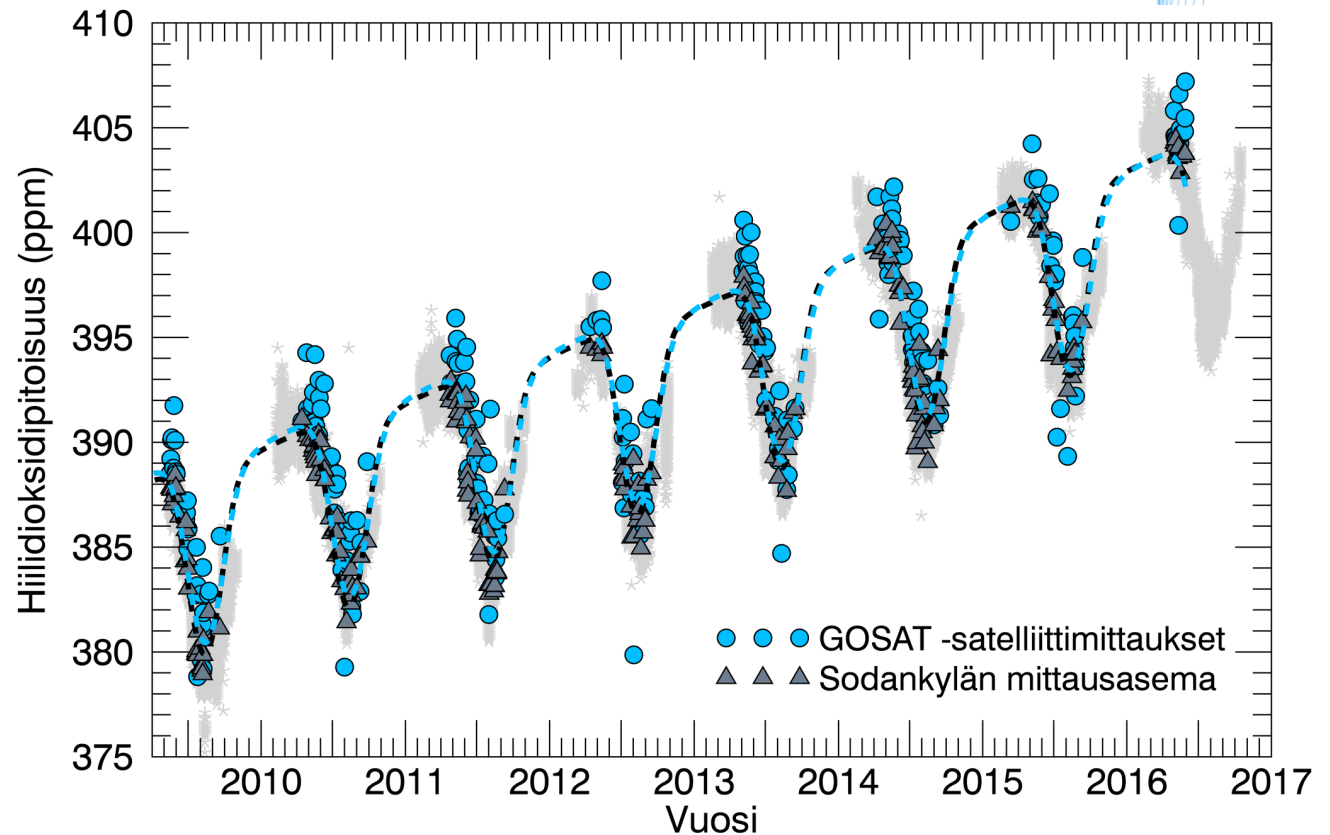


NASAn OCO-2 mittaa hiilidioksidipitoisuutta



Hiilidioksidin havaitseminen Japanilaisella GOSAT satelliitilla

- Hyvä yhteensopivuus päiväkeskiarvojen satelliitti- ja maanpintamittauksissa
- Akasarja-analyysin perusteella vuodenaikaisvaihtelun amplitudi vastaa hyvin maanpintamittauksia, samoin vaihe ja trendi.
- **CO₂ satelliittidata luotettavaa arktisellakin alueella**



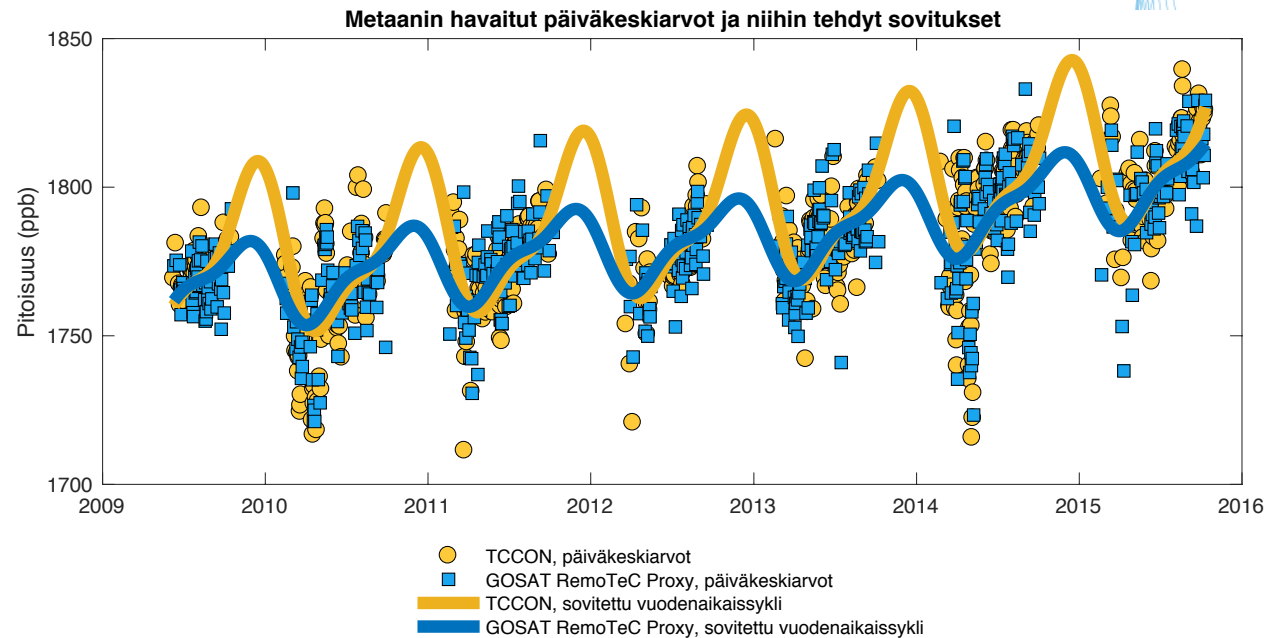
TCCON: kasvu (2.214 ± 0.031) ppm/vuosi, amplitudi (9.073 ± 0.433) ppm

GOSAT: kasvu (2.168 ± 0.033) ppm/vuosi, amplitudi (8.863 ± 0.372) ppm



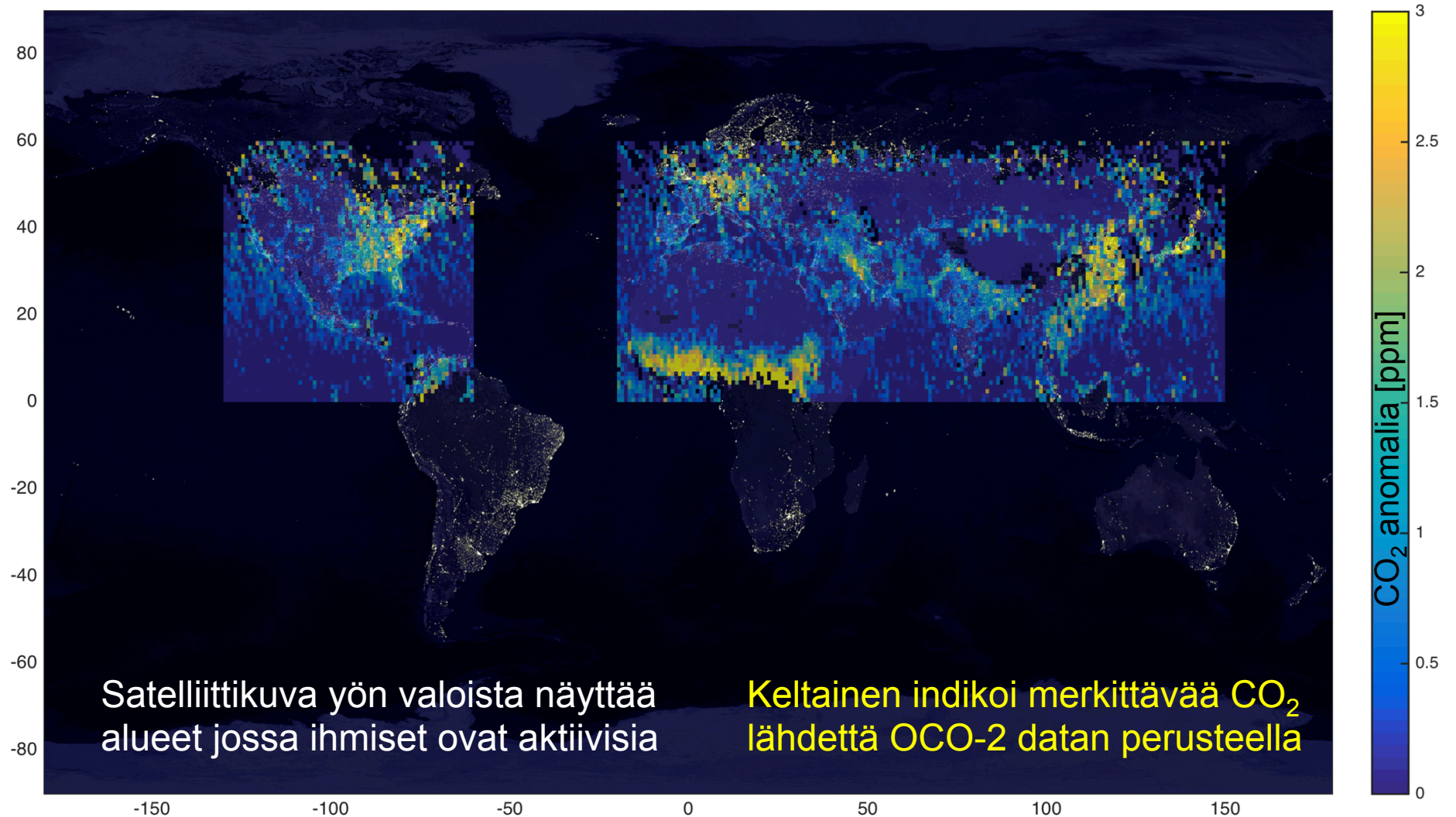
Metaanin havainnointi GOSAT satelliiteilla

- Hyvä yhteensopivuus päiväkeskiarvojen satelliitti- ja maanpintamittauksissa.
- Aikasarja-analyysi paljastaa että metaanin monimutkaisempi vuodenaikaisvaihtelu kärsii mittausten puuttumisesta talvisaikaan.
- **CH₄ satelliittidata on luotettavaa arktisella alueella mutta puuttuva data hankaloittaa analyysiä.**





Ensimmäinen satelliittidataan perustuva analyysi hiilidioksidilähteiden maantieteellisistä jakaumista



Hakkarainen et. al, Geophysical Research Letters, 2016,



Yheen veto

- Satelliiteilla voidaan havainta globaalisti ilman laatuun vaikuttavia kaasuja, mm. typpidioksidia ja rikkidioksidia. Kasvihuonekaasujen havainnointi satelliiteilla on myös kehittymässä.
- Havainnot ovat luotettavia myös arktisella alueella vaikka tarkka analysointi edellyttää usein keskiarvoistamista. Talvi ja pilvinen sää haasteellisia.
- Satelliittihavainnot sopivat hyvin trendien, muutoksien, maantieteellisten jakaumien ja kulkeutumisen analysointiin.
- Riippumattomilla ja globaaleilla satelliiteilla voidaan tukea ilmansuojelun tavoitteita ja mm. havaita puutteita päästöraportoinneissa.
- Euroopan avaruusjärjestön ja Hollannin yhdessä rakentama TROPOMI satelliittimittalaite laukaistaan syksyllä (entistä parempi erottelukyky ja mittaustarkkuus, NO₂, SO₂, CH₄, ...)
- Ilmatieteen laitoksella on käynnissä Suomen Akatemian rahoittama ILMAPilot hanke (vetäjänä Iolanda Ialongo) jonka tavoitteena on tukea yrityksiä ja viranomaisia satelliittidatan käyttämisessä - **Olkaa yhteydessä, kerromme mielellämme lisää!**





ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

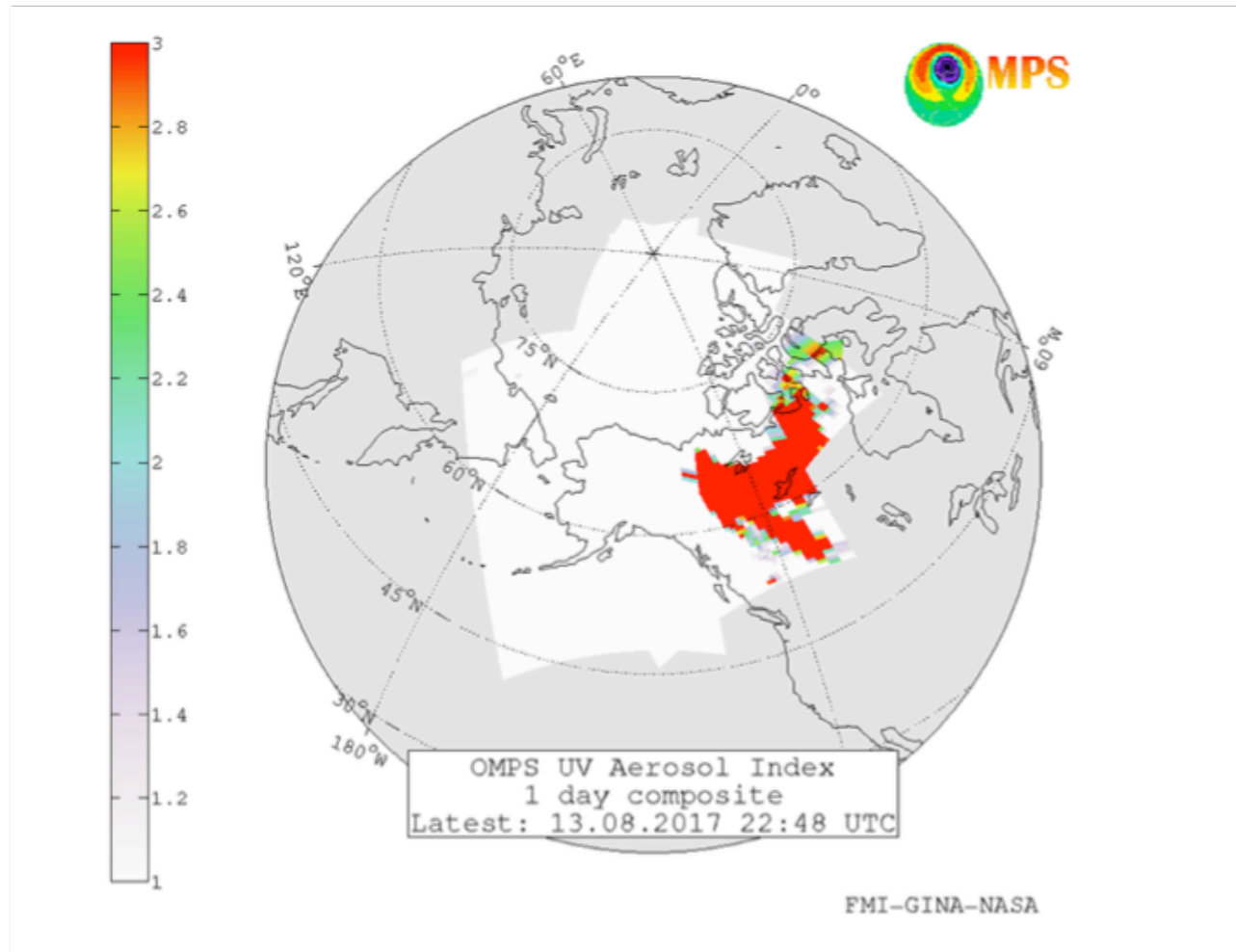
Kiitos!

johanna.tamminen@fmi.fi
iolanda.ialongo@fmi.fi

WWW.FMI.FI



Metsäpalot Kanadan Luoteisterritorioissa 13.8.2017





OMI havainnot laivareittien typpidioksidipäästöistä

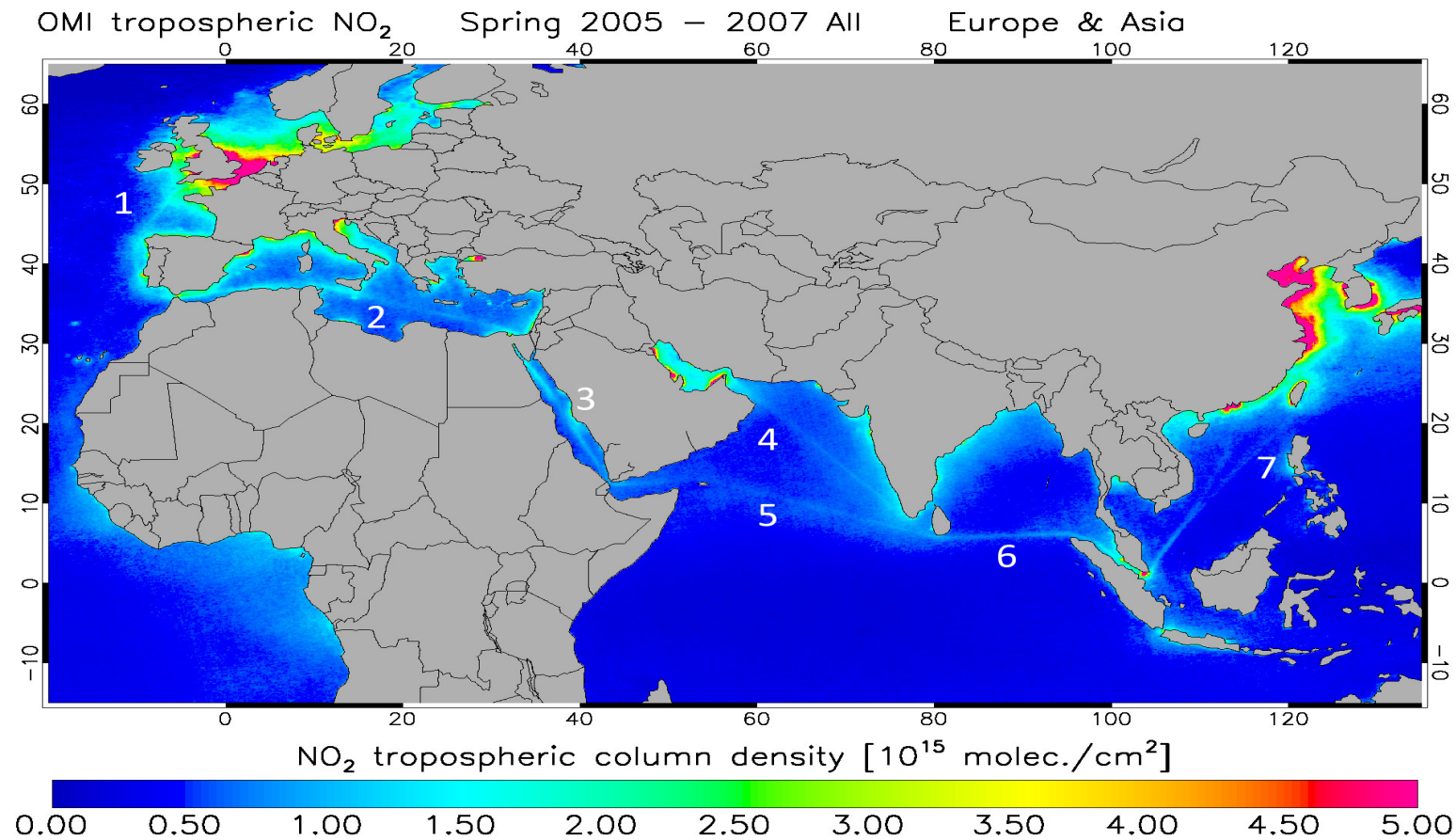
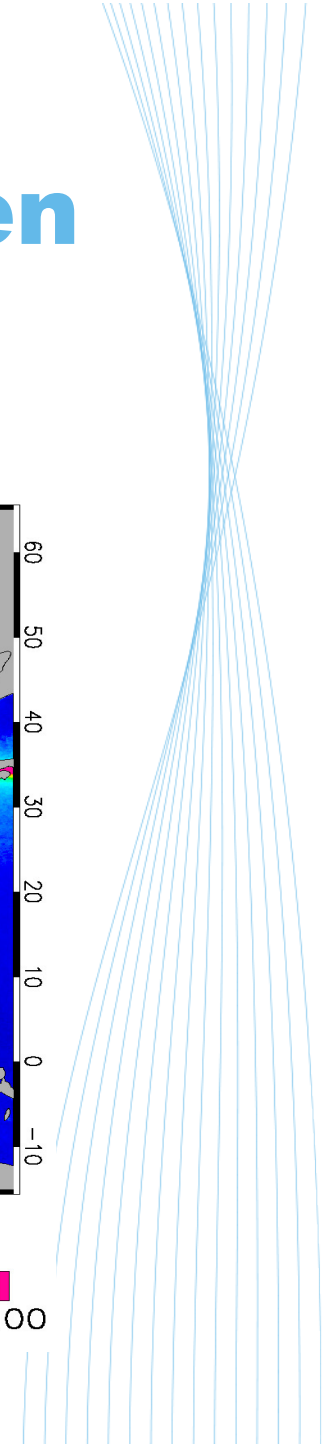
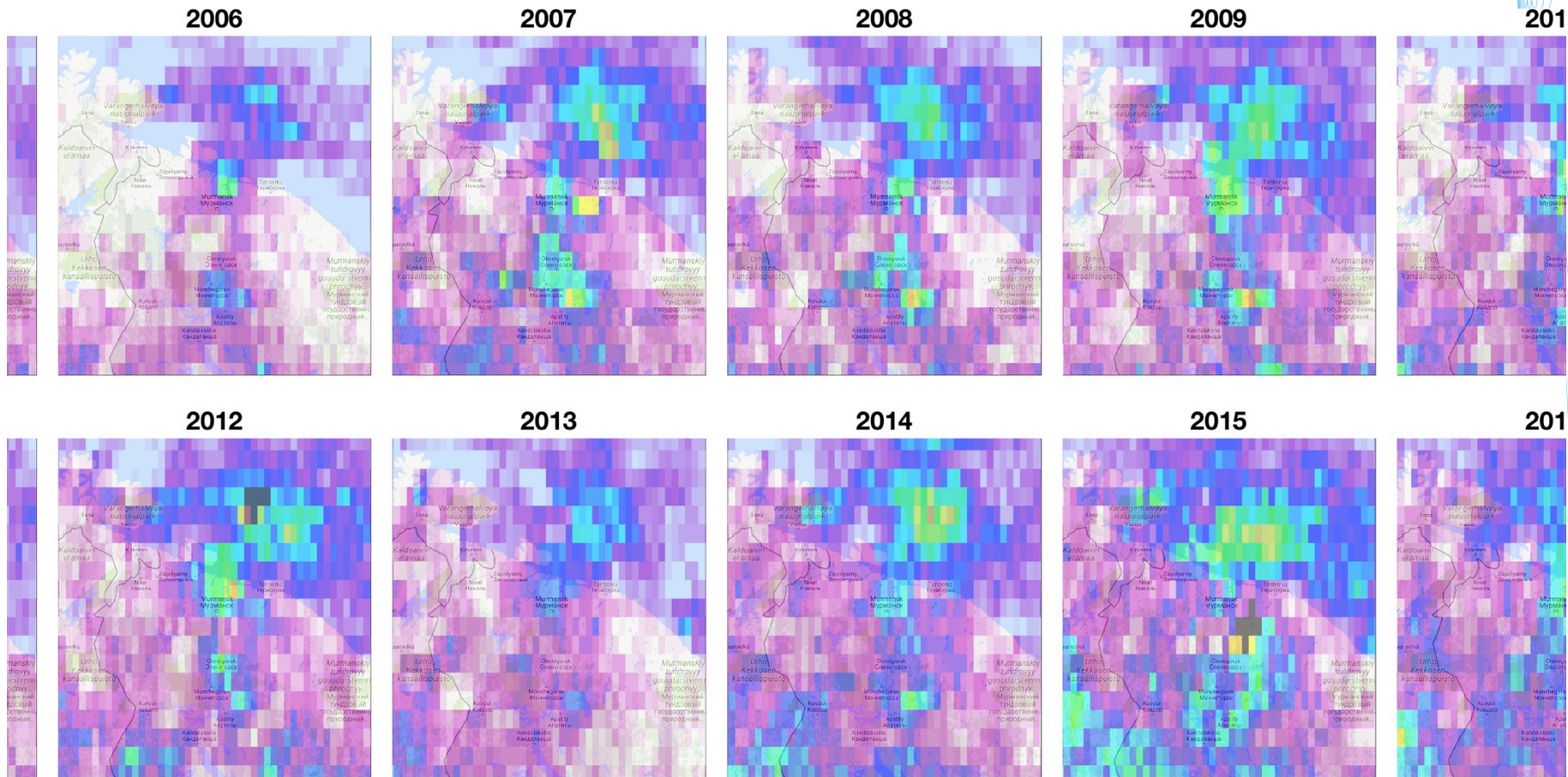


Figure courtesy F. Boersma, KNMI





Aikasarja Murmanskista – alailmakehän typpidioksidi





Satelliittihavainnoista lasketut SO₂ päästöt

