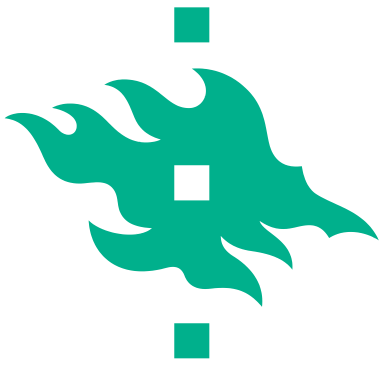


- **Pohjoisten metsien merkitys ilmastomuutokselle**
 - **biogeokemialliset ja biofysikaaliset palautemekanismit**

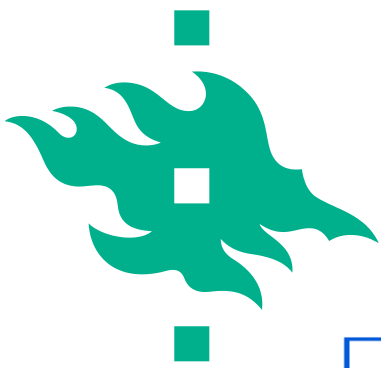
Jaana Bäck et al.,

Risto Makkonen, Ditte Mogensen, Annikki Mäkelä, Annalea Lohila, Timo Vesala, Eero Nikinmaa, Frank Berninger, Tuomo Kalliokoski, Tuukka Petäjä, Pauli Paasonen, Markku Kulmala and many others

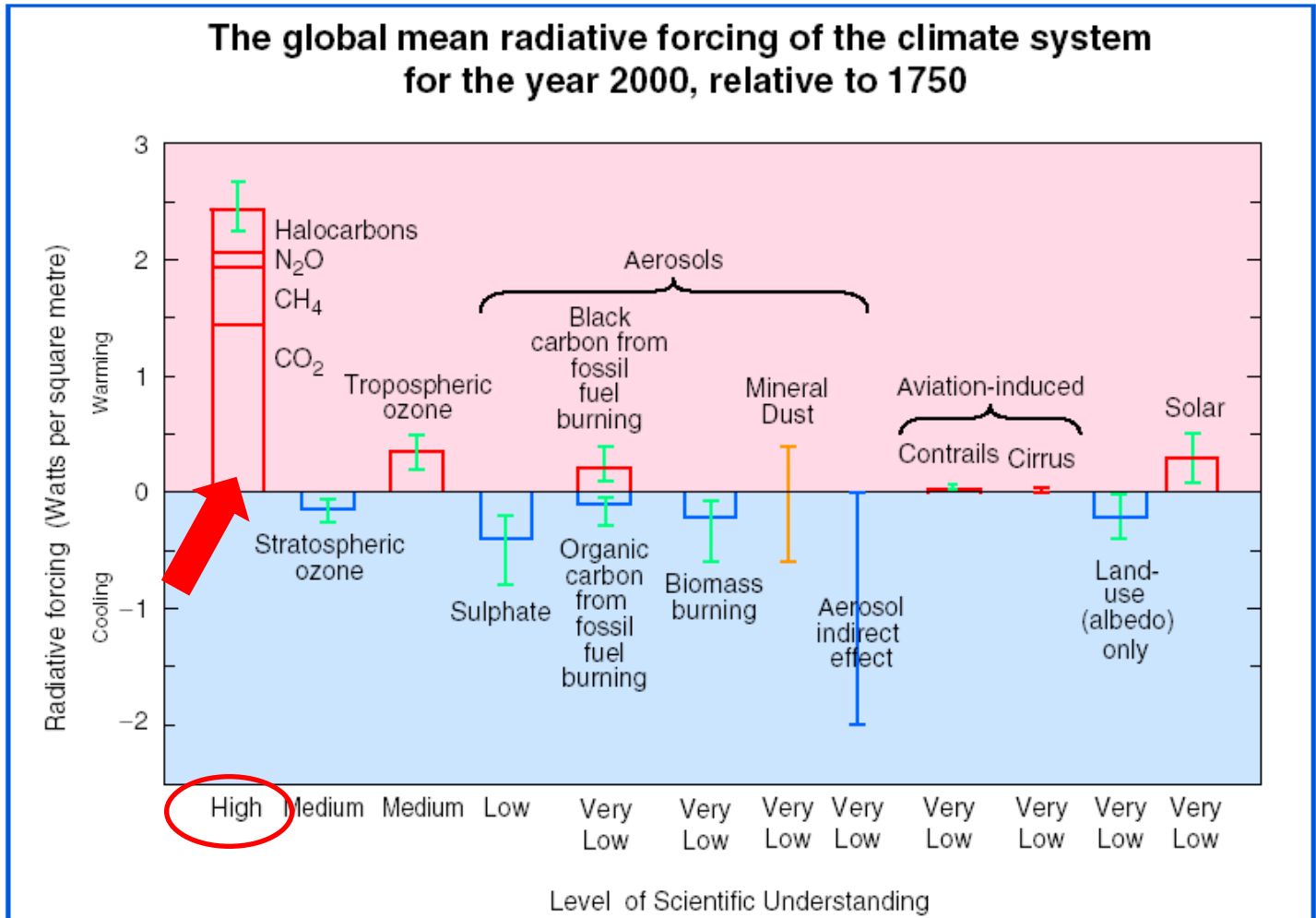


Sisältö

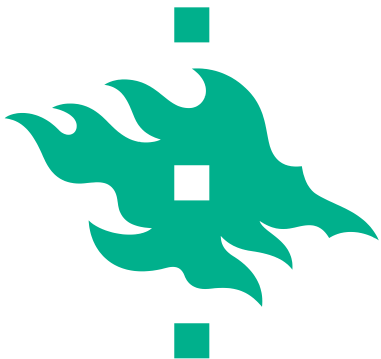
- Biogeokemialliset palautemekanismit
- Biofysikaaliset palautemekanismit
- Miten metsänhoitotoimet näkyvät palautteissa?



Biogeokemialliset ja biofysikaaliset palautejärjestelmät (1)



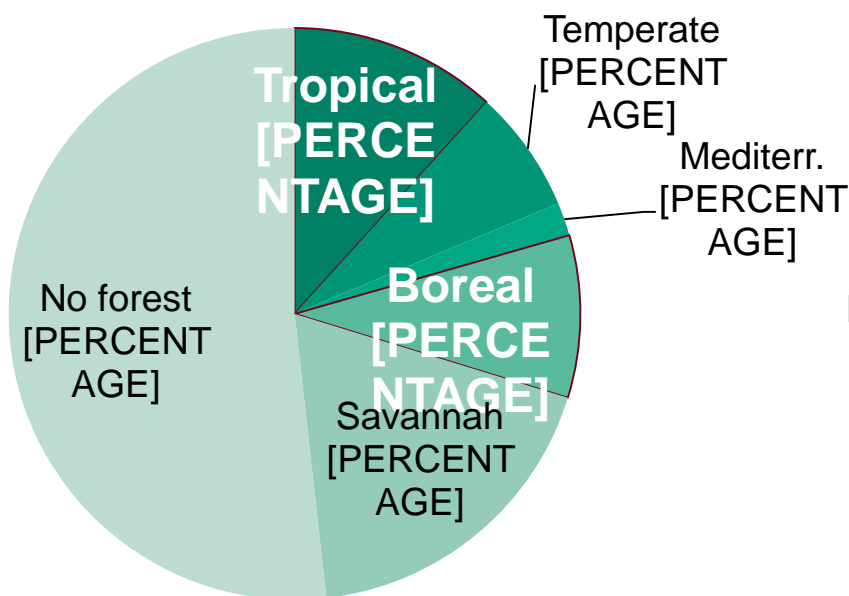
IPCC AR5



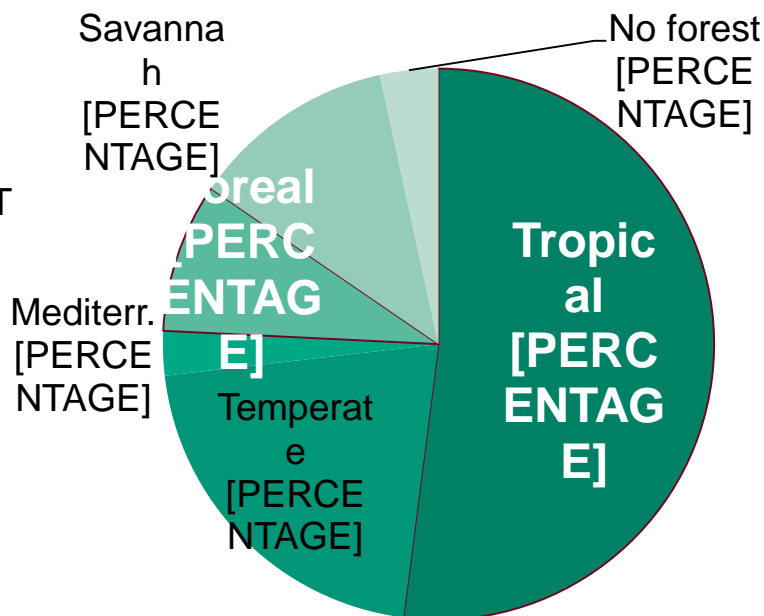
Ekosysteemien hiilivarastot: Boreaallinen << trooppinen

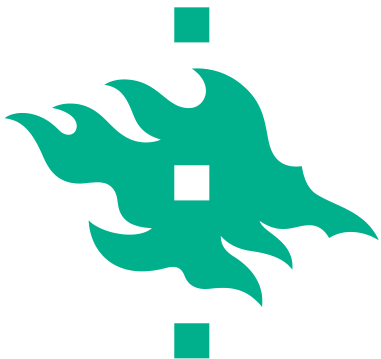
Maaekosysteemeissä on varastoituneena n. **2100 Gt C**, lähes **3 kertaa enemmän** kuin ilmakehässä

LAND AREA



CARBON STORAGE





Missä hiilivarastot sijaitsevat?

TROPICS: Most of the carbon is in **vegetation**, with biomass estimates of 170–250 t C ha⁻¹

Soil carbon pools 90-200 t C ha⁻¹

BOREAL: Plant biomass 60–100 t C ha⁻¹

Due to low temperatures, decomposition in boreal forests is slow → large accumulations of carbon in the **soil pool** (116–343 t C ha⁻¹)

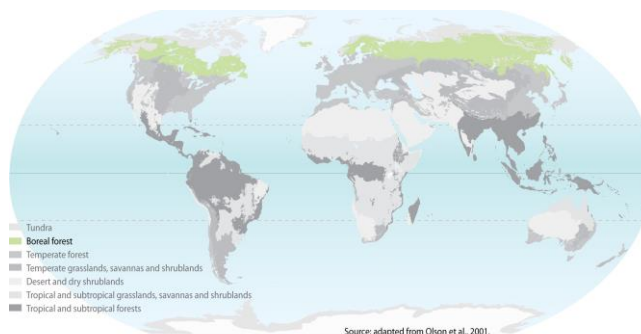
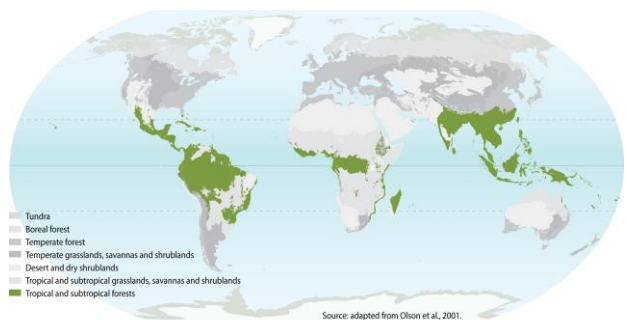
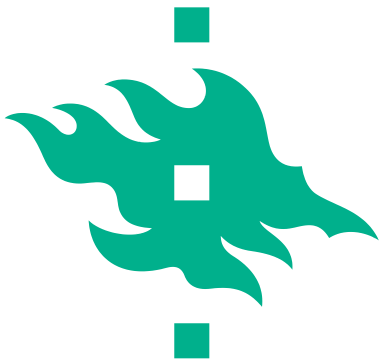
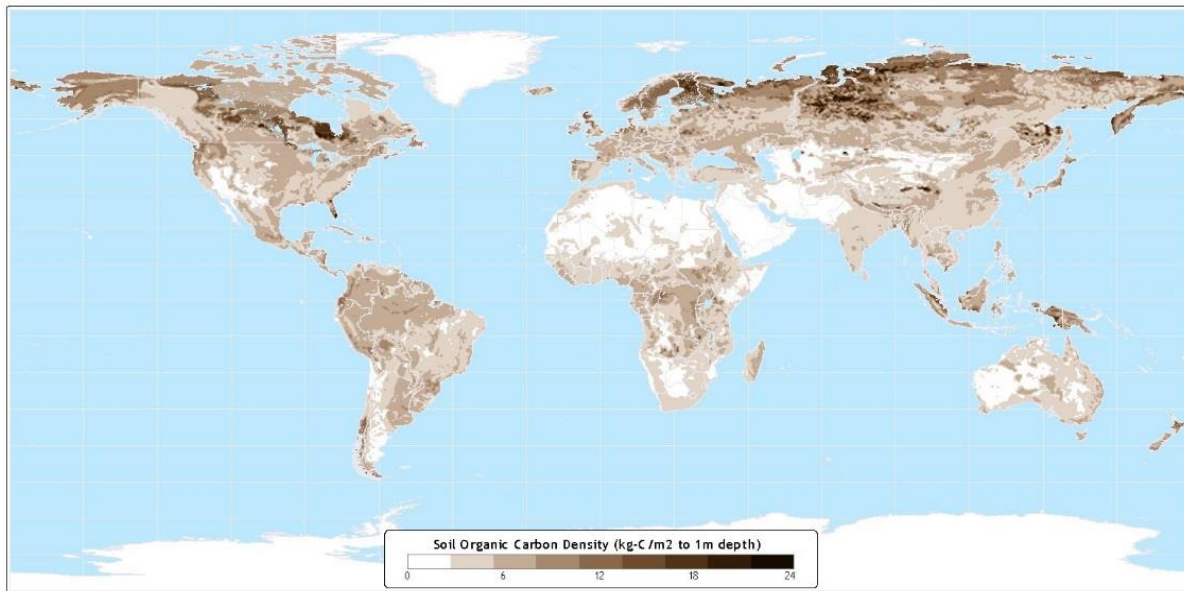


Photo: Sari Timonen



Hiili maaperässä

Soil Organic Carbon Density



Data taken from: IGBP-DIS Global Soils Dataset (1998)

Atlas of the Biosphere

Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

Carbon turnover time:

Boreal conifer forest zone

350 years

Temperate forests

5-20 years

Mediterranean forests

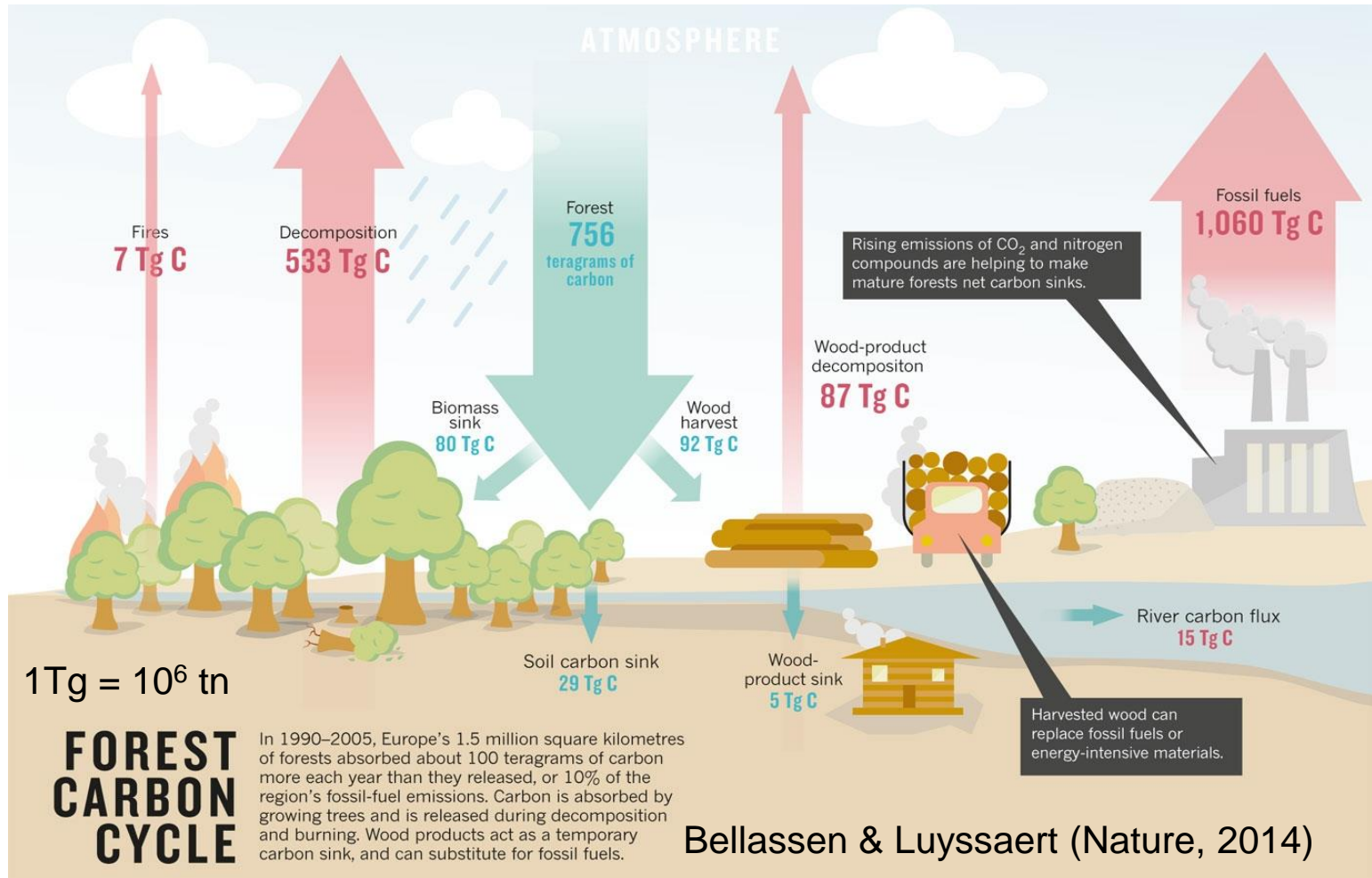
4 years

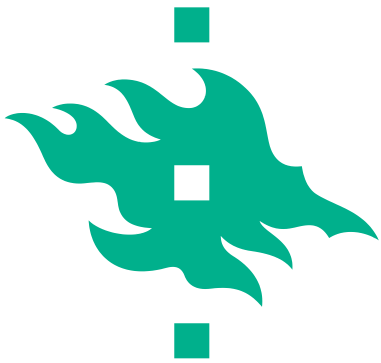
Tropical forests

0.4 years

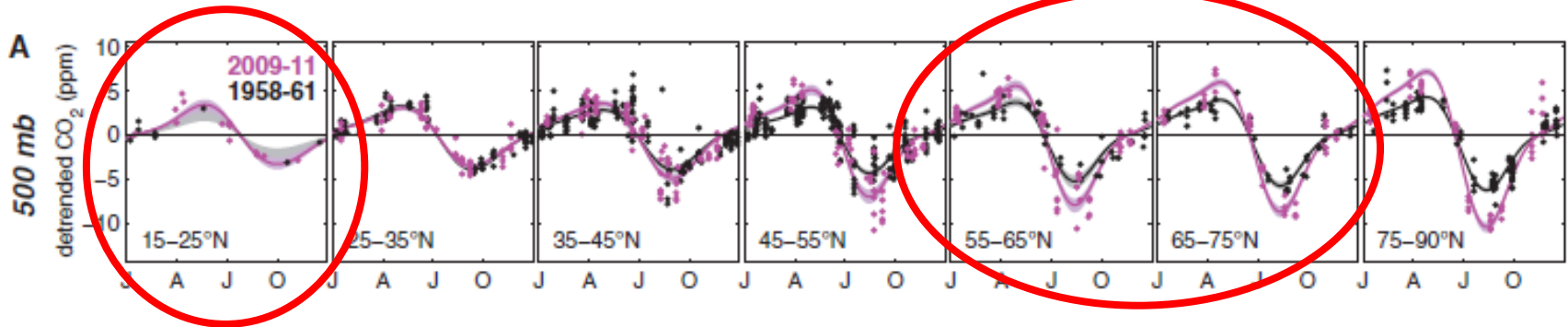


Euroopan metsien hiilivirrat

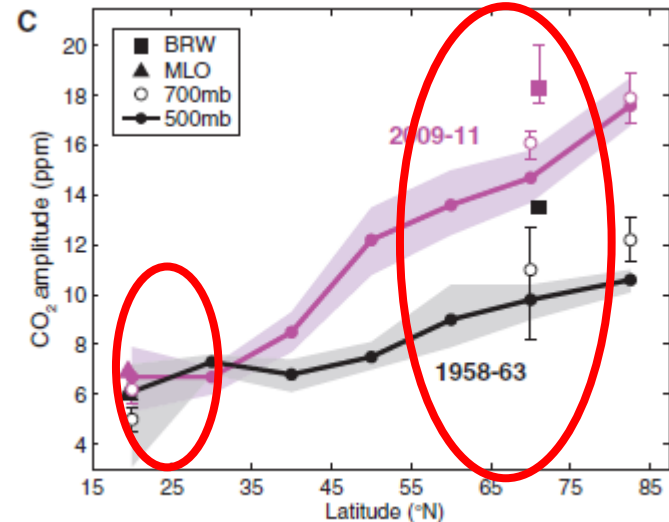


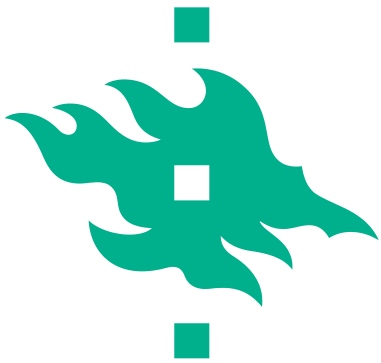


Hiilinielun muutokset: Boreaaliset metsät >> tropiikki



- Observed substantial increase of the seasonal cycle of CO₂ over the last 50 years indicates that the land uptake is changing in northern latitudes, especially in boreal forests



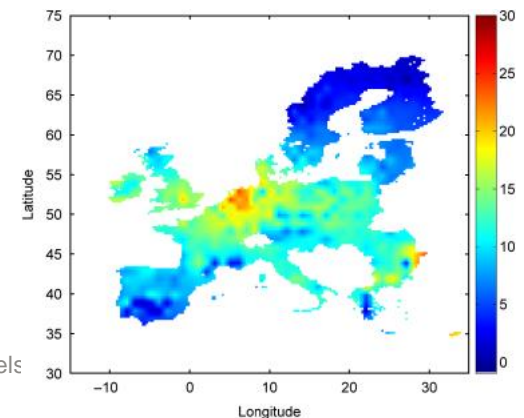


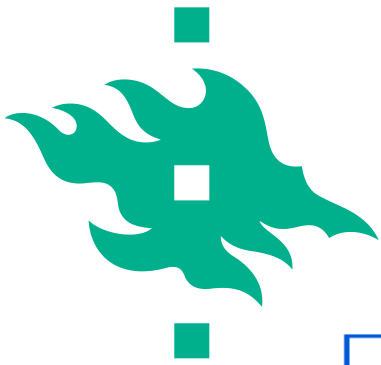
Pohjoisessa suuri muutos hiilen varastoissa ja sidonnassa ilmastonmuutoksen seurauksena

Table 4 Overview of expected effects of CO₂, temperature, precipitation, N-deposition and management on NBP and its component fluxes

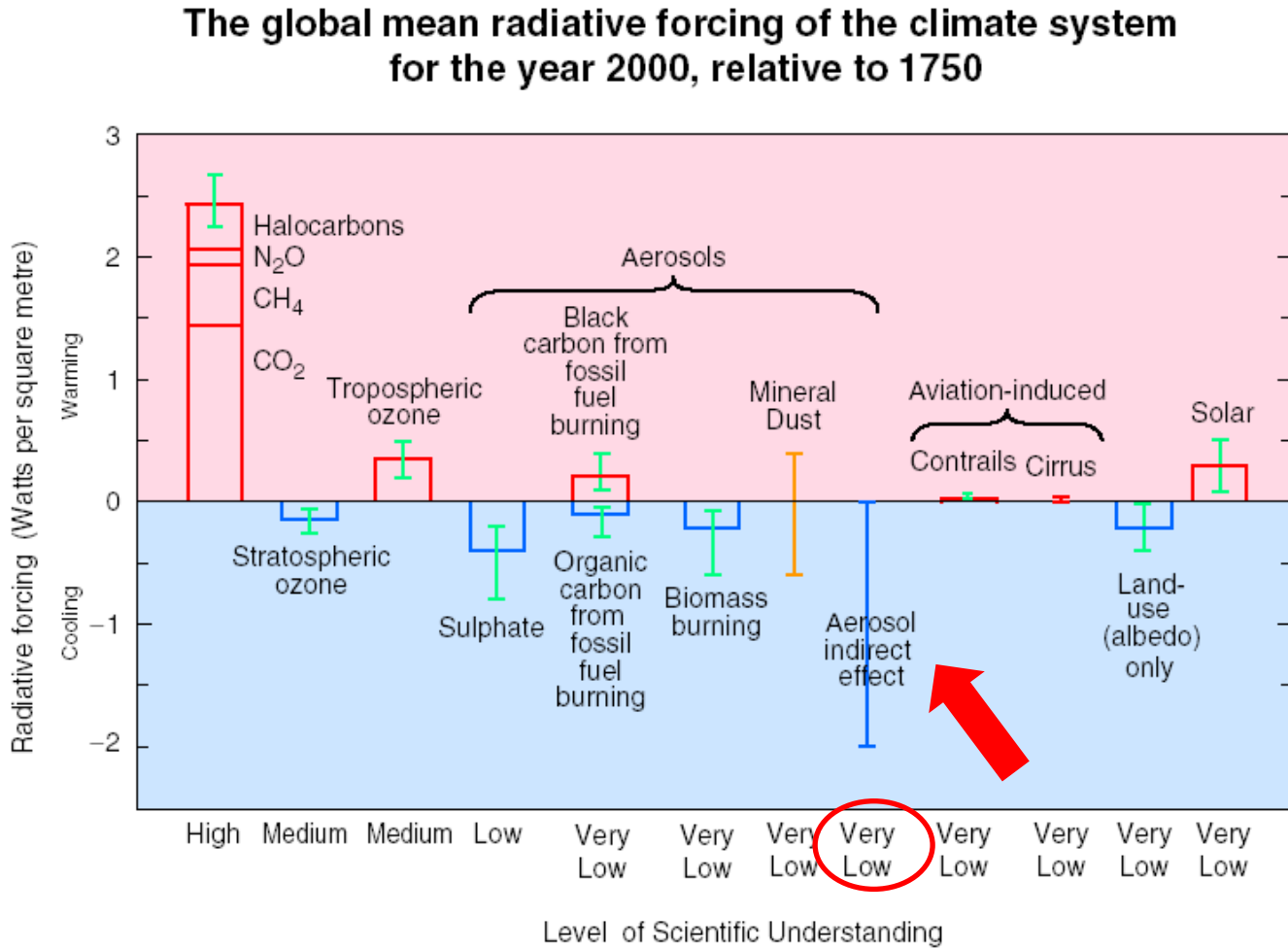
	NPP	R_h	H	F	D	NBP
[CO ₂]	+	+	0	0	?	?
Temperature	+	+	0	+	+	?
Precipitation	+	+	0	-	+	?
N-deposition	+	?	0	0	+	+
Management	+	-	+	-	?	-

- Kasvukauden piteneminen
- Keskilämpötilan muutos
- Sademäärän ja -jakauman muutos
- Maaperän varastot ja prosessit herkkiä lämpötilan muutoksille (mutta suuret epävarmuudet!)
- Kasvilajiston muutokset (Arctic greening)
- Typpi?

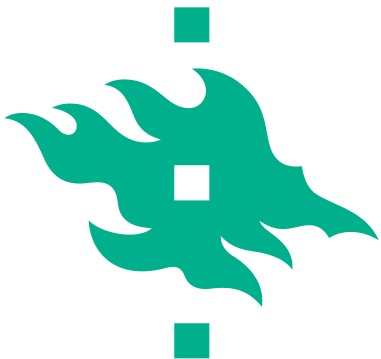




Biogeokemialliset ja biofysikaaliset palautejärjestelmät (1)



IPCC AR5



Palautemekanismi ilman kemiallisen koostumuksen kautta

I Small clusters and molecules

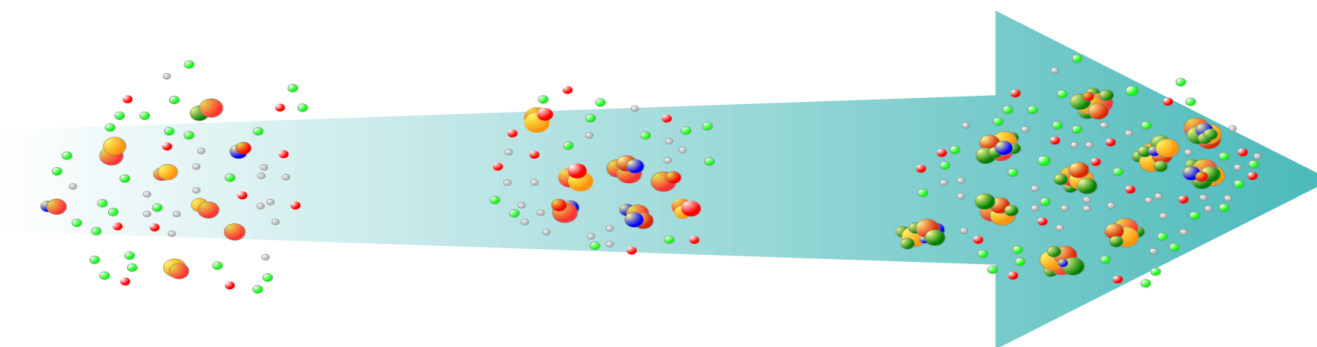
- No direct connection to NPF
- Very slow growth

II Critical size for clustering

- Sulphuric acid and amines
- Slowly growing (<1 nm/h)
- Determines $J_{1,5}$

III Growing clusters

- Low-volatile organics
- Rapidly growing (~ 2 nm/h)
- Nano-Köhler
- Determines J_3



Viileneminen!

Key processes:

Gas-phase reactions, cluster formation/evaporation

Cluster stabilization

Activation of clusters for enhanced growth

300 ... 500 amu

900 ... 2000 amu

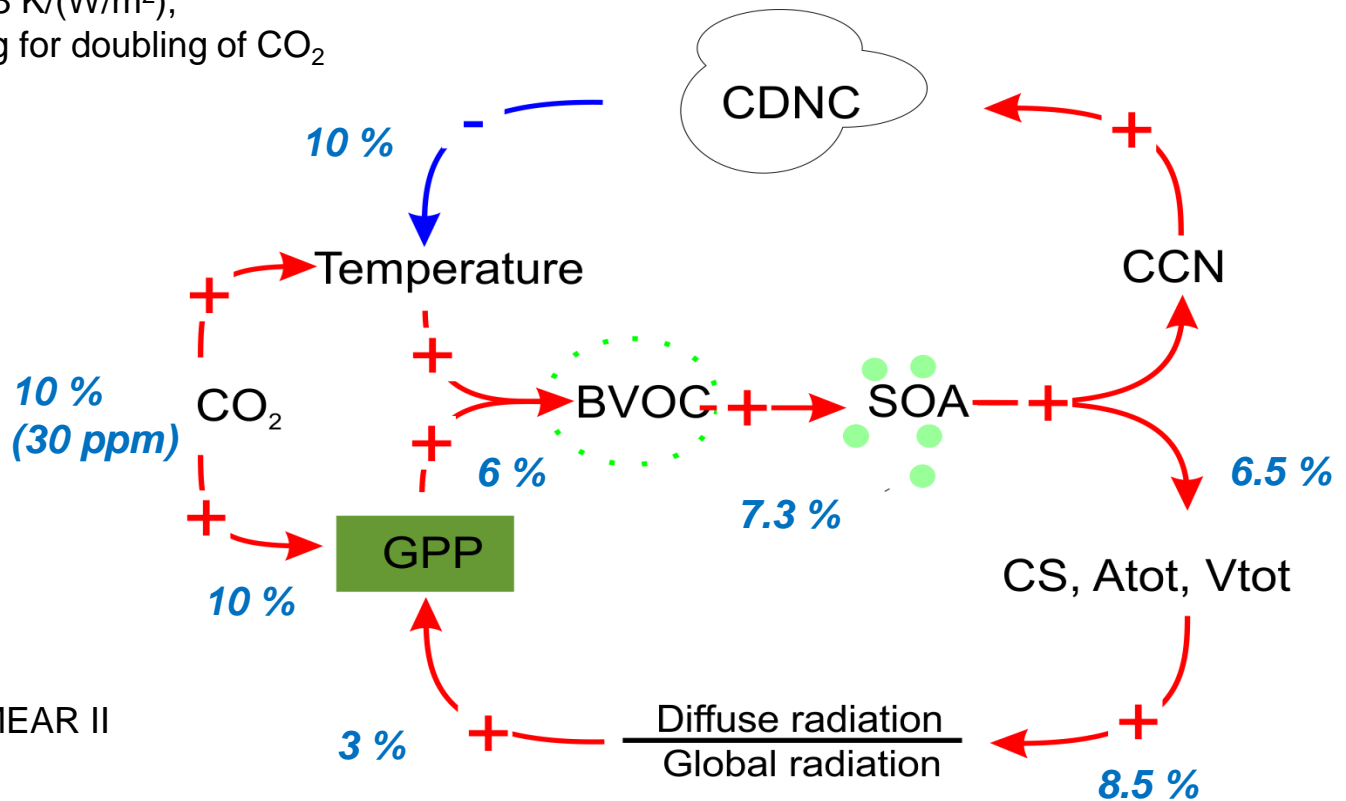
1.1 ... 1.3 nm

1.5 ... 1.9 nm



CO₂ – ilmasto – palautemekanismin kvantifiointi

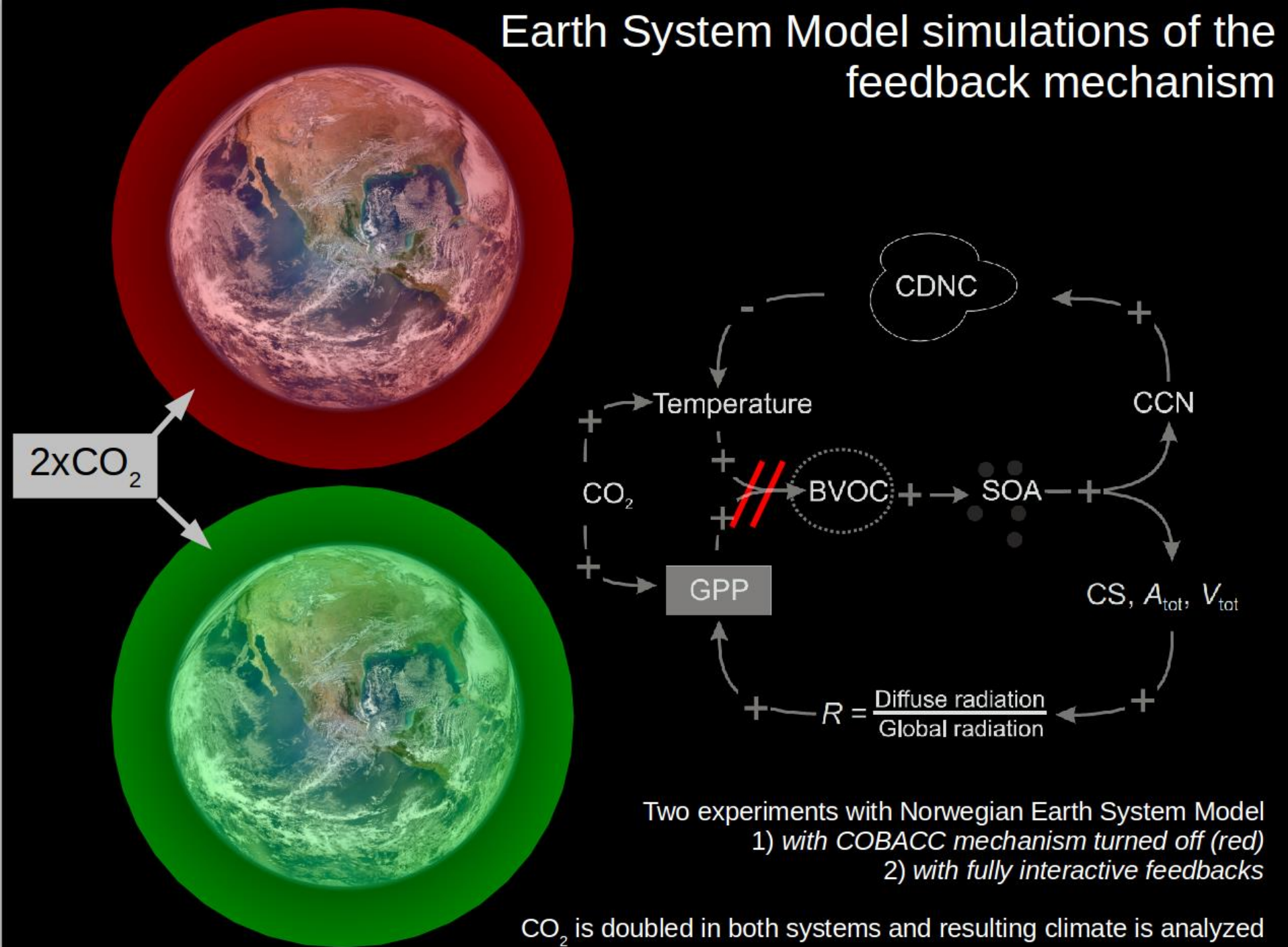
Climate sensitivity 0.8 K/(W/m²),
equalling 3C warming for doubling of CO₂



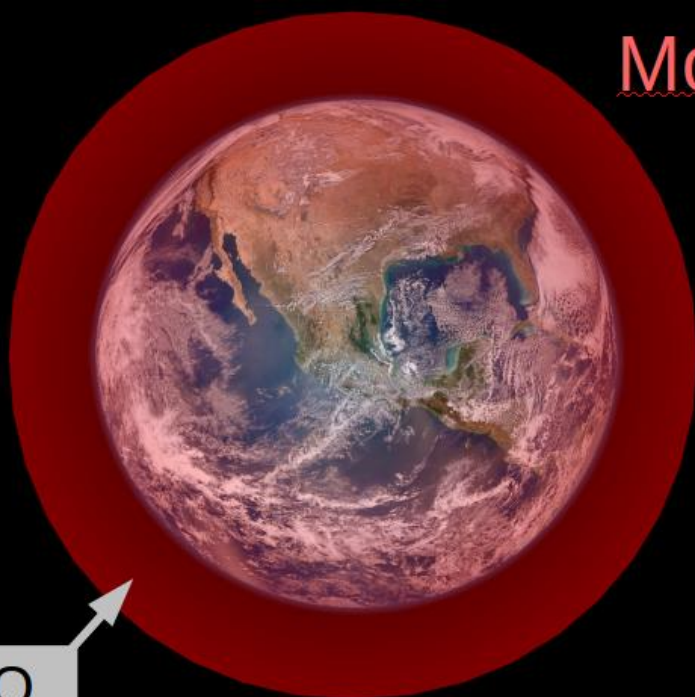
Data from SMEAR II
1996-2009

Paasonen et al. 2013,
Kulmala et al 2014

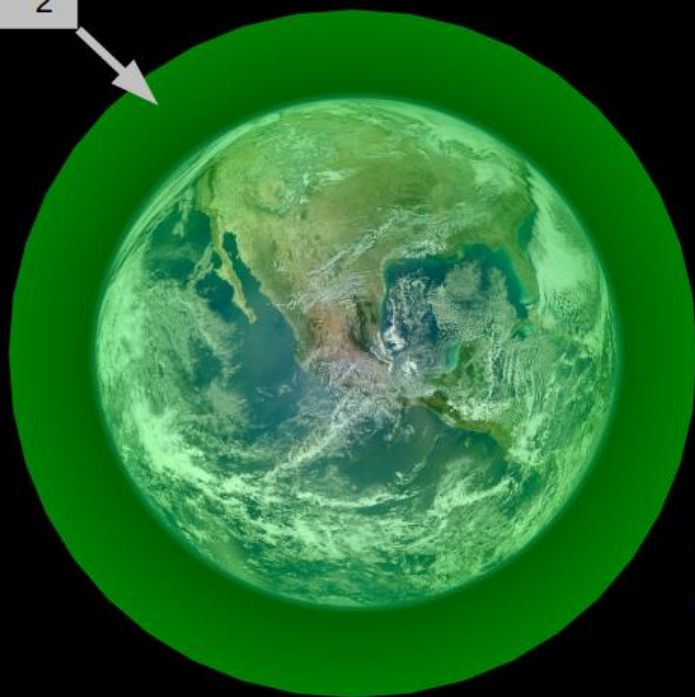
Earth System Model simulations of the feedback mechanism



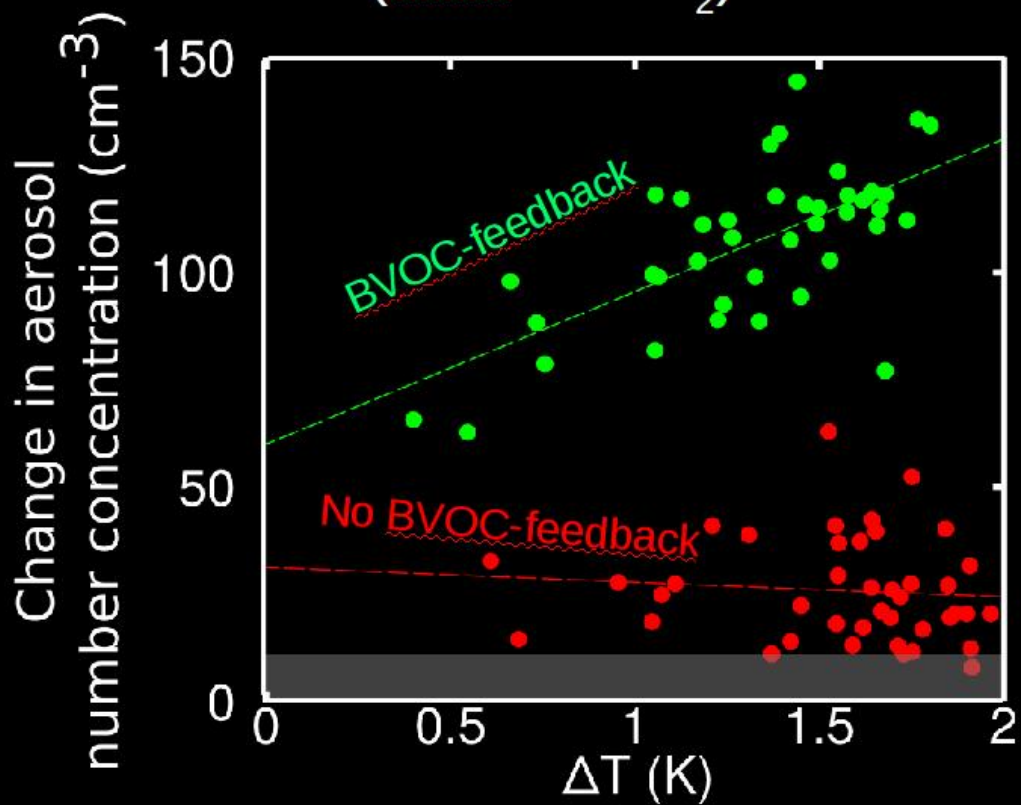
Monoterpene emission 76 Tg yr⁻¹



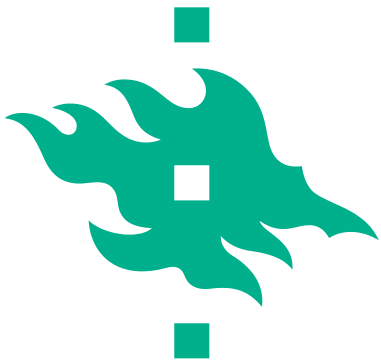
2xCO₂



Aerosol number concentration
(w.r.t. 1xCO₂)

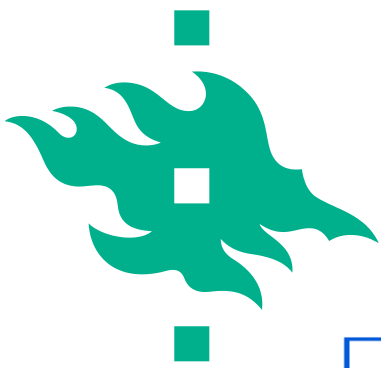


Monoterpene emission 100 Tg yr⁻¹
(32% increase with $\Delta T \approx 3.2$ K)

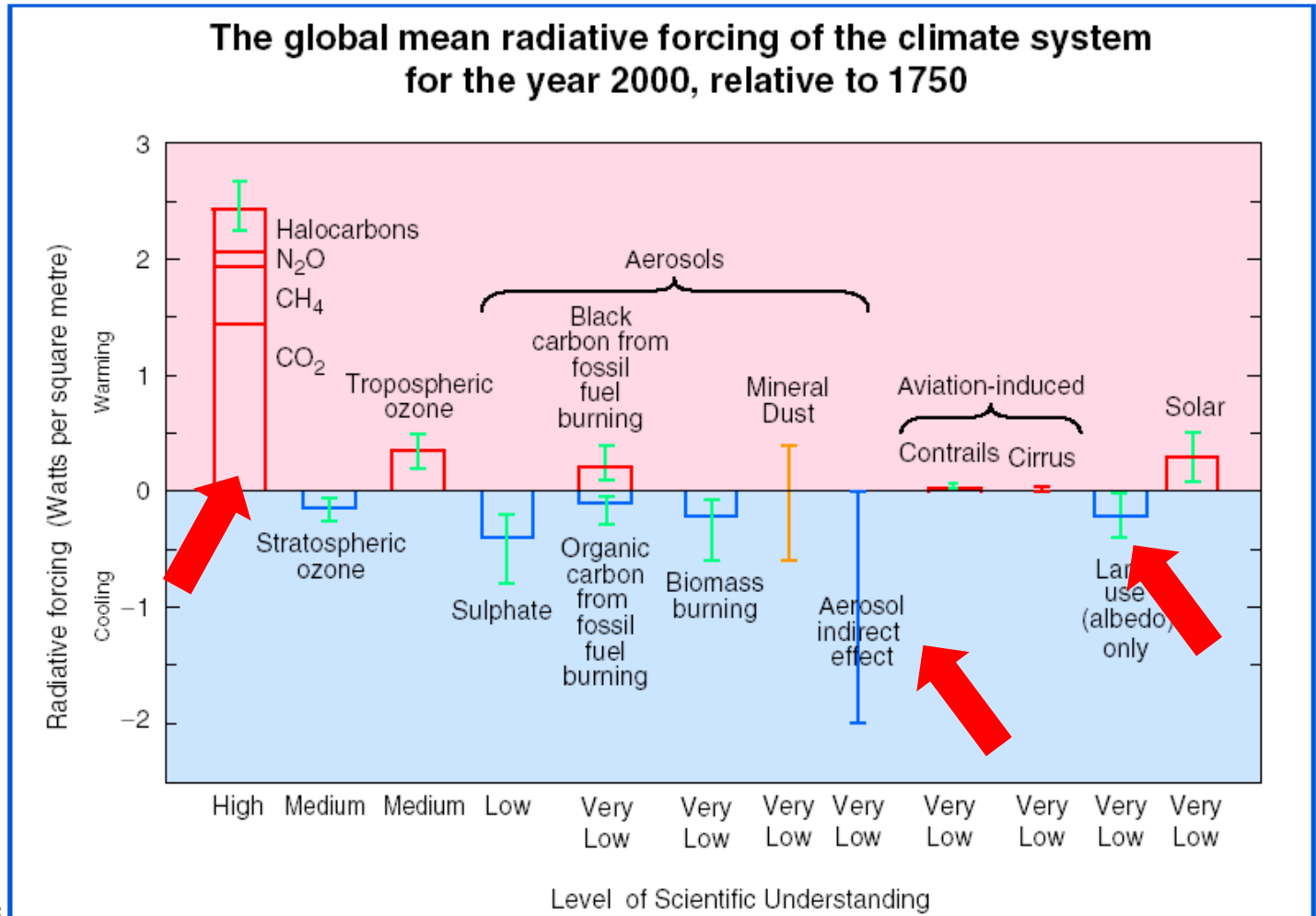


Boreaalisissa metsissä on suuri potentiaali biofysikaalisen palautemekanismin tehostumiseen ilmaston muuttuessa

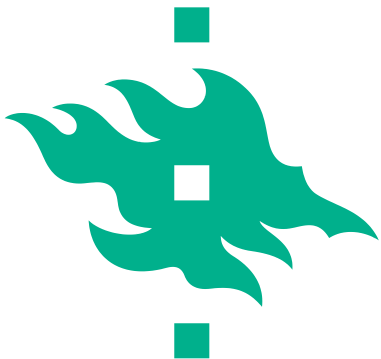
- Kasvukauden piteneminen
- Ennustettu lämpötilan muutos suuri (jopa 6C vuoteen 2100 mennessä)
- Kasvillisuuden VOC päästöt kasvavat
 - Arctic greening ja muut lajistomuutokset suosivat suuria kasvillisuus päästöjä
 - Positiivinen lämpötilavaste ja päästöjen reaktiivisuus
- Pohjoisten teollistuneiden alueiden saastepäästöjen kehitys vaikuttaa palautteisiin (rikkihappo, otsoni)



Voiko säteilytaseeseen vaikuttaa metsänhoidon avulla?

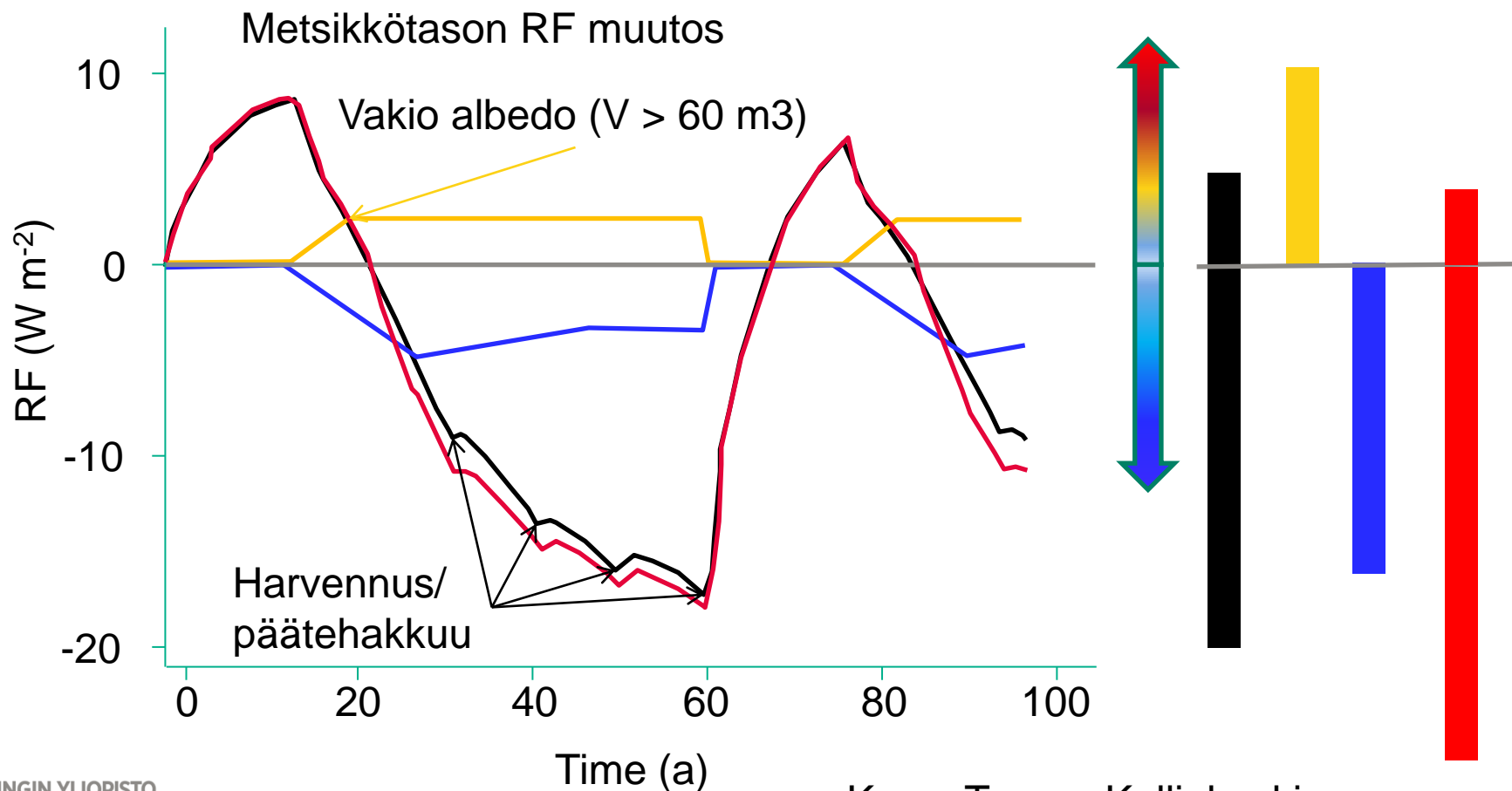


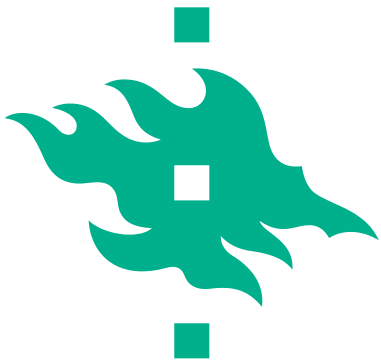
IPCC AR5



Metsänhoidon ilmastovaikutus

- CO₂
- Albedo
- Aerosolit
- SUM effect





Yhteenveto

1. Hiilen sidonta (tropiikki) ja maaperän hiilivarat (boreaaliset metsät ja suot) tuottavat merkittävän biogeokemiallisen ilmastopalautteen
2. Biofysikaalinen palaute ilmakehän ja aerosolien kautta lisääntyy ilmaston lämmitessä erityisesti boreaalisella vyöhykkeellä
3. Metsänhoidon ja häiriöiden vaikutus palautejärjestelmiin on merkittävä