

Krüosfäär ja kliima

Rein Vaikmäe

TTÜ Geoloogia Instituut

Eesti TA seminar „Kliima ja energeetika“

Krüosfääri roll kliimasüsteemis

- Mõjutab kliimat ("külmamahtuvus", albeedo, mõju atmosfääri tsirkulatsioonile, magevee hoidla jne.)
- Reageerib (tundlikult) kliimamuutustele
- Salvestab kliima- ja keskkonnamuutuste infot

Kust me teame, kui soe või külm oli miljon aastat tagasi?

- Jää puursüdamikud: **hapniku ja vesiniku isotoopkoostis** peegeldab sademete formeerumise temperatuure ning **mullikesed (suletised)** sisaldavad õhuproove jää moodustumise aegsest atmosfäärist. (kunagine pCO_2).
- Ookeani põhjasetted: süvaookeani karbonaatsete setete **hapniku ja süsingu isotoopkoostis** peegeldab miljonite aastate jooksul toimunud kliimamuutusi.
- Andmed näitavad, et jääkilbid on kasvanud ja kahanenud ning geoloogilisel ajaskaalal on see toimunud **sageli ning regulaarsete tsüklitena**.

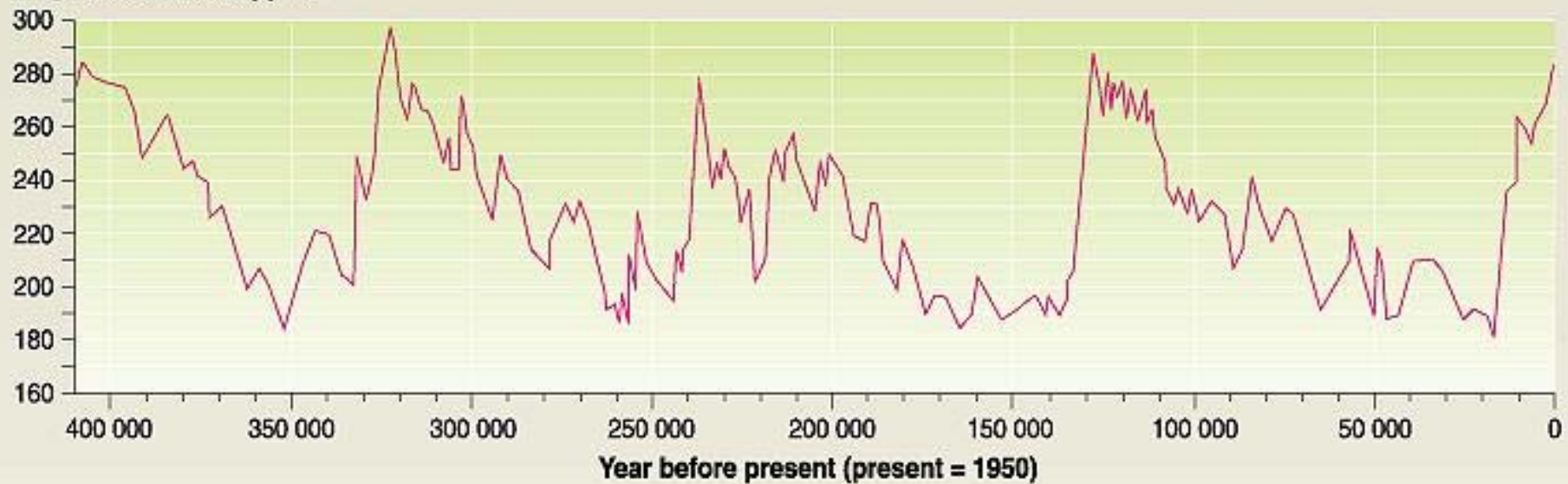
Hapniku isotoobid ja paleokliima

- Vee molekuli hapniku isotoobid fraktsioneeruvad aurustumise ja kondenseerumise käigus
 - $H_2^{16}O$ aurustub kergemini kui $H_2^{18}O$
 - $H_2^{18}O$ kondenseerub kergemini kui $H_2^{16}O$

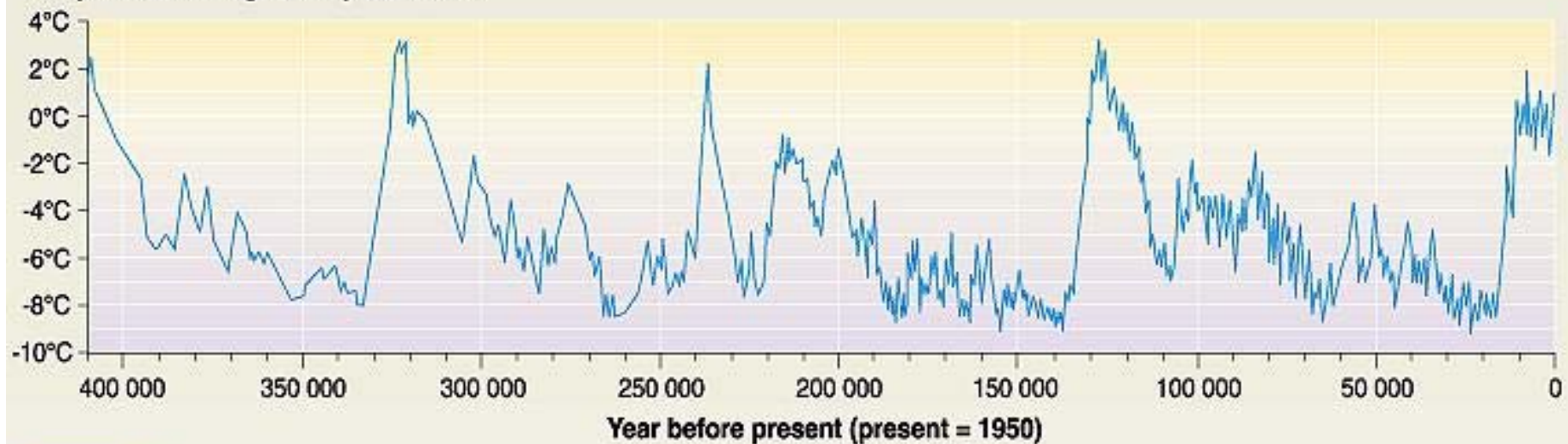
- Hapniku isotoobid fraktsioneeruvad ka siis, kui mereorganismid ehitavad karbonaatseid ($CaCO_3$) kestasid ja eelistavad seejuures ^{16}O .

Temperature and CO₂ concentration in the atmosphere over the past 400 000 years (from the Vostok ice core)

CO₂ concentration, ppmv



Temperature change from present, °C



Hapniku isotoobid ja paleokliima

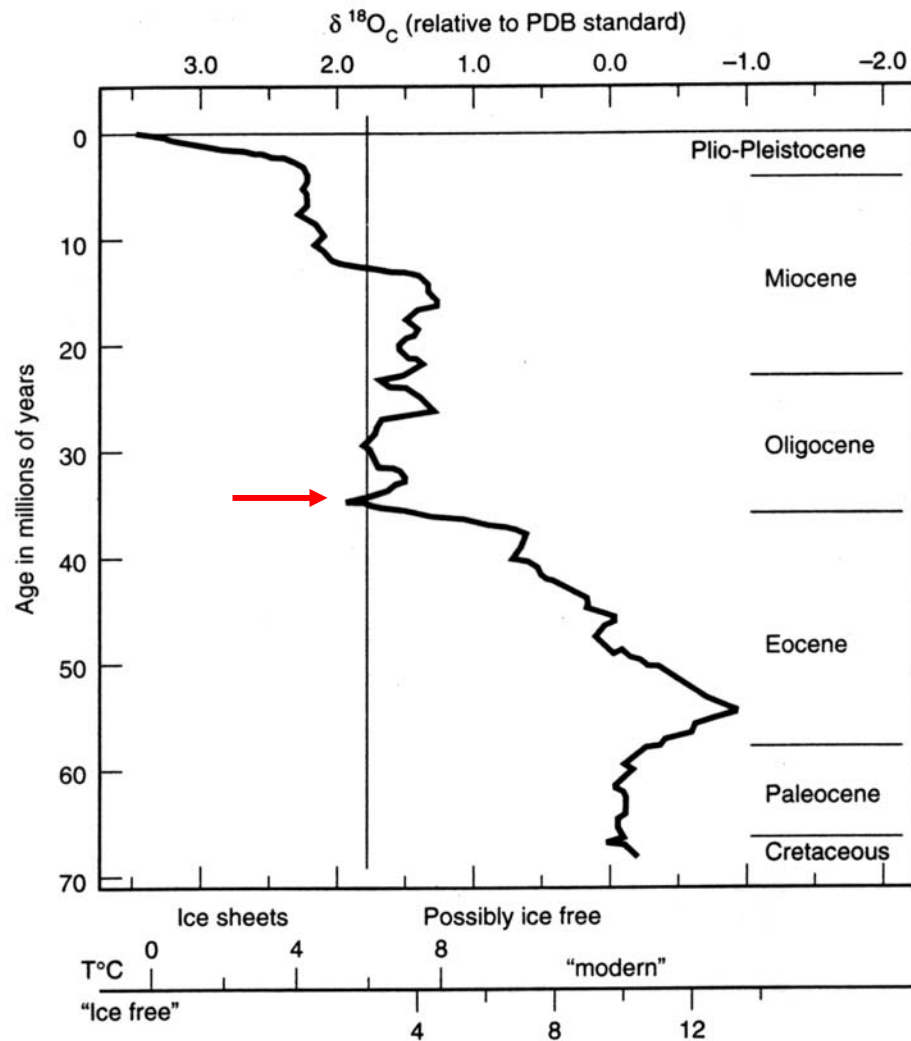
- Kliima jahenedes suureneb meres karbonaatsetes kodades ^{18}O sisaldus
- Soojenedes ^{18}O sisaldus väheneb.

Kuidas rekonstrueeritakse mineviku kliimamuutusi?

Puude aastarõngad, karbonaatsed skeletid, liustikujää jne

Üks kõige efektiivsem meetod on foraminifeeride isotoopkoostise uurimine

- Eluajal koguvad foraminifeerid isotoope skeletti,
kogus on sõltuv temperatuurist
- Mõõdetakse setetes mattunud kodade isotoopkoostist



K. K. Turekian, *Global Environmental Change*, 1996

Pikaajalised
hapniku
isotoopkoostise
muutused

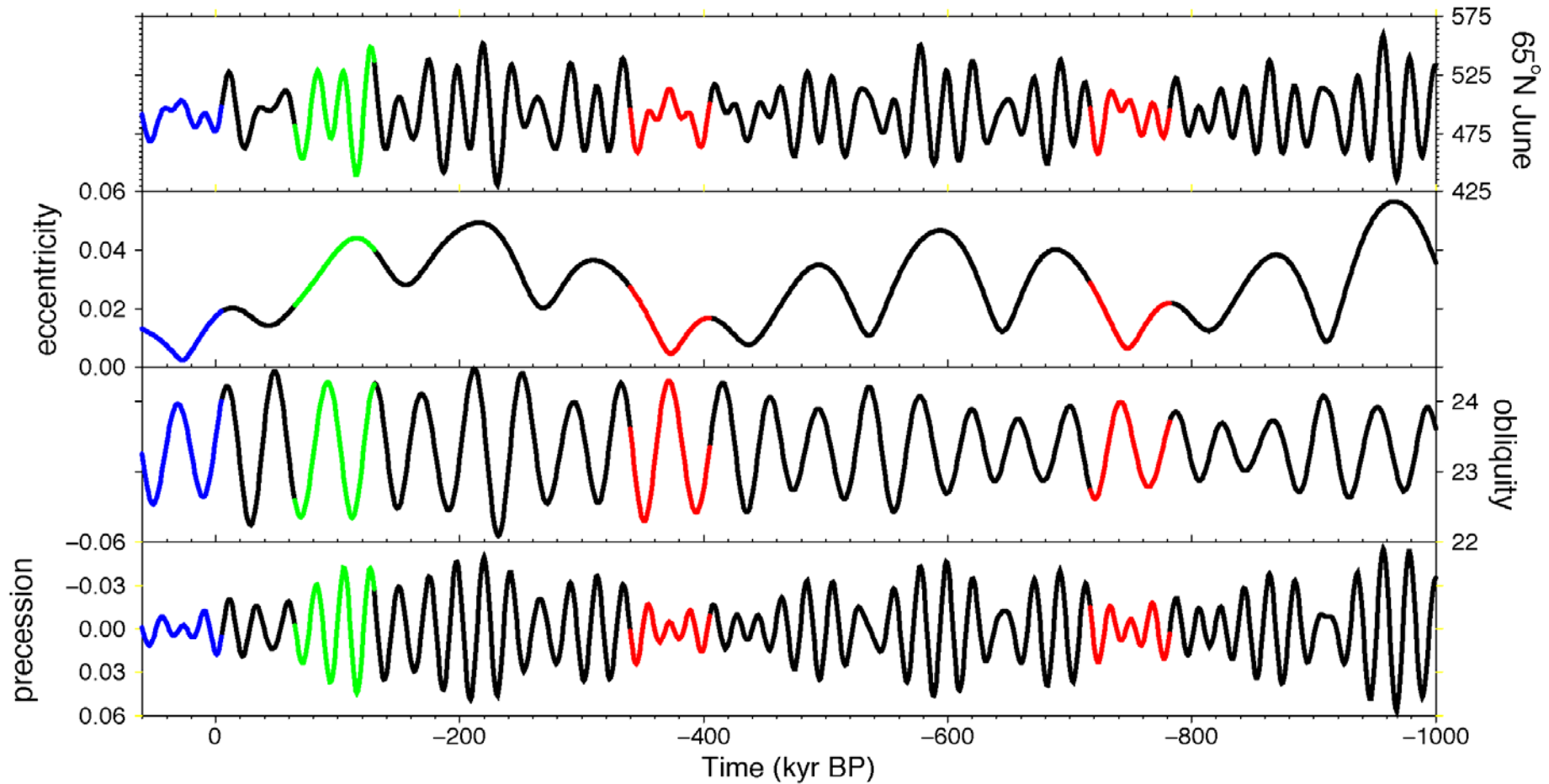
Antarktika
— jääkilp hakkas
moodustuma ca
35 Ma tagasi

Põhjuseks võis
olla Drake väina
Avanemine
Antarktika
ja L. Ameerika vahel

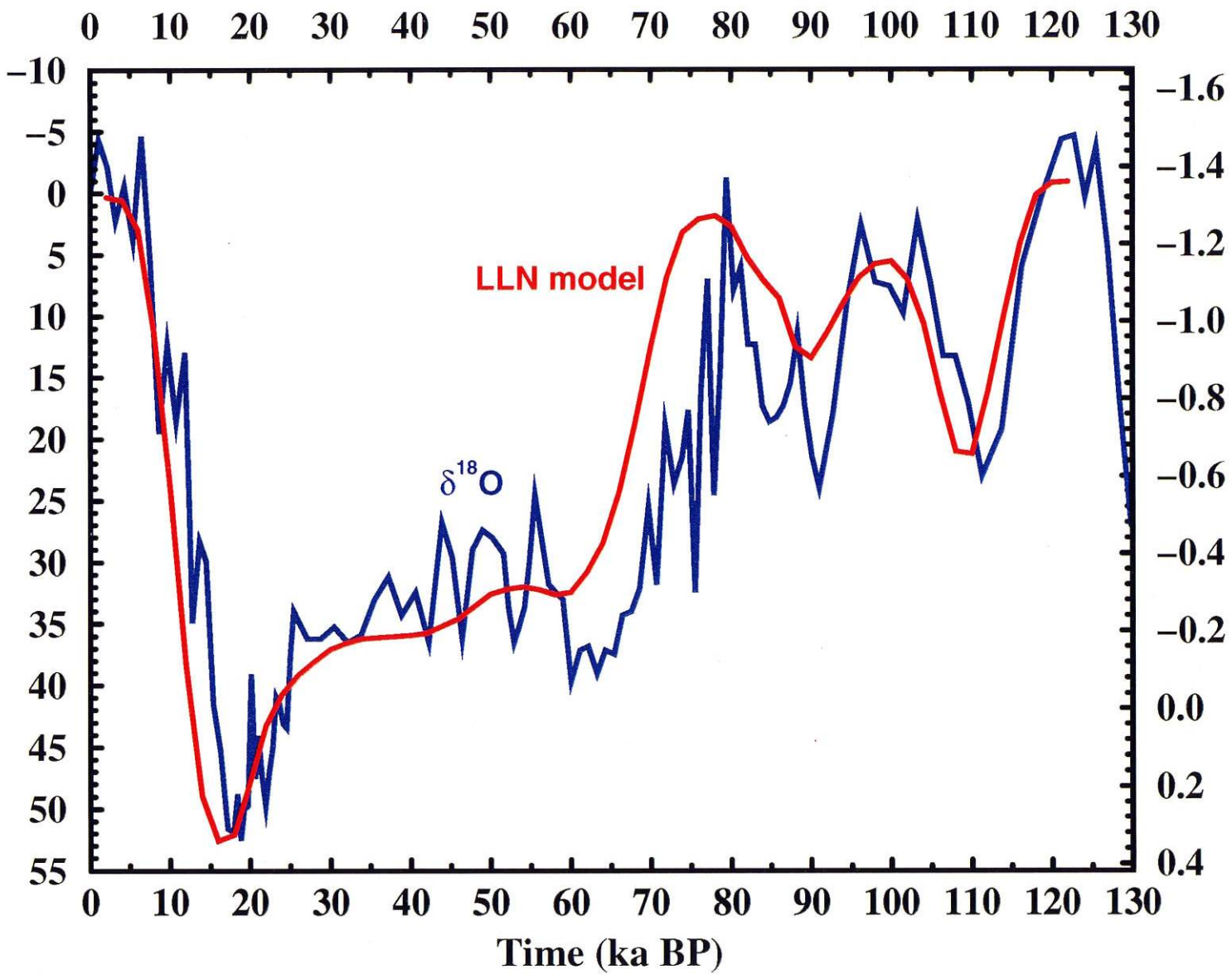
Astronoomilised tegurid

- jääkilpide kasvuks
soodsad tingimused
- jääkilpide
kahanemiseks
soodsad tingimused

Orbitaalparameteerid : tuleviku analoogid

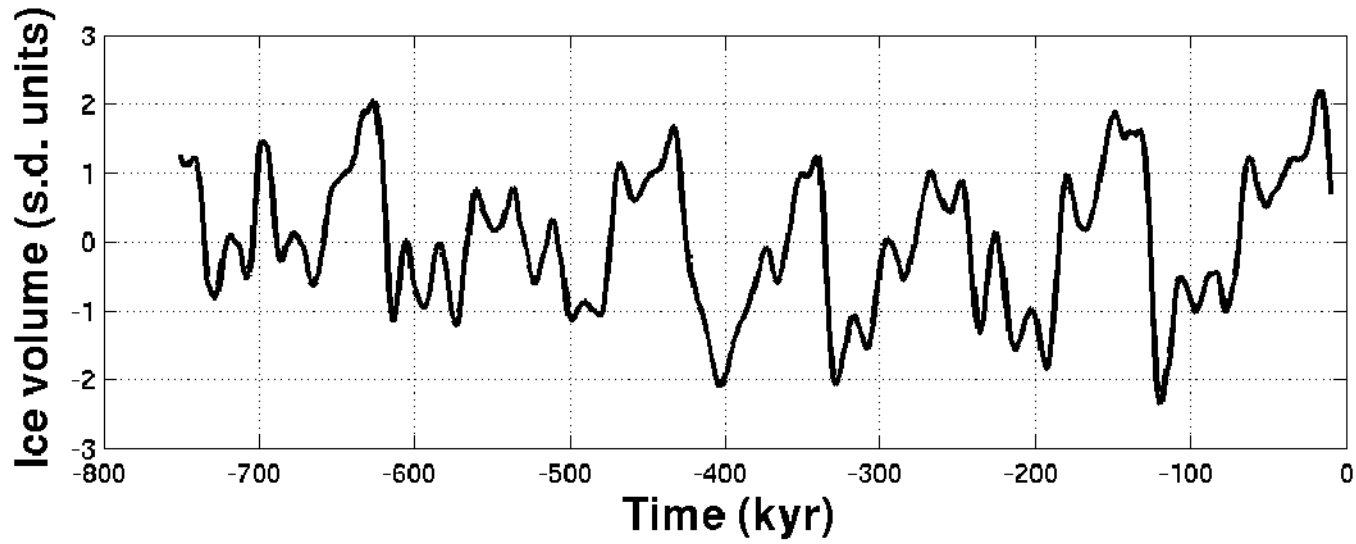


Deviation from present day₃
continental ice volume (10^6 km^3)
(Gallee *et al.*, 1991; 1992)



Core MD85-668 $\delta^{18}\text{O}$ (per mil) to PDB
(Shackleton *et al.*, 1993)

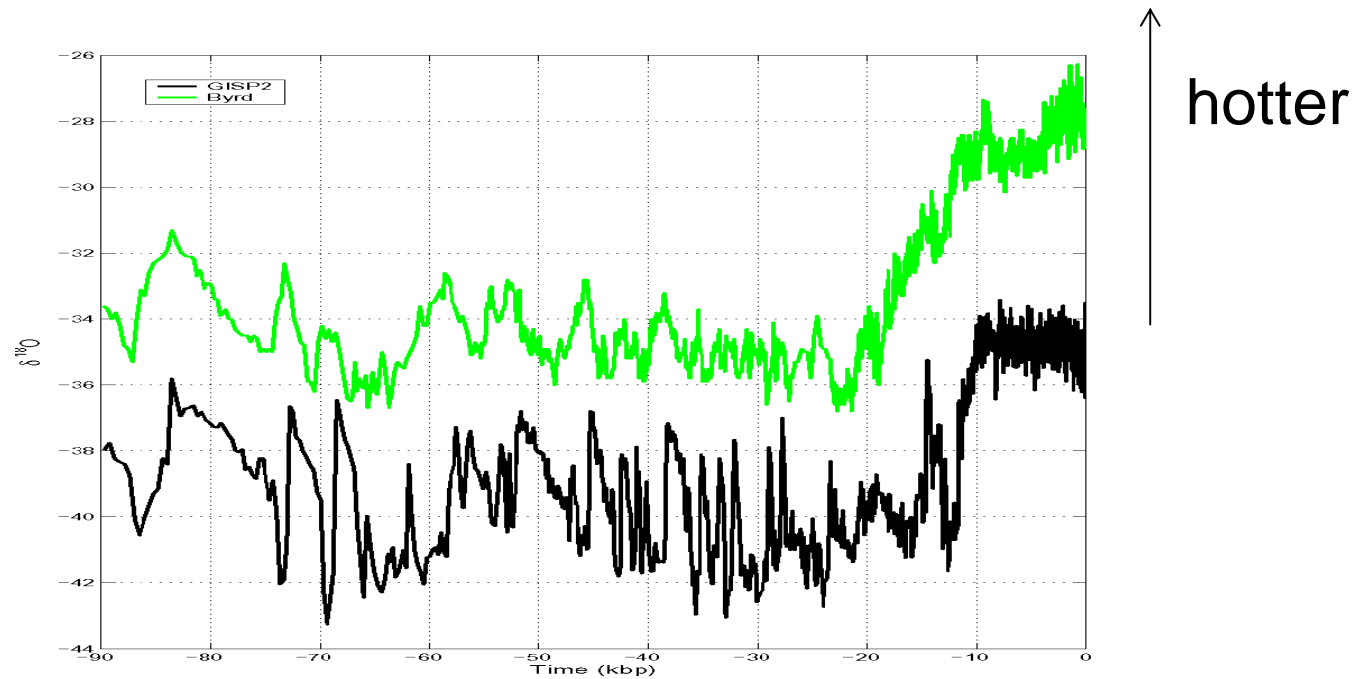
SPECMAP (1981) globaalsed jää mahu muutused



Viimase jääaja temperatuurid – järsud kliimamuutused

Antarctica

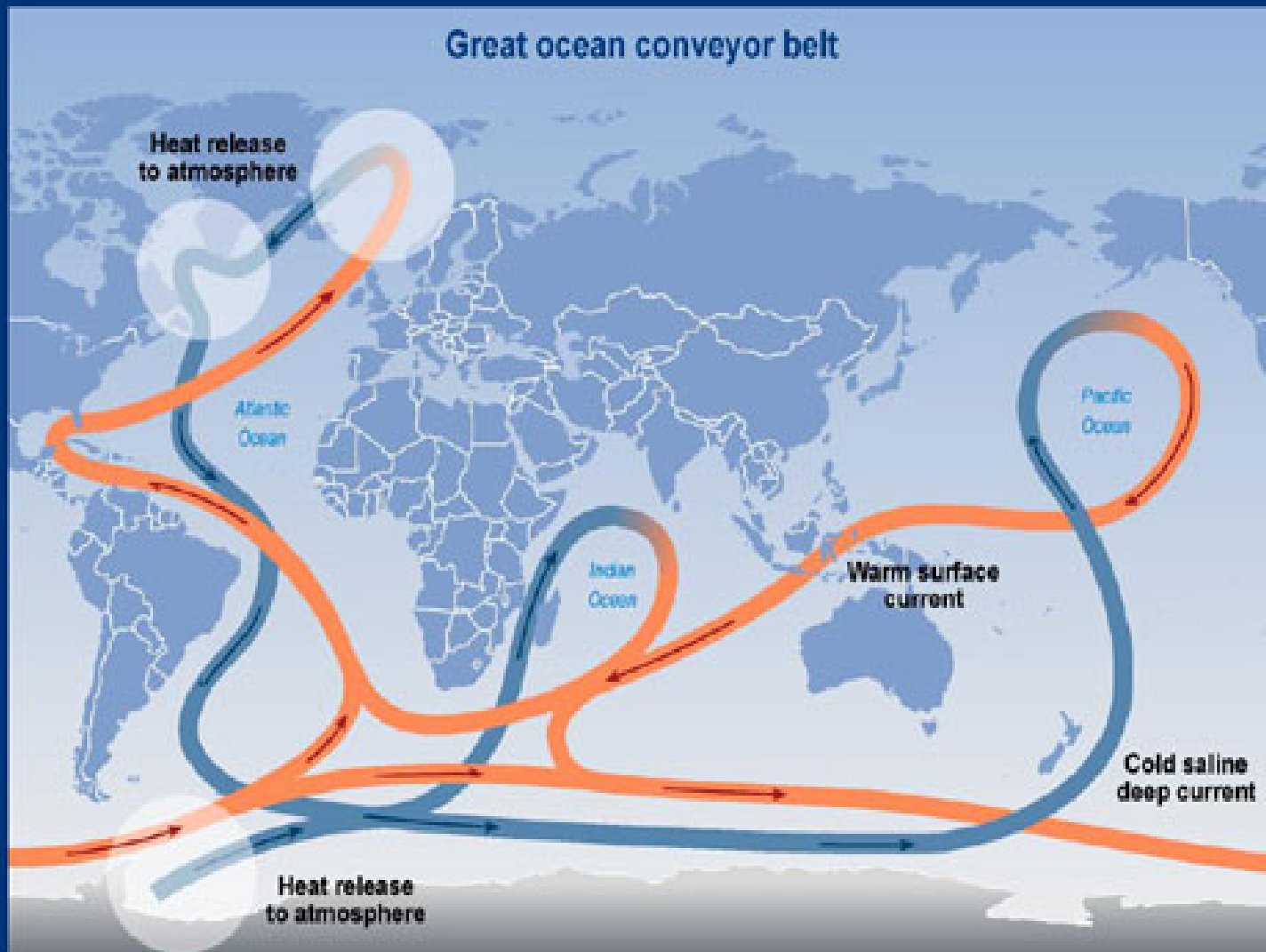
Greenland



90 kyr ago

Time →

Now



SYR - FIGURE 4-2

Ookeani roll

- vee tihedus suureneb soolsuse kasvades ja temperatuuri alanedes
- konveierit käivitabki ja hoiab töös vee tiheduse muutumine

Ookeani roll

- ekvaatori piirkonnast põhjapoole liikuv soe vesi aurustub ja annab seega ära soojust (soojendab Euroopat)
- aurustumise tagajärjel suureneb vee soolsus
- soolanev ja jahenev vesi muutub tihedamaks ja sukeldub Põhja Atlandi piirkonnas, ning liigub külma süvahoovusena tagasi lõuna suunas

Ookeani roll

- mittelineaarset süsteemil on kaks erinevat tasakaalu asendit: stabiilne ja mittestabiilne
- ka ookeani konveier on mittelineaarne süsteem

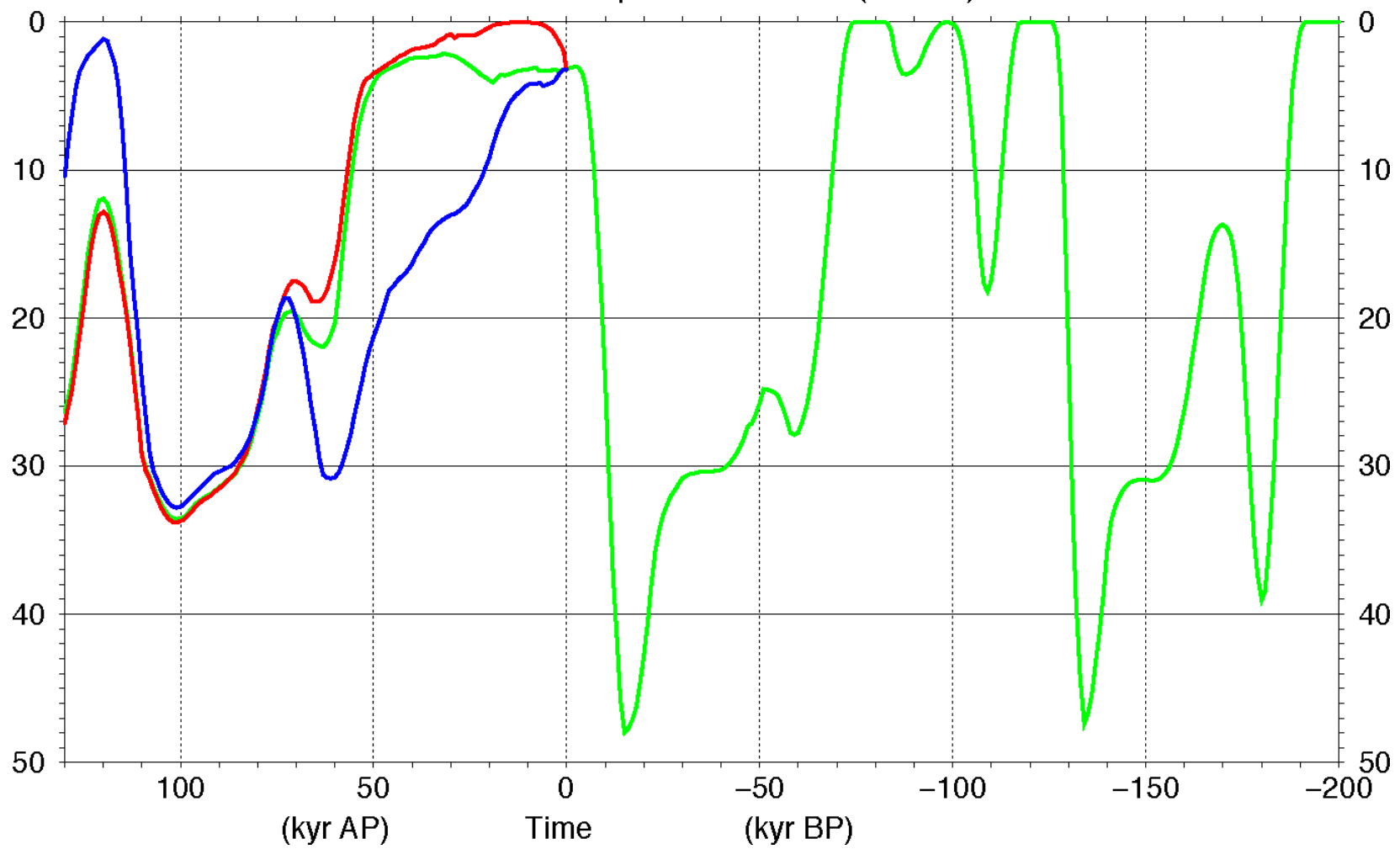
Ookeani roll konveier võib pikemat aega olla ühes või teises tasakaalu asendis (vastavalt jääaja või jäävaheaja režiim); üleminekul ühest režiimist teise on konveier emastabiilne ja võib põhjustada kiireid lühiajalisi kliimamuutusi

Ookeani roll

- konveieri käik Atlandil
jääajal ja praegu
- max soojuse
eraldumine toimub
praegu umbes 20°
põhja pool kui jääajal

**Erakordne
astronoomiliste mõjurite
kombinatsioon järgneva
50 tuh. aasta jooksul**

Northern hemisphere ice volume (10^6 km^3)



Järeldused:

**"Me elame
tähelepanuväärse ajal!"**

(J. Hašek)