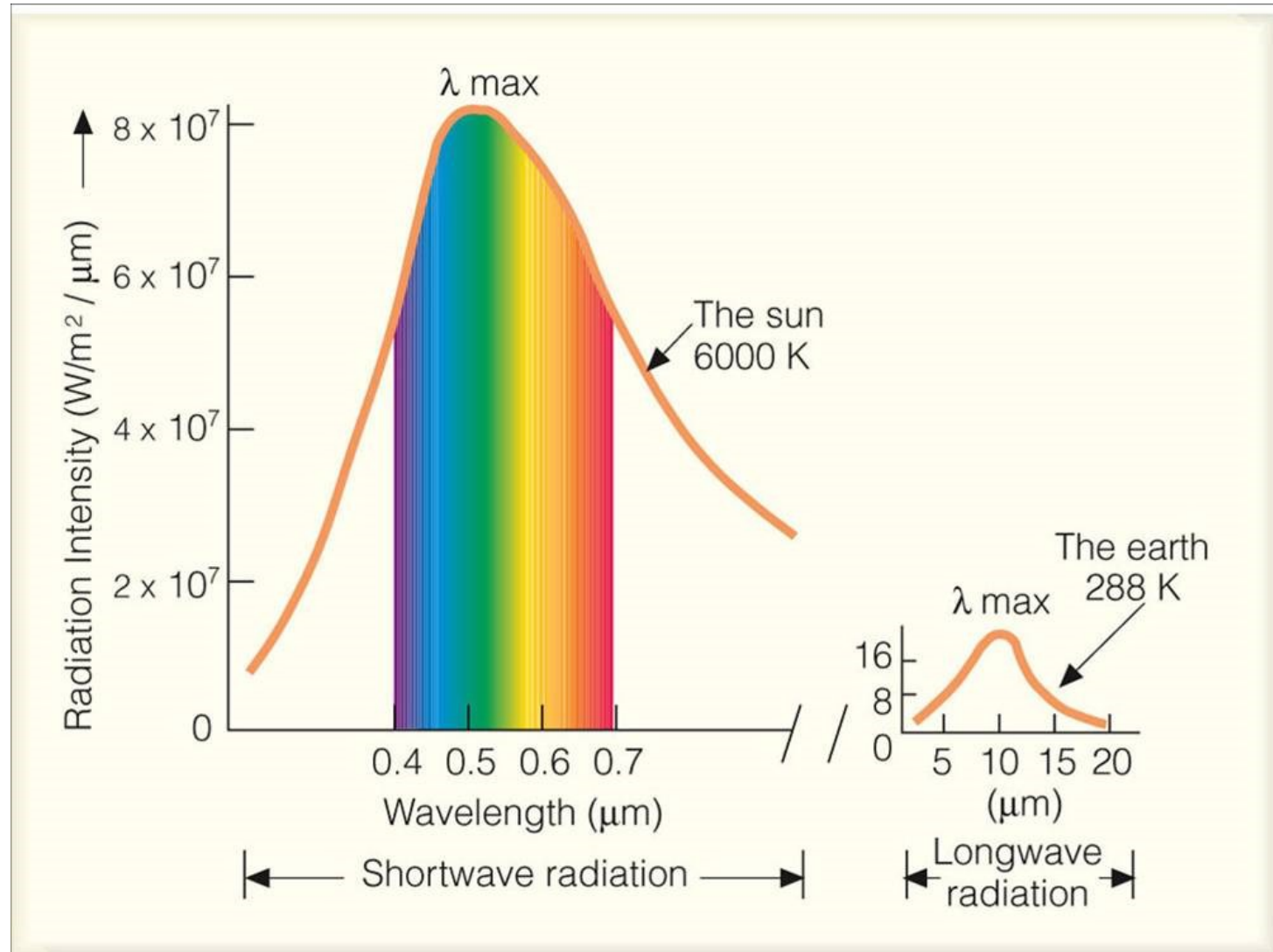


Kas pilved soojendavad või jahutavad Maad?

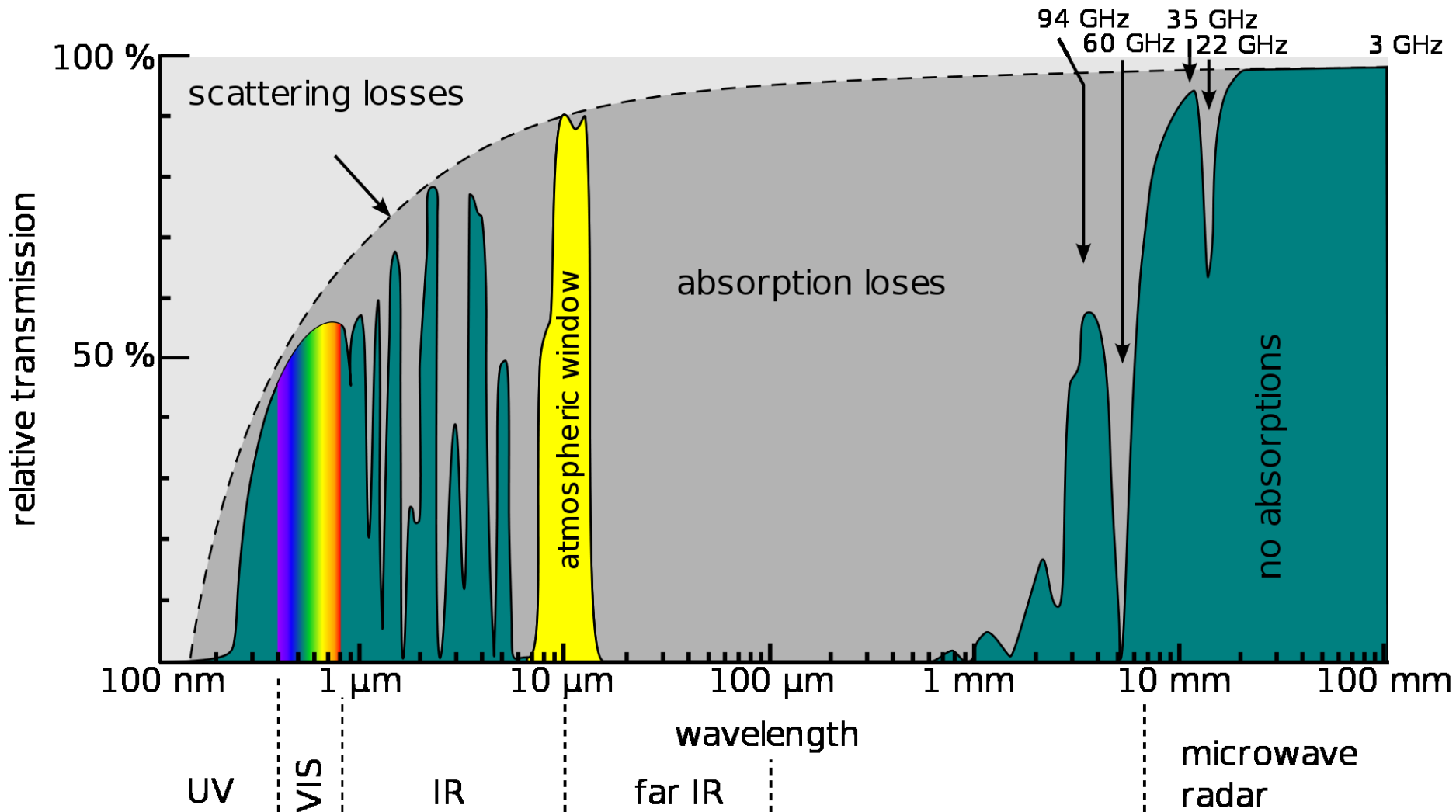
Sirje Keevallik

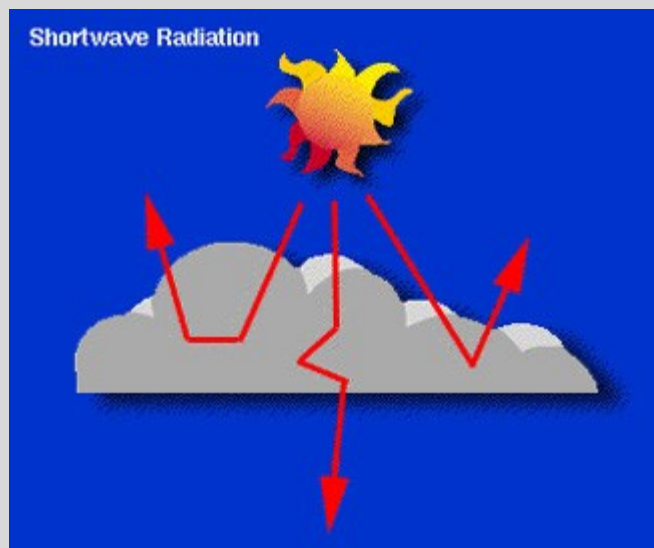
TTÜ meresüsteemide instituut

Lühilaineline ja pikalaineline kiirgus

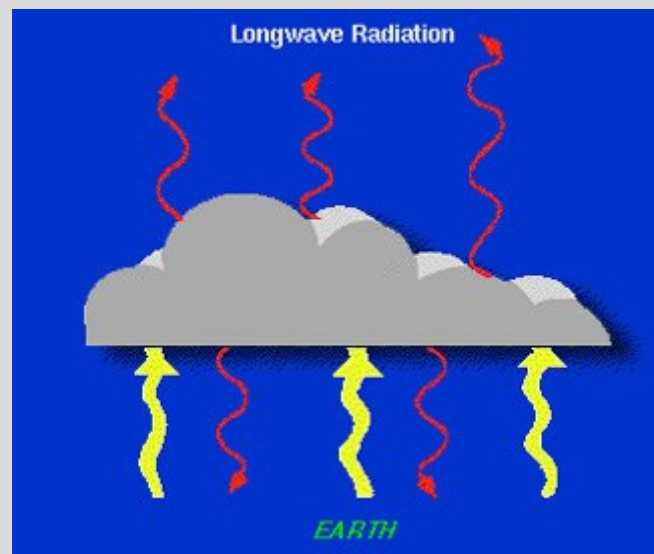


Kiirgus läbi atmosfääri



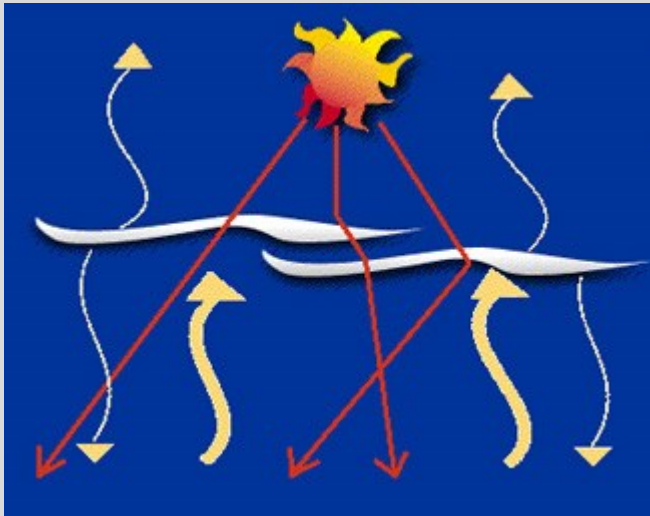


Pilvede albeedoefekt

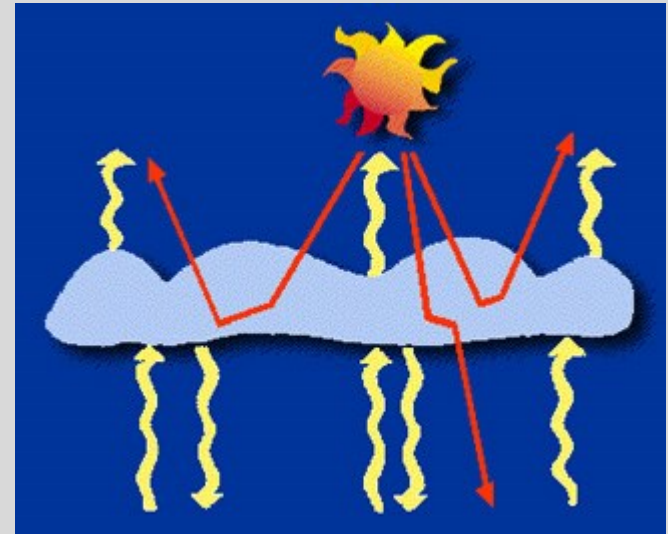


Pilvede kasvuhooneefekt

Kumb jääb peale?

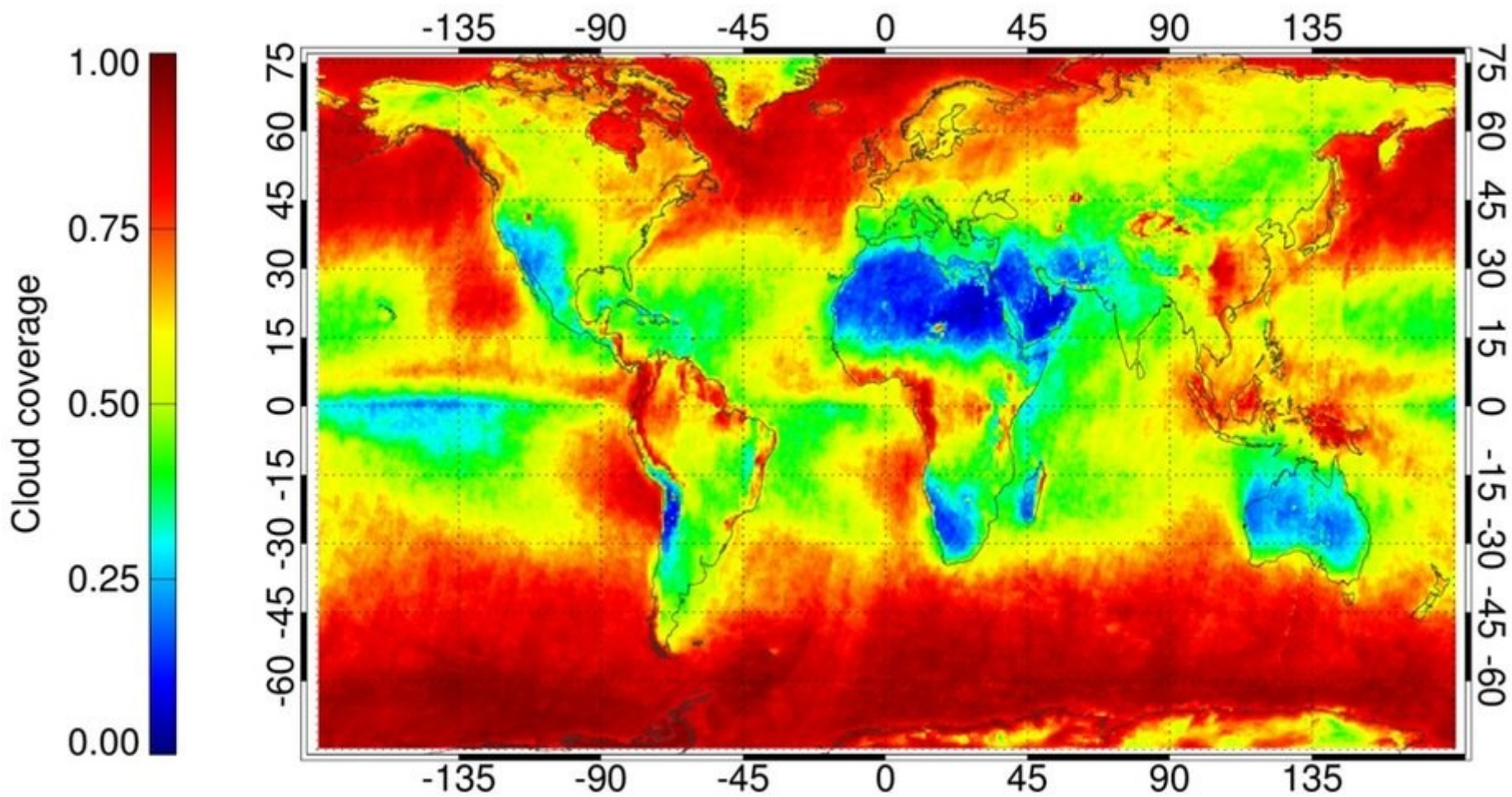


Kõrgpilved.
Ülekaalus on kasvuhooneefekt.



Madalpilved.
Ülekaalus on albeedoefekt.

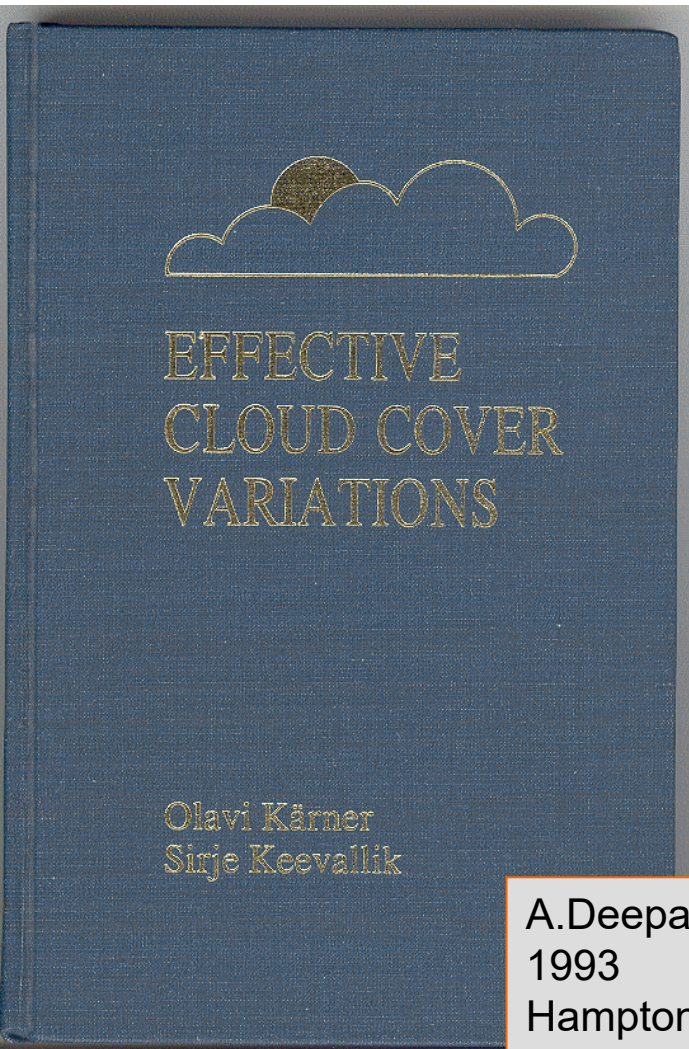
Aga globaalselt?



Keskmine pilvkate 2007-2009, Envisat

Credits: ESA/Cloud-CCI

Efektiivse pilvisuse mudel



$$\rho = (1 - C)\rho_0 + C\rho_c$$

Mingis ruudus mõõdetud planetaarne albeedo koosneb kahest osast: pilvitu osa albeedo ja pilves osa albeedo.

$$M = (1 - C)M_0 + CM_c$$

Mingis ruudus mõõdetud Maalt lahkuv pikalaineline kiirgus (OLR) koosneb samuti kahest osast: pilvitu osa *OLR* ja pilves osa *OLR*.

Nii pilvehulk, pilve albeedo kui ka pilve *OLR* on **efektiivsed** parameetrid

A. Deepak Publishing
1993
Hampton, Virginia, USA

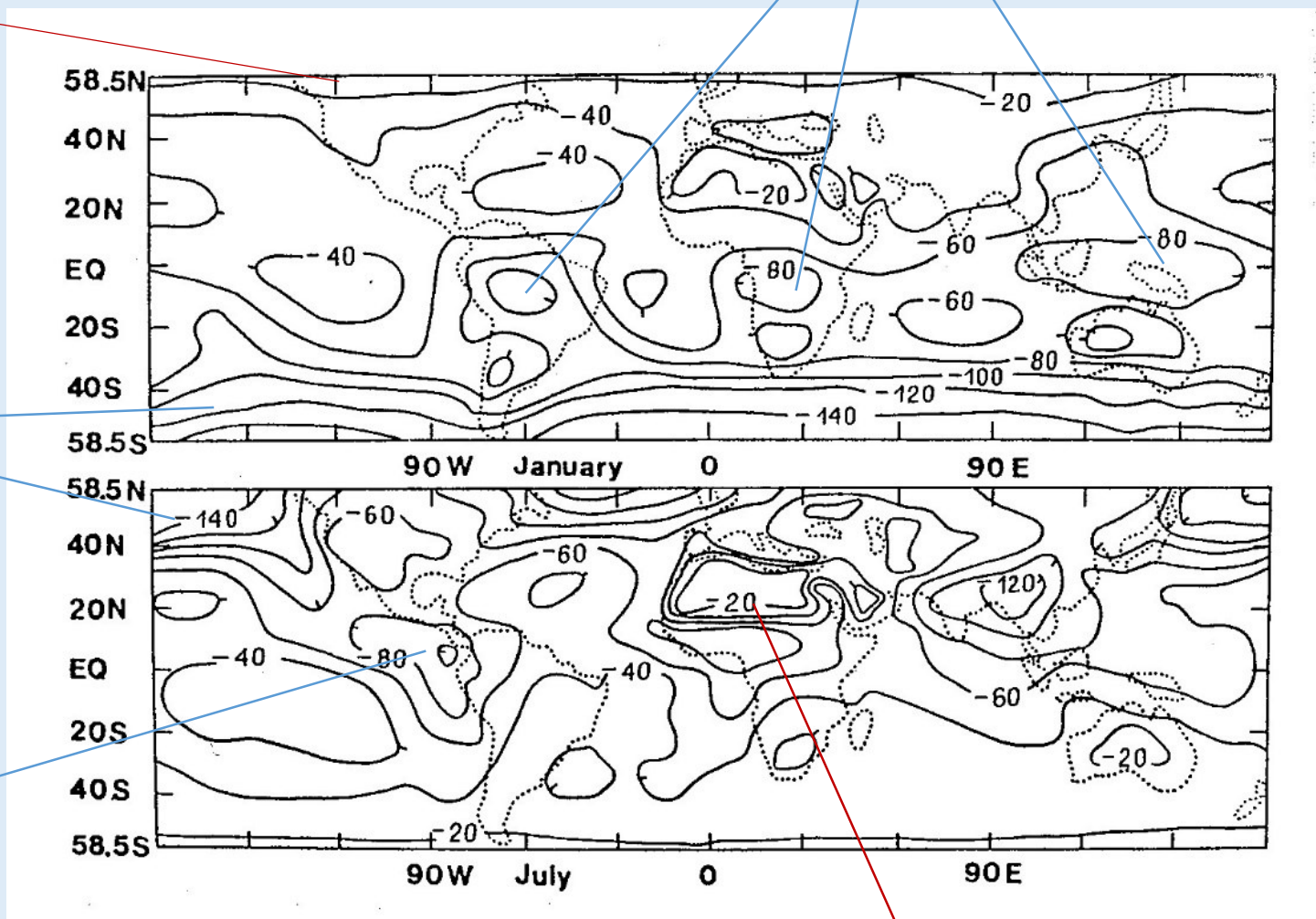
Vähe päikest
(talv!)

Palju päikest
(suvi!)

Pilved vee kohal

Palju heledaid pilvi

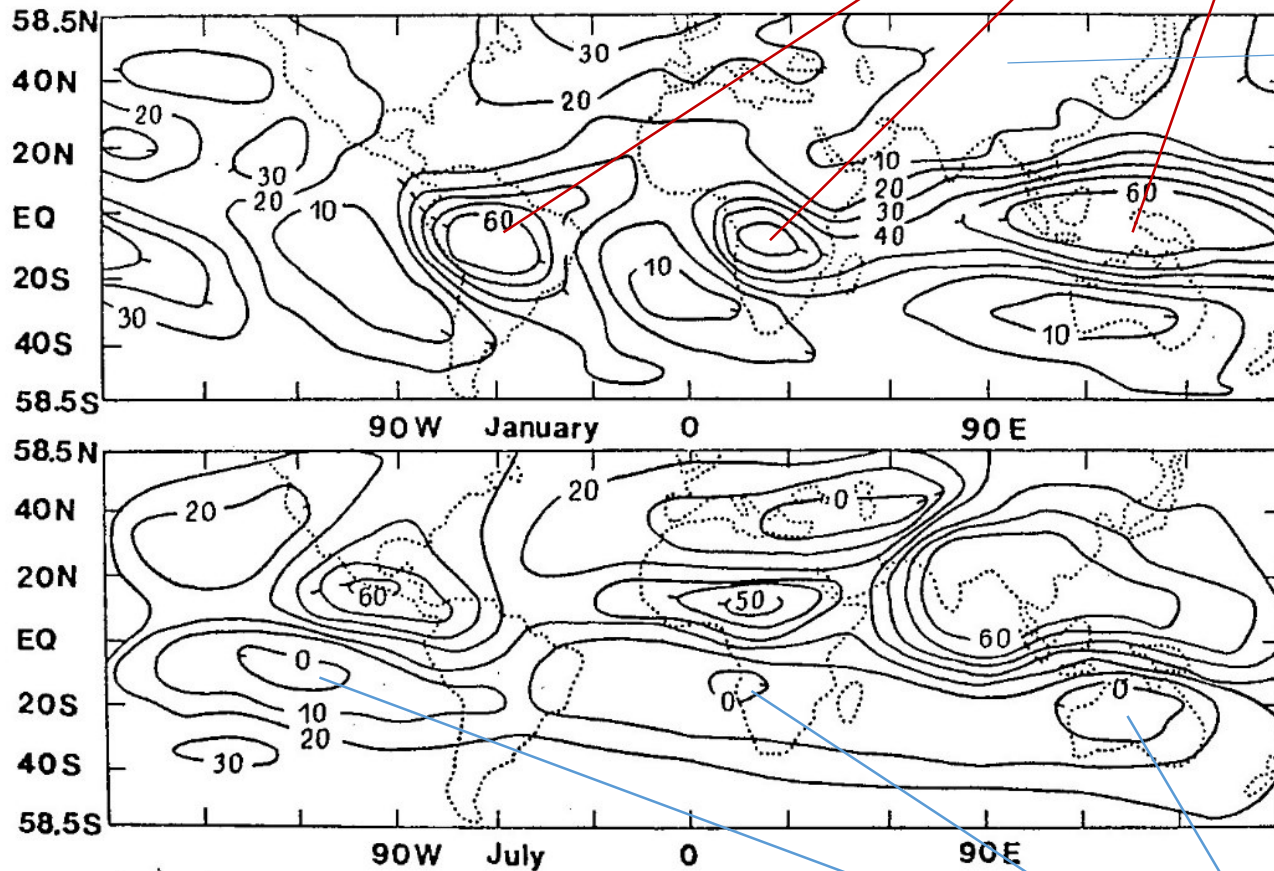
Hele aluspind, vähe pilvi



$$SWCF = I(\rho_0 - \rho) - 8 \text{ aasta keskmine } 1979-1986 \text{ Nimbus 7 ERB, } W \text{ m}^{-2}$$

Kõrged ja paksud pilved sooja aluspinna kohal

Külm aluspind



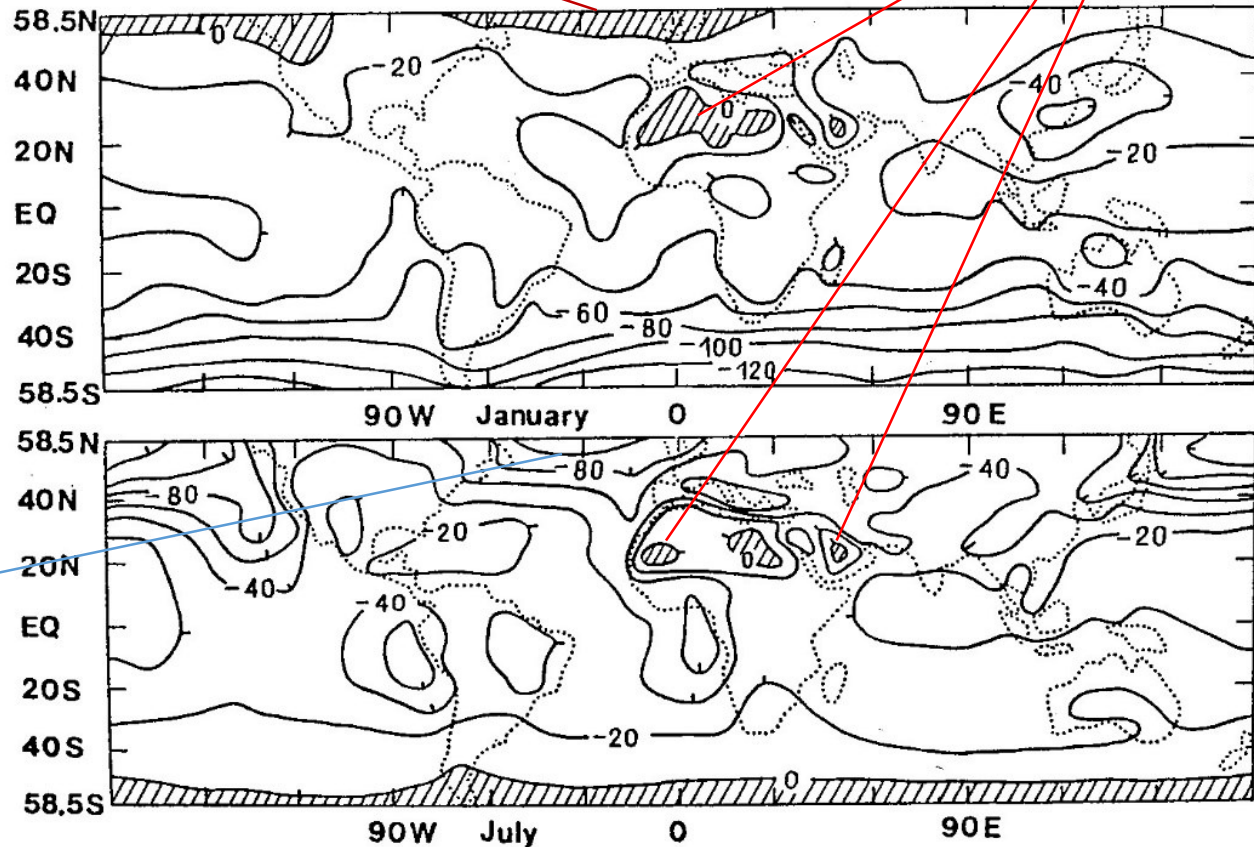
Vähe pilvi või madalad pilved jaheda mere kohal

$LWCF = M_0 - M$ – 8 aasta keskmine 1979-1986 Nimbus 7 ERB, $W m^{-2}$

Talvel suurtel laiuskraadidel
pilvede kiirgusmõjutust pole

Planeedi ahi

Tugev negatiivne
suvel
tsüklonite teel:
palju pilvi,
tume ookean,
palju päikest,
LWCF mõõdukas



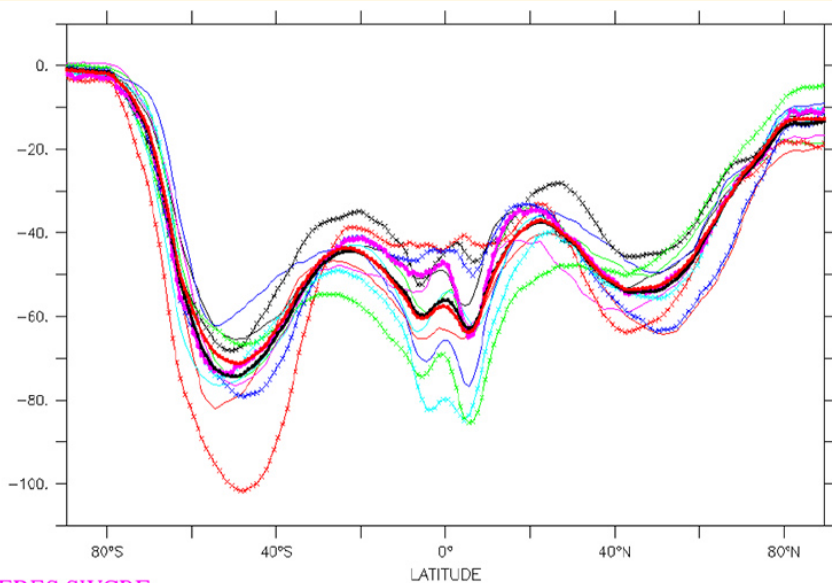
$$NCF = SWCF + LWCF - 8 \text{ aasta keskmine } 1979-1986 \text{ Nimbus } 7 \text{ ERB, } W m^{-2}$$

Huvi pilvede kiirgusmõjutuse vastu vaibus 1990. aastatel. Kogumikud *Climate Change* 1992, 1994, 1995, 2001, 2007 ei räägi midagi pilvede mõjust kiirgusbilansile.

Uus äratus

Climate Change 2013 – terve peatükk pilvedest ja aerosoolist, aga rõhk on mudelitel.

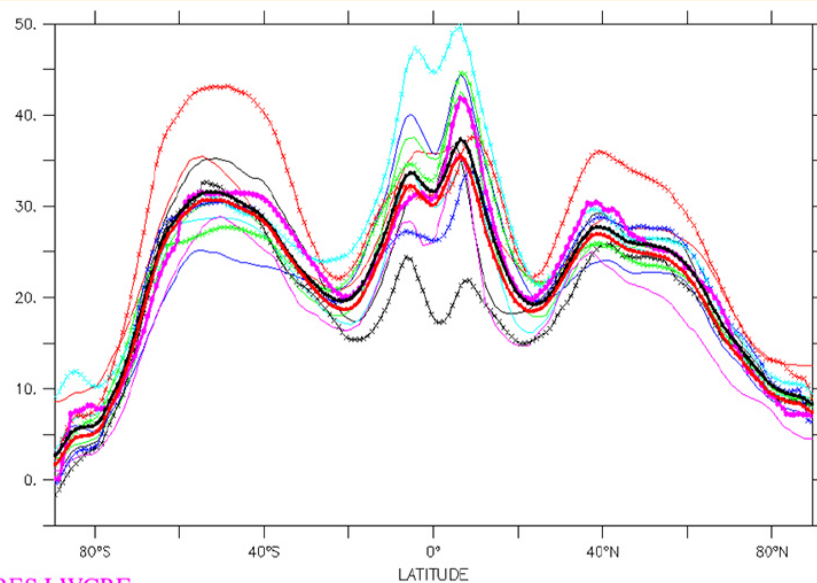
10 aasta tsonaalne keskmine



CERES SWCRF

CMIP5 SWCRF Multimodelmean (see Table 3)

CMIP5 SWCRF Multimodelmean with larger set of models (see Table 3)



CERES LWCRF

CMIP5 LWCRF Multimodelmean (see Table 3)

CMIP5 LWCRF Multimodelmean with larger set of models (see Table 3)

Ka aastal 2014

on veel hinnangud pilvede kiirgusmõjutusele väga erinevad

M. Calisto, D. Folini, M. Wild, L. Bengtsson. Cloud radiative forcing intercomparison between fully coupled CMIP5 models and CERES satellite data. *Ann. Geophys.*, 32, 793-807, 2014

Globaalne keskmine: pilvede tõttu on Maa jahedam, kui ta oleks ilma pilvedeta

	SWCF	LWCF	NCF
Mudelid 2001-2010	−40.8...−54.7	20.7...30.7	−19.9...−28.9
CERES 2001-2010	−47.5	29.5	−18
Nimbus7 1979-1986	−57	24	−33
Climate Change 2013	−50	30	−20
Wikipedia	−44	31	−13

Kiirgusbilansi tundlikkus pilvehulga muutuste suhtes

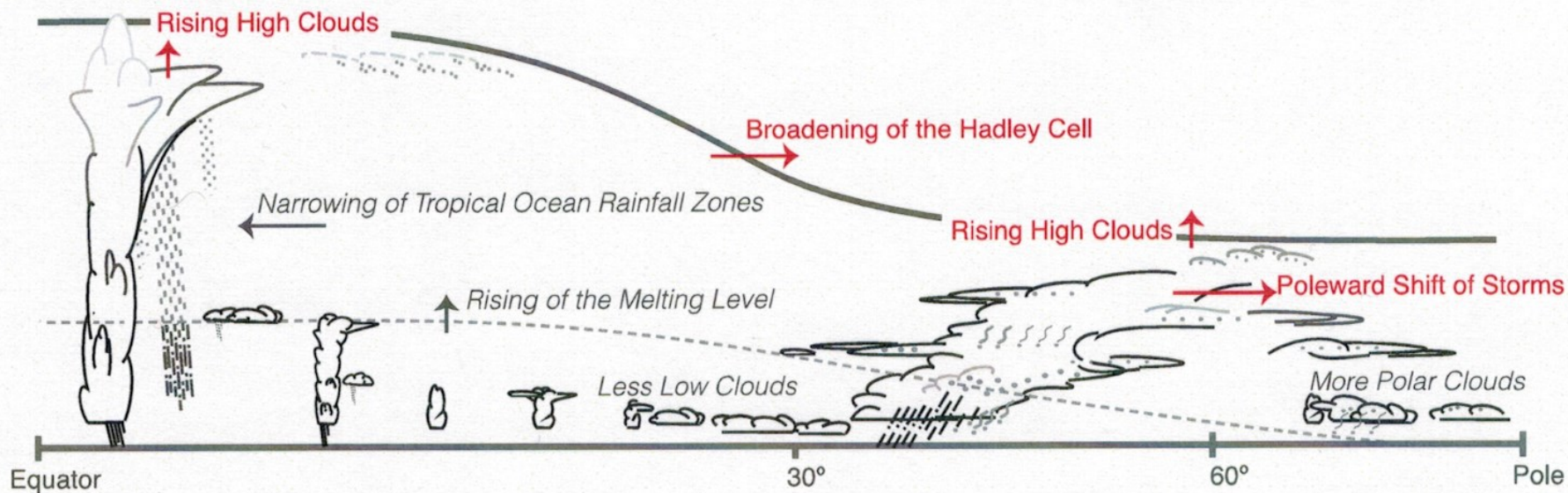
$$\delta = \frac{\partial Q}{\partial C} - \frac{\partial M}{\partial C}$$

$Q = I(1 - \rho)$ - neeldunud lühilaineline kiirgus

M – lahkunud pikalaineline kiirgus

Aga muutuda võivad ka üläpiiri
kõrgus, pilvede paksus...

Kuidas muutuvad pilvkatte omadused globaalse soojenemise tingimustes?
Milline on nende muutuste tagasiside globaalsele soojenemisele?



Ei ühtegi mehhanismi, mis võiks tugevdada albeedoefekti.

Kokkuvõte:

Kliimamudelitel on tööd veel küllaga