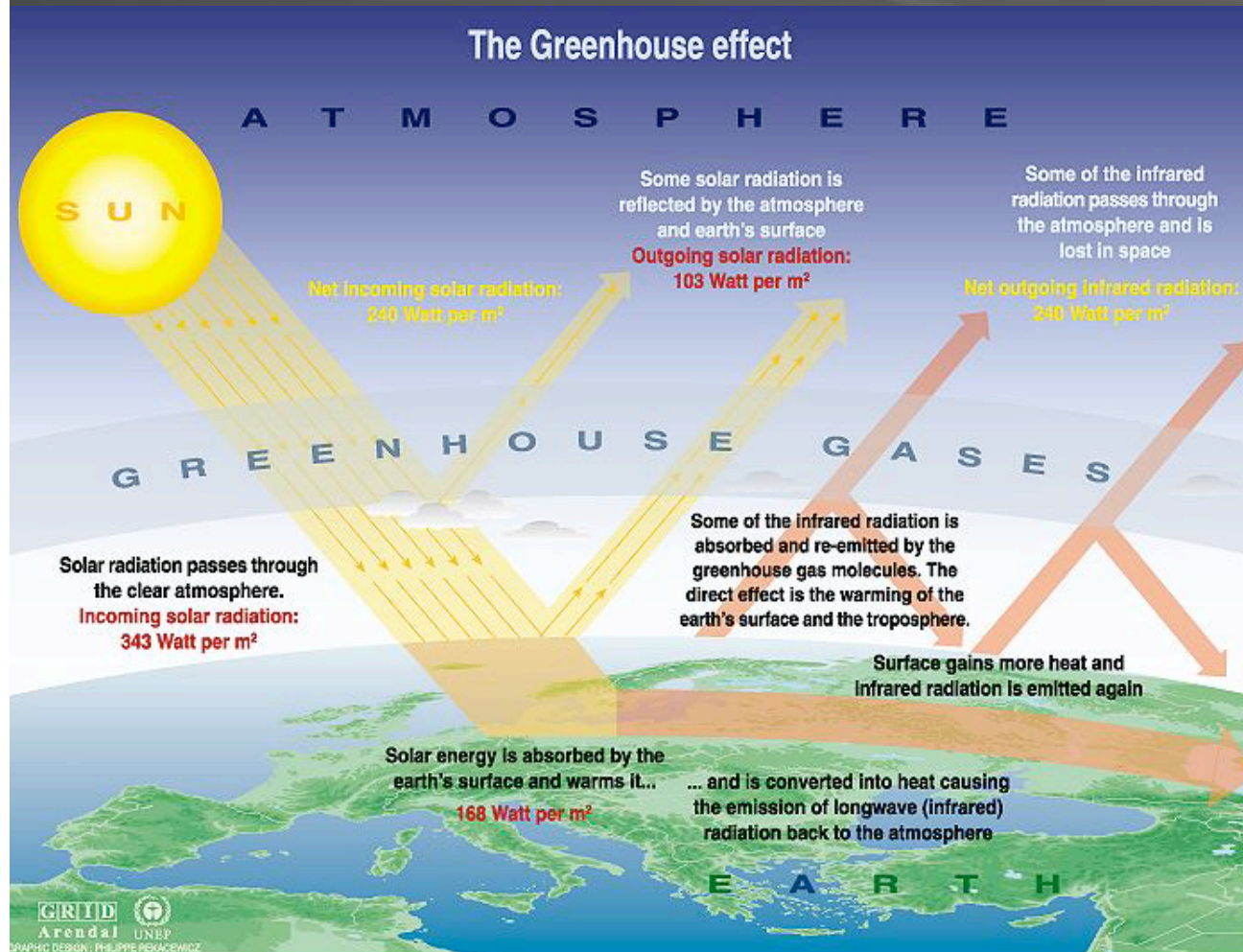


# Ilmaston perusteet ja Auringon pitkäaikainen muutos

Kalevi Mursula

Prof. (avaruusfysiikka)  
Fysikaalisten tieteiden laitos  
Oulun yliopisto

# Ilmaston perusta: Aurinko ja kasvihuoneilmiö tuottavat elämän edellytykset maapallolla



Ilman Aurinkoa maapallon lämpötila olisi n.  $-250^{\circ}\text{C}$ .

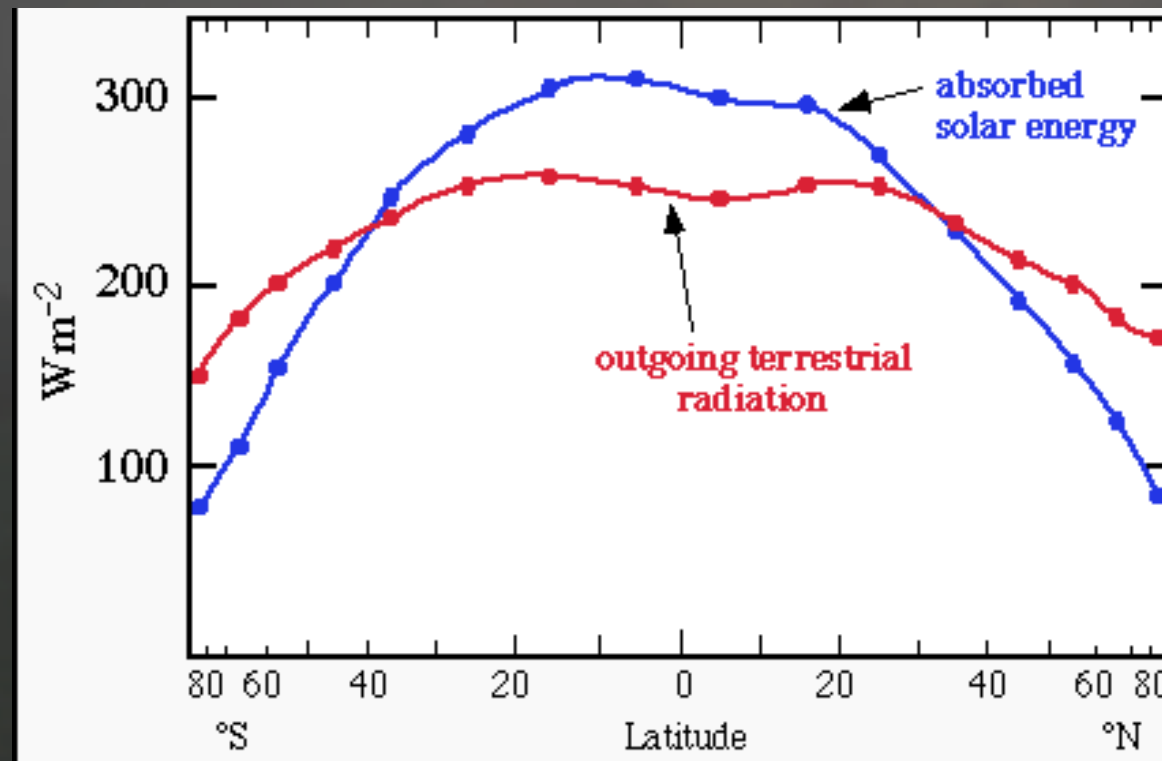
Ilman ilmakehän kasvihuoneilmiötä se olisi  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Auringon ja kasvihuoneilmiön yhteisvaikutuksesta lämpötila on  $+15^{\circ}\text{C}$ .

# Säteily määrä vaihtelee leveysasteittain.

Tämä synnyttää lämpimät ja kosteat (louna)tuulet, jotka tuovat lämpöä ja mahdollistavat elämän 35 leveysasteen ulkopuolella (mm. Välimeren pohjoispuolelle).

Ylimäärä säteilyä päiväntasaajalle.



Alijäämä säteilyä 35° leveysasteen ulkopuolelle.

# Ilmasto muuttuu

(on aina muuttunut ja tulee aina muuttumaan)

**Muutos on ollut (poikkeuksellisen?) nopeaa sadan viime vuoden aikana. Arvioitu lämpötilan nousu on n.  $0.8^{\circ}$  100 vuodessa.**

Täällä pohjoisessa

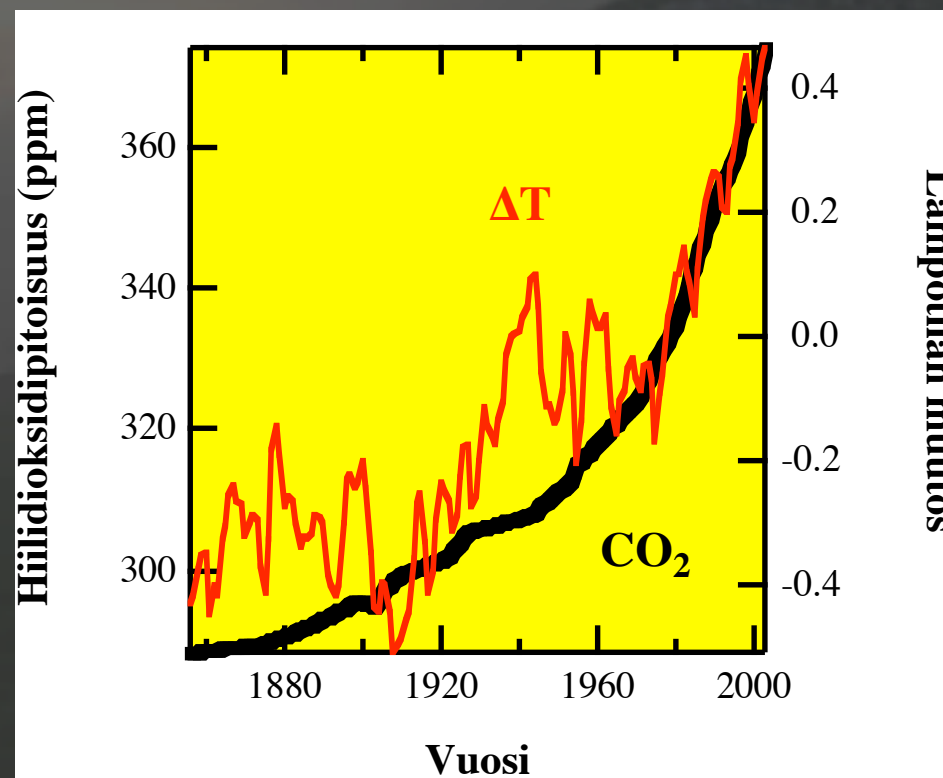
ilmasto on tullut

- kosteammaksi

- tuulisemmaksi

- lämpimämmäksi  
(erityisesti talvella)

- pilvisemmäksi talvella



## Ongelma: Molemmat päätekijät ovat muuttamassa ilmastoa samaan suuntaan:

### Kasvihuonekaasut lisääntyvät.

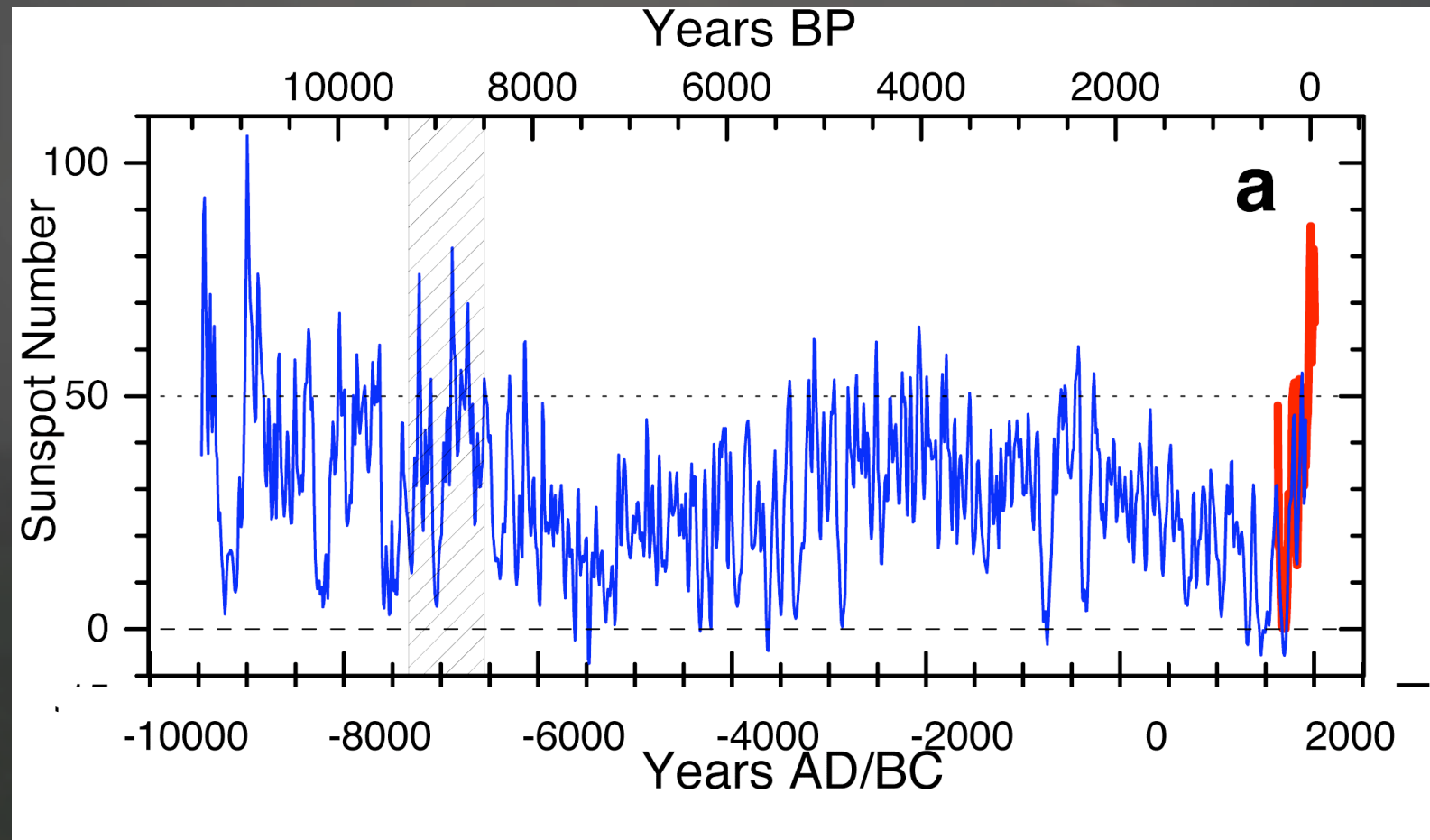
- Ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuus on kasvanut vuodesta 1850 yli 30 %.
- IPCC-arvio: tärkein syy ilmaston viimeaikaiseen muutokseen

### Auringon toiminta on ollut poikkeuksellisen aktiivista.

- Aurinko selittää aiemmat ilmastomuutokset.
- Tärkein kasvihuonekaasu on vesihöyry (n. 1000\*CO<sub>2</sub>), jonka kiertokulkua Auringon toiminta säätelee.

# Auringon nykyinen aktiivisuustaso on suurinta lähes 9000 vuoteen.

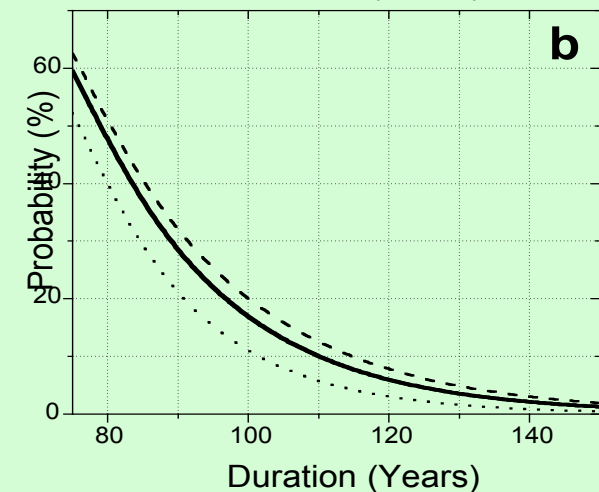
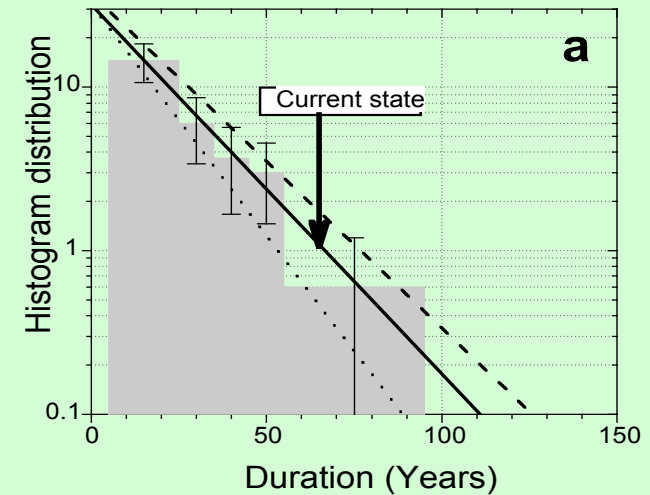
Aktiivisuudessa jatkuvaa nopeaa vaihtelua, lukuisia lyhyehköjä suuria minimejä ja aktiivisempia kausia.



**Aktiiviset jaksot ovat  
varsin lyhyitä,  
keskimäärin vain n.  
50–70 vuotta.**

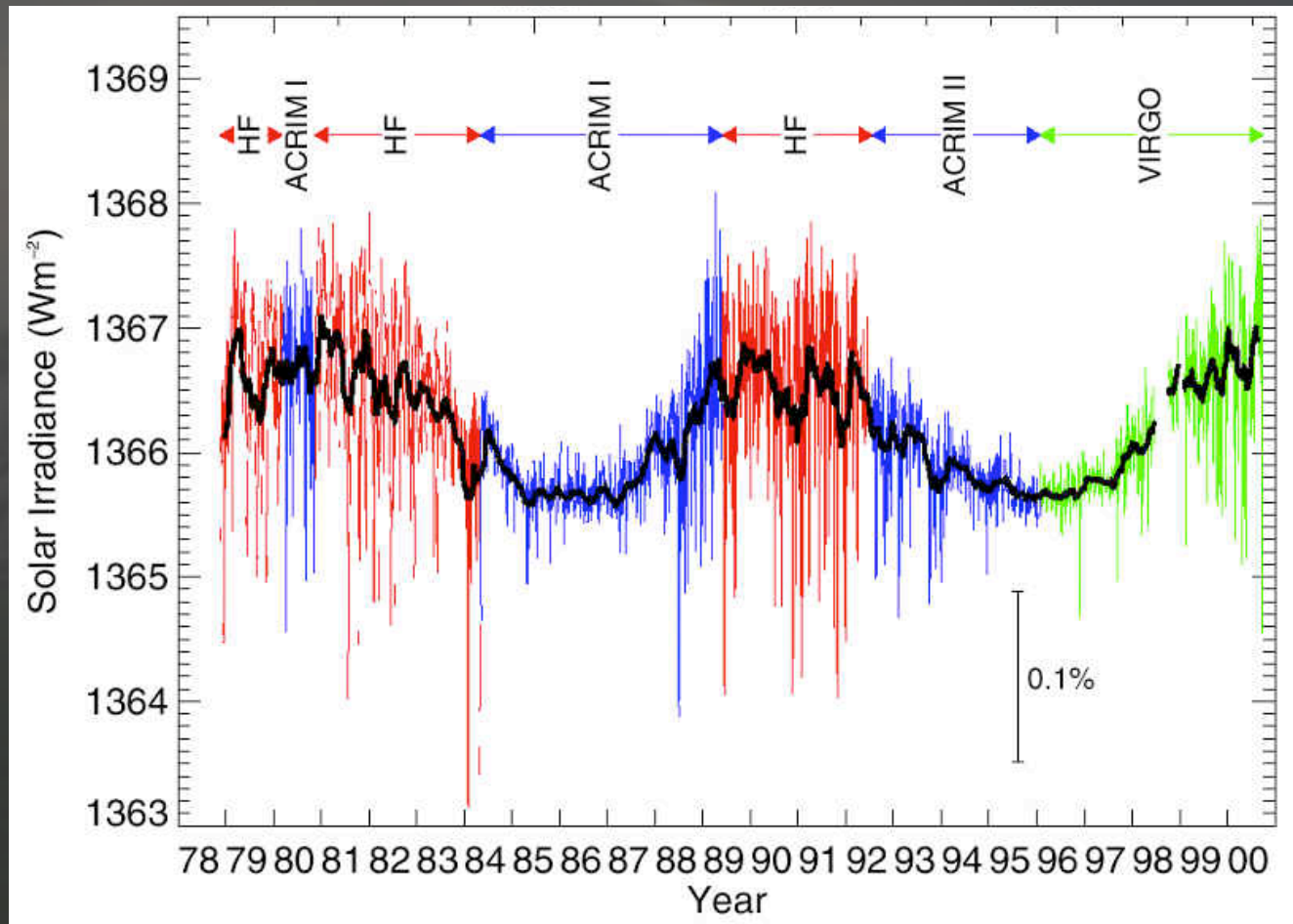
**Nykyinen aktiivinen kausi  
on kestänyt jo tämän  
verran.**

**On varsin todennäköistä,  
että Auringon  
aktiivisuus laskee  
lähimmän 20 vuoden  
aikana merkittävästi.  
(Tästä on jo eräitä  
merkkejä olemassakin).**



# Auringon säteilyn määrä kasvaa auringonpilkkujen määrän kasvaessa.

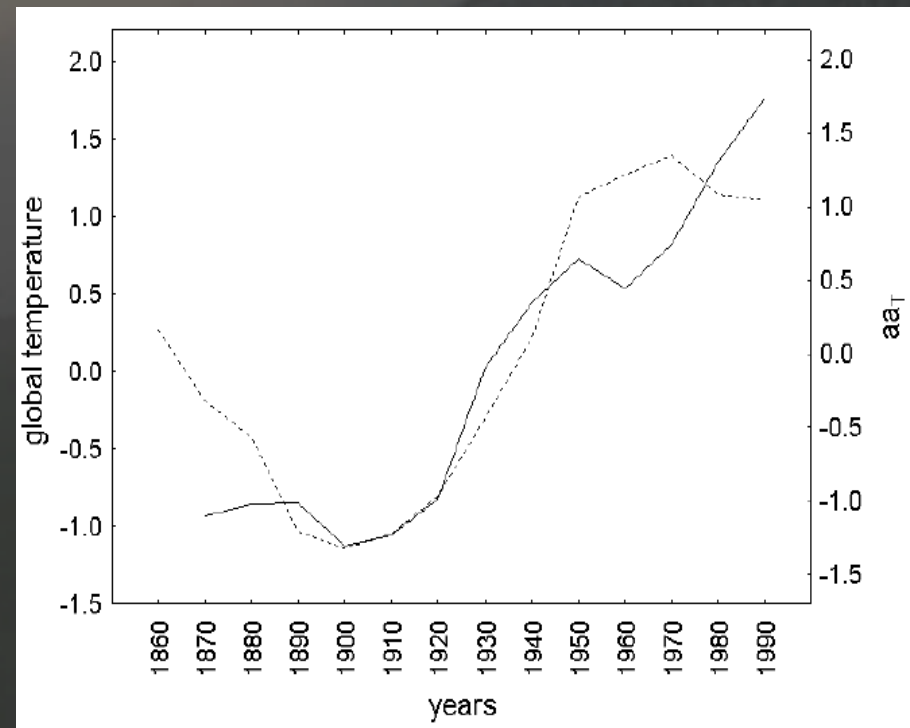
Aurinkosyklin aikana n. 0.1%:n vaihtelu kokonais-säteilyssä eli "aurinko-vakiossa".



# IPCC: Auringolla on vain vähäinen rooli viimeaikaisessa globaalissa ilmaston muutoksessa.

Tämä arvio perustuu sille oletukselle, että vain kokonaissäteilyn (TSI) muutoksella voi olla merkittävä ilmastollinen vaikutus.

TSI ja auringonpilkut eivät ole merkittävästi kasvanut viimeisten 30 vuoden aikana  
=> OK

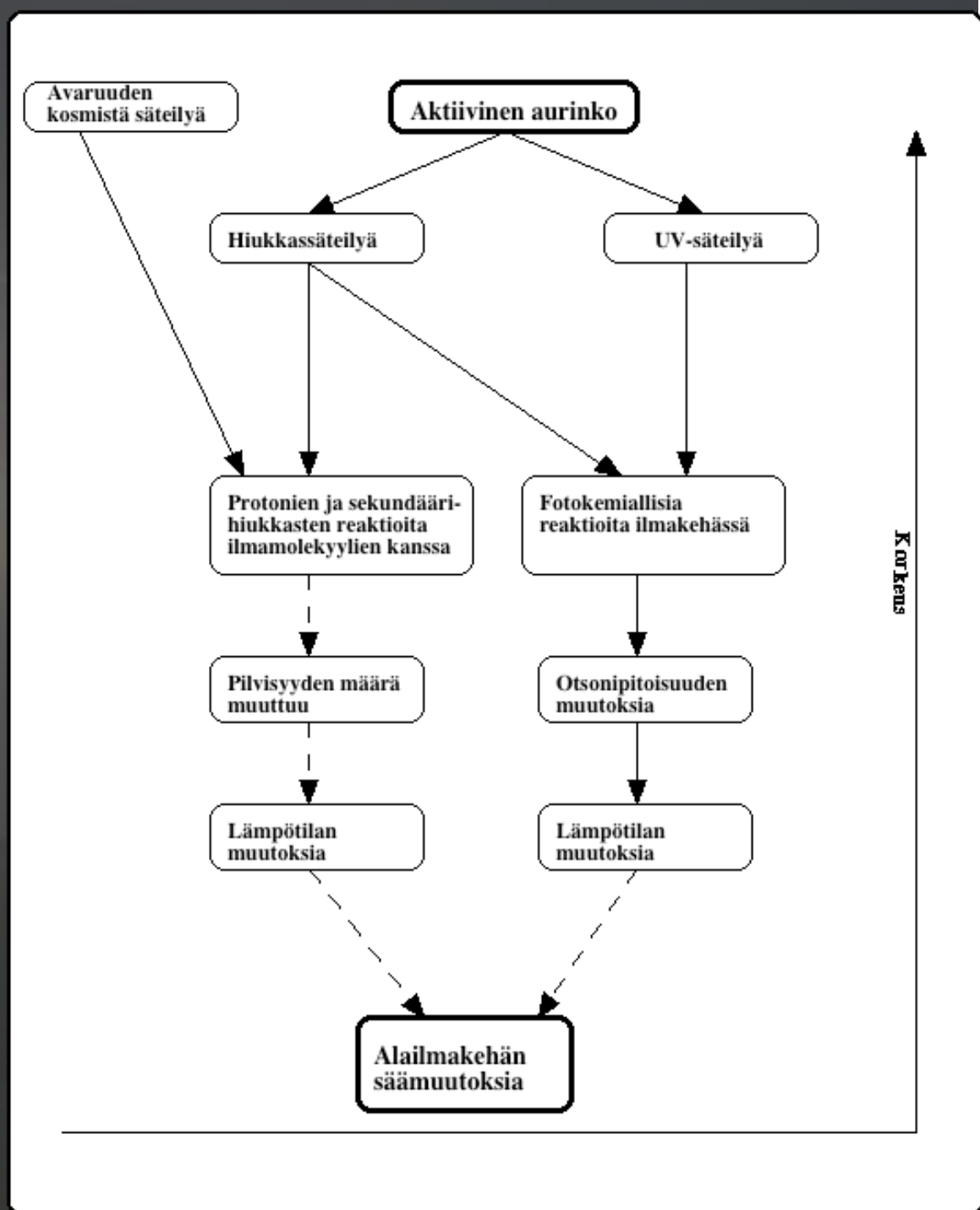


## Mutta: On muitakin vaikutusmekanismeja Auringon aktiivisuuden ja ilmaston välillä

- \* UV-säteilymuutokset
- \* Aurinkotuulen hiukkaset ja magneettikenttä
- \* Kosmiset hiukkaset

Näiden vaikutuksia ilmakehässä:

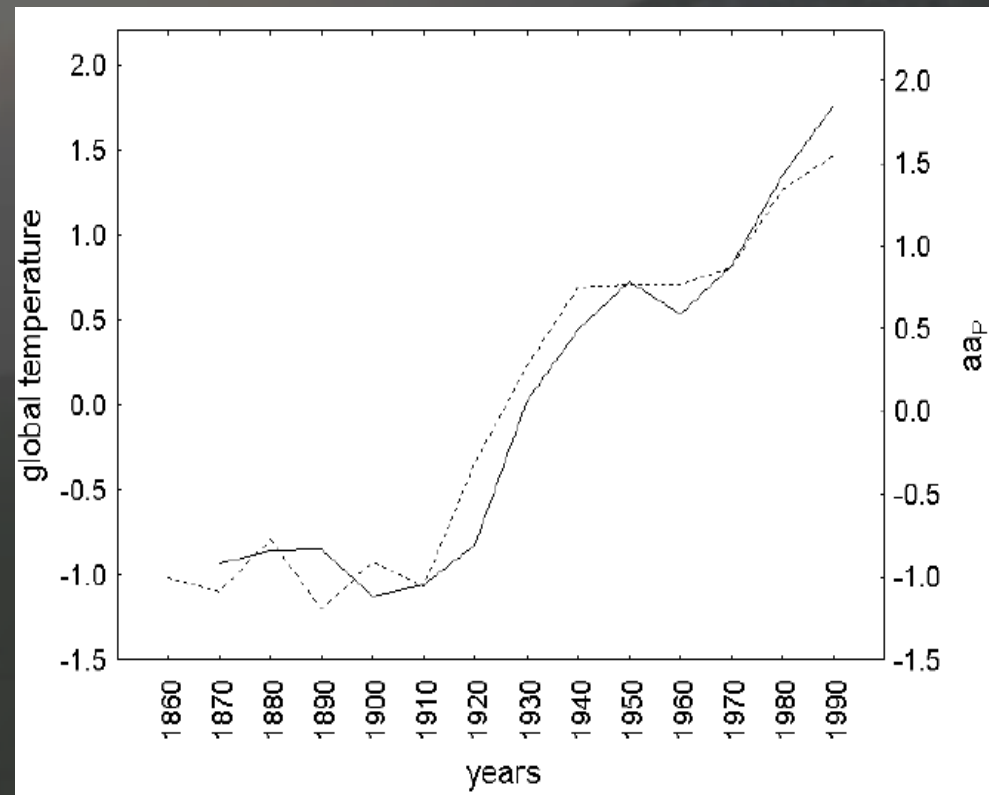
- Ionisaatio, joka vaikuttaa pilvien syntyyn
- otsonimuutokset, jotka vaikuttavat stratosfäärin lämpötilaan
- sähköilmiöt, jotka vaikuttavat mm. luonnollisiin aerosoleihin



**Aurinkotuulen häiriöt ovat kasvaneet 100 viime vuoden aikana, mukaanlukien viimeiset 30 vuotta, jolloin Auringon säteily määrä ei ole enää kasvanut!**

**Näillä on havaittu myös uusia merkittäviä ilmastollisia vaikutuksia. On mahdollista, että Auringon muutos voi hallita ilmastomuutosta näiden kautta!**

**Aurinkotuuli ja globaali lämpötila seuraavat toisiaan tarkasti koko 140 vuoden ajan.**



## LOPPUSANAT

Ilmaston kaksi päätekijää ovat muuttaneet ilmastoa samaan, lämpenevään suuntaan viimeisen sadan vuoden ajan.

Auringon kaikkia ilmastovaikutuksia ei vielä tunneta riittävästi.

Säteilymäärän muutos ei selitä viimeaikaista ilmastokehitystä. IPCC on tässä oikeassa.

Mutta: Auringon muiden vaikutusten pitkäaikaismuutos on merkittävän samanlainen ilmaston muutoksen kanssa. Näitä ei mukana IPCC-arviossa !

## LOPPUSANAT

Auringon muutos ja kasvihuonekaasujen ennusteet tulevalle (0–20 vuotta) kehitykselle ovat vastakkaisia !

Sen takia on tärkeää varautua myös kylmenevään tulevaisuuteen, erityisesti täällä Pohjolassa kaukana 35 leveysasteen rajapyykiltä:

- Elintarvikeomavaraisuus
- Energiaomavaraisuus
- Riittävät turvavarastot nopeita muutoksia varten