



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Kliima soojenemine// Õhu CO₂ sisalduse suurenemine *Vastakaid mõtteid kliimamuutuste põhjuste kohta*

KARL INGERMANN, TTÜ emeriitdotsent

Loengu sisu

- *Sissejuhatus, ülevaade probleemist*
- *Pariisi kliimaleppe sisust*
- *Näiteid kliimamuutuste kohta, põhilised probleemsed energiatootjad*
- *Temperatuuri tõus, selle seos maakera ümbritseva atmosfääriga*
- *Energia- ja kütusetarbe suurenemine, selle seos temperatuuritõusuga*
- *CO2 emissioon maakera atmosfääri*
- *Maakera temperatuurirežiimi mõjutavad tegurid*
- *Kiirgussoojusvahetuse alustest (meeldetuletuseks)*
- *Gaasikomponentide neeldumisspektrid*
- *Kliima soojenemise põhimõjurid*
- *Maakera temperatuurimuutuste ajaloost*
- *CO2 emissioon erinevate kütuste kasutamisel*
- *CO2 emissioon puidu põletamisel*
- *Kütuste põlemisel tekkiva CO2 ladustamisvõimalused (sequestration)*
- *Metsade lageraie (deforestation)*
- *Kokkuvõte, järeldused*



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Sulav jää ja tõusev merevee tase

Kliimamuutuste mõju avaldub kogu maailmas. Polaarjää sulab ja merevee tase tõuseb. Mõnedes piirkondades on äärmuslikud ilmastikunähtused ja vihm muutumas tavapärasemaks, samas kui mujal esineb senisest enam äärmuslikke kuumalaineid ning põuda.

Prognooside kohaselt suureneb kliimamuutuste mõju järgmistel aastakümnetel veelgi.

- **Euroopa Komisjon - Kliimameetmed > Climate change > Kliimamuutuste tagajärjed**
- **Äärmuslikud ilmastikuolud, nihkuv sademeterežiim**
- Tugevad vihmajärgid ja muud äärmuslikud ilmastikunähtused sagenevad. See võib põhjustada **üleujutusi** ja **vee kvaliteedi halvenemist**, kuid mõnes piirkonnas ka **veevarude vähenemist**.

Tagajärjed Euroopale

- **Lõuna- ja Kesk-Euroopas** esineb üha sagedamini kuumalaineid, metsatulekahjusid ja põuaperioode.
- **Vahemere piirkond** muutub kuivemaks, muutes selle põua ja metsapõlengute suhtes veelgi haavatavamaks.
- **Põhja-Euroopa** kliima muutub oluliselt niiskemaks ja talvised üleujutused võivad saada tavapäraseks.
- **Linnapiirkondi**, kus praegu elab 80% eurooplastest, ähvardavad kuumalained, üleujutused ja meretaseme tõus, kuid sageli on nende võimalused kliimamuutustega kohanemiseks piiratud.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Pariisi kliimalepingu kohased eesmärgid

ELi peamised eesmärgid 2020. aastaks:

- vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid 1990. aastaga võrreldes **20 %**;
- saada vähemalt **20%** kogu energiast taastuvatest energiaallikatest;
- suurendada energiatõhusust vähemalt **20%**.

ELi peamised eesmärgid aastaks 2030

- vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähemalt 40%, 1990. aastaga võrreldes;
- saada vähemalt 27% kogu energiast taastuvatest energiaallikatest;
- suurendada energiatõhusust vähemalt 27%.

Pariisi kliimaleppe kohased eesmärgid

- **Eesti eesmärgid:**
- vähendada aastaks 2030 kasvuhoonegaaside heidet vähemalt 40% võrreldes 1990. aasta tasemega ning aastaks 2050 80%
- Rakendada puhtamaid ja nutikamaid tehnoloogiaid ning tugevalt suurendada kodumaist taastuvenergiaallikate kasutamist.
- Maailmapanga statistika kohaselt on **Eesti Euroopas kurvastaval teisel kohal**, tootes 14 tonni CO₂-te inimese kohta aastas. Võrdluseks, et näiteks inglased on see number poole väiksem (7,1), ka rootslasi (5,5) ja soomlasi (10,2) edestame kõvasti. Isegi venelastest (10,6) ja muidugi lätlastest (3,8) saime mööda. Selle peamine põhjus on väga süsinikumahuka põlevkivi kasutamine energeetikasektoris.

Selected Significant Climate Anomalies and Events November 2016

GLOBAL AVERAGE TEMPERATURE

November 2016 average global land and ocean surface temperature was the fifth highest since records began in 1880.

CANADA

Ontario and Quebec were warmer than average for November, with temperatures as much as 20°C above normal recorded in some areas during the first two weeks of the month.

ARCTIC SEA ICE EXTENT

November 2016 sea ice extent was 17.7 percent below the 1981-2010 average. This marked the smallest November sea ice extent since satellite records began in 1979.

EUROPE

The November temperature for the United Kingdom ranked in the coolest third among all years in its 107-year record and was its coolest November since 2010.

ASIA

The Asian continent experienced its 27th coolest November in the 107-year continental record.

CONTIGUOUS UNITED STATES

The contiguous U.S. observed its second warmest November, behind only November 1999, and warmest autumn since national record began in 1895.

HURRICANE OTTO

(November 21st – 25th, 2016)

Maximum winds 175 km/h. Otto was the 7th hurricane of the 2016 Atlantic hurricane season and became the southernmost hurricane on record to make landfall over Central America.

AFRICA

It was the 3rd warmest November for Africa in the 107-year continental record, behind only 2010 and 2012.

SOUTH AMERICA

Overall, it was the 10th warmest November, tying with 2002, in the 107-year continental record for South America.

NEW ZEALAND

Low pressure systems brought heavy rainfall to some regions. Wellington observed its wettest November in its 89-year record.

ANTARCTIC SEA ICE EXTENT

November 2016 sea ice extent was 11.1 percent below the 1981-2010 average, the smallest extent for November in the 37-year satellite record.



Please Note: Material provided in this map was compiled from NOAA's State of the Climate Reports. For more information please visit: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc>



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Statement Club of Rome

Maurice Strong and Gore come from the Club of Rome clique, who in their 1991 Report, "The First Global Revolution" openly admitted how they were planning to exploit the contrived hoax of global warming in order to further their agenda.

*"In searching for a new enemy to unite us, we came up with the idea that pollution, the threat of global warming, water shortages, famine and the like would fit the bill. All these dangers are caused by human intervention, and it is only through changed attitudes and behavior that they can be overcome. **The real enemy then, is humanity itself.**" they wrote*

Otsides uut, meid ühendavat vaenlast, tulime lagedale mõttega, et keskkonnareostus, globaalse soojenemise oht, veevarude kahanemine, näljahäda ja muu sarnane, võiks selleks hästi sobida... Kuid kõik need ohud on põhjustanud inimene ise... Seega on tegelik vaenlane – inimene ise.

Rooma Klubi, 1991¹

Üleujutus Londonis



Üleujutus Islingtonis (UK)

News

flooding in uk

4 of 9



The water was at a depth of two metres in the basements of properties in Charlton Place in Islington (pictured)

© Stuart Rock

Windows taskbar: 9:01 12.12.2016

Tai üleujutustes juba 21 hukkunut

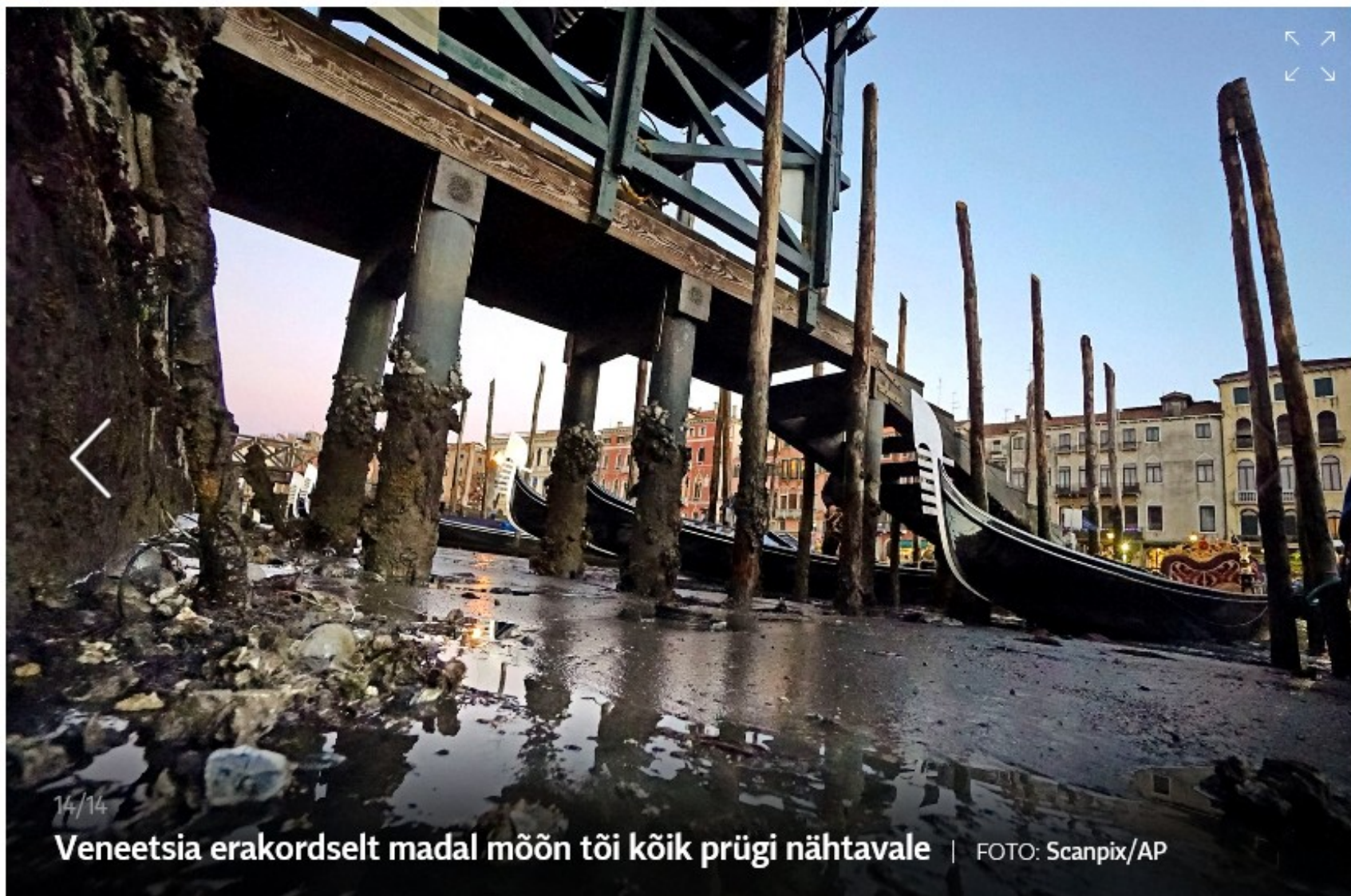
Õhtuleht.ee, 10. jaanuar 2017, 04:00



Tai üleujutustes juba 21 hukkunut Kagu-Aasias Tai lõunaosas. (AFP / Scanpix)

Erakordne mõõn Veneetsias

[http://reis.postimees.ee/3966319/galerii-veneetsiat-tabas-erakordne-moon?](http://reis.postimees.ee/3966319/galerii-veneetsiat-tabas-erakordne-moon?_)



14/14

Veneetsia erakordselt madal mõõn tõi kõik prügi nähtavale | FOTO: Scanpix/AP

IL
IGY

Erakordne mõõn Veneetsias



Pm

<http://reis.postimees.ee/3966319/suur-galerii-sajandi-moon-jaettis-veneetsia-kuivale>

13/45

Veneetsia erakordne mõõn tõi kõik prügi nähtavale | FOTO: Scanpix



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Keeristorm Chaser

Storm Chaser Mike Olbinski

A deadly tornado touches down near the town of Wynnewood, Oklahoma

Mike Olbinski

IBT International Business Times



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Keeristorm Chaser



Torm



(Owen Humphreys/PA via AP). Waves crash into the sea wall at Seaham northeast England Friday Jan. 13, 2017. The North of England was covered in a blanket of snow while the east coast was braced for a storm surge that could cause flooding.

Ulan-Batori (Mongoolia) kivisõe jaam

Michael Kohn - Bloomberg - 23 December 2016



Reuters - In this file photo, smoke billows from the chimneys of a coal-burning power plant in Ulan Bator.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Terasesulatustehas Hiinas



Kevin Frayer/Getty Images - A Chinese laborer works at an unauthorized steel factory, foreground, on Nov. 4, 2016, in Inner Mongolia, China.

Lennushow Maltal.

Kui palju saastekomponente eraldub, ei huvita kedagi



5 of 32

Pictures of the week: Sept. 30, 2016

Valletta, Malta

The Pioneer Team, a civil aerobatic team from Italy, lets off pyrotechnics from their Pioneer 330 aircraft during the Malta International Airshow on Sept. 24.

Darrah Zammit/Reuters

Etna vulkaanipurse



Kabul, Afganistan, Dec.2016



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lennu – ja autotransport, sõjad, metsatulekahjud, vulkaanipursked jne. on samuti suure CO2 ja soojuse emissiooni põhjustajaks

BREAKING: Israel Bombs Syrian Military Airport In Damascus, Syria Promises Retaliation

News · Politics · War By Whitney Webb 

Posted on January 13, 2017

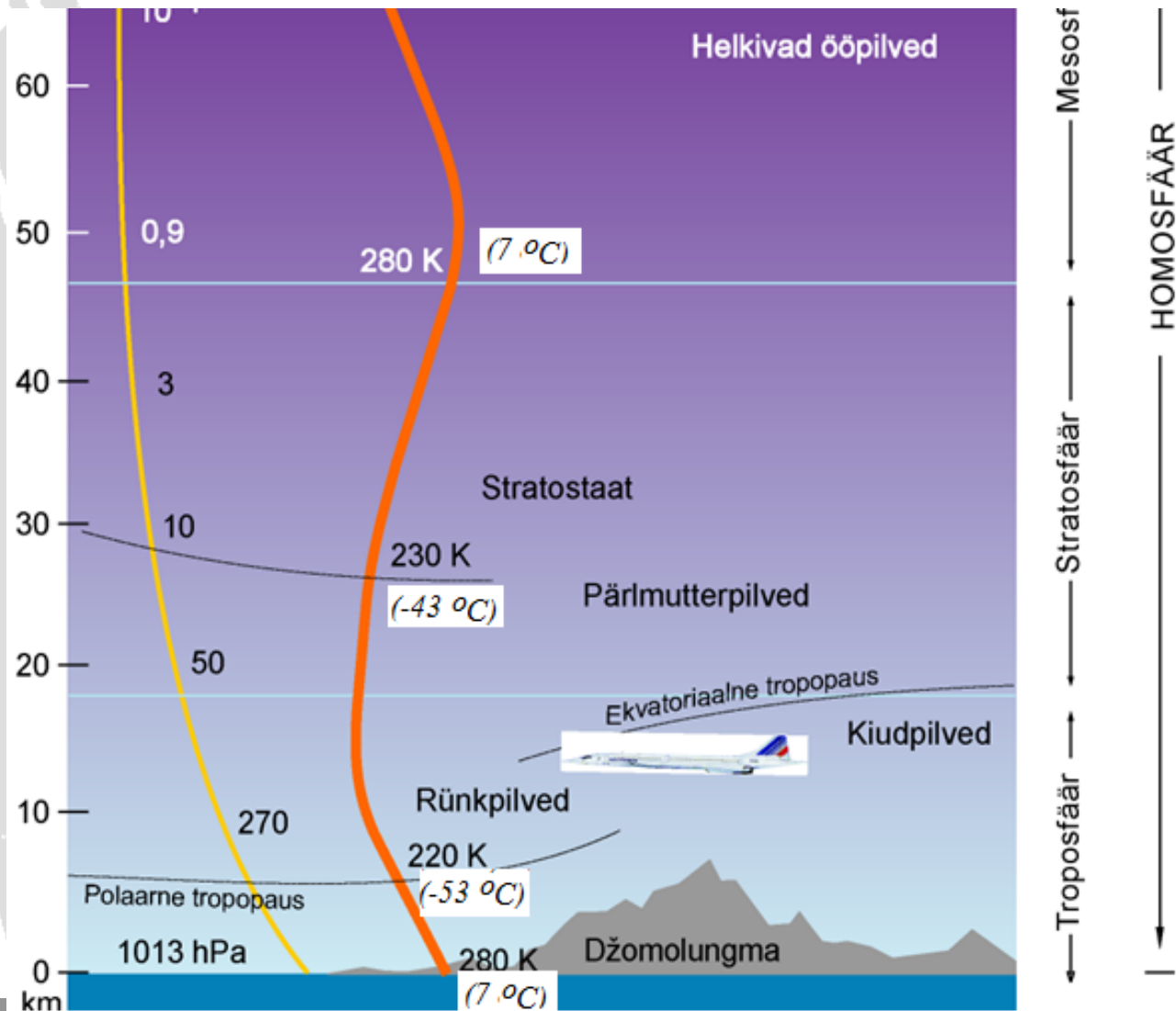
Could this be the spark that ignites World War 3?



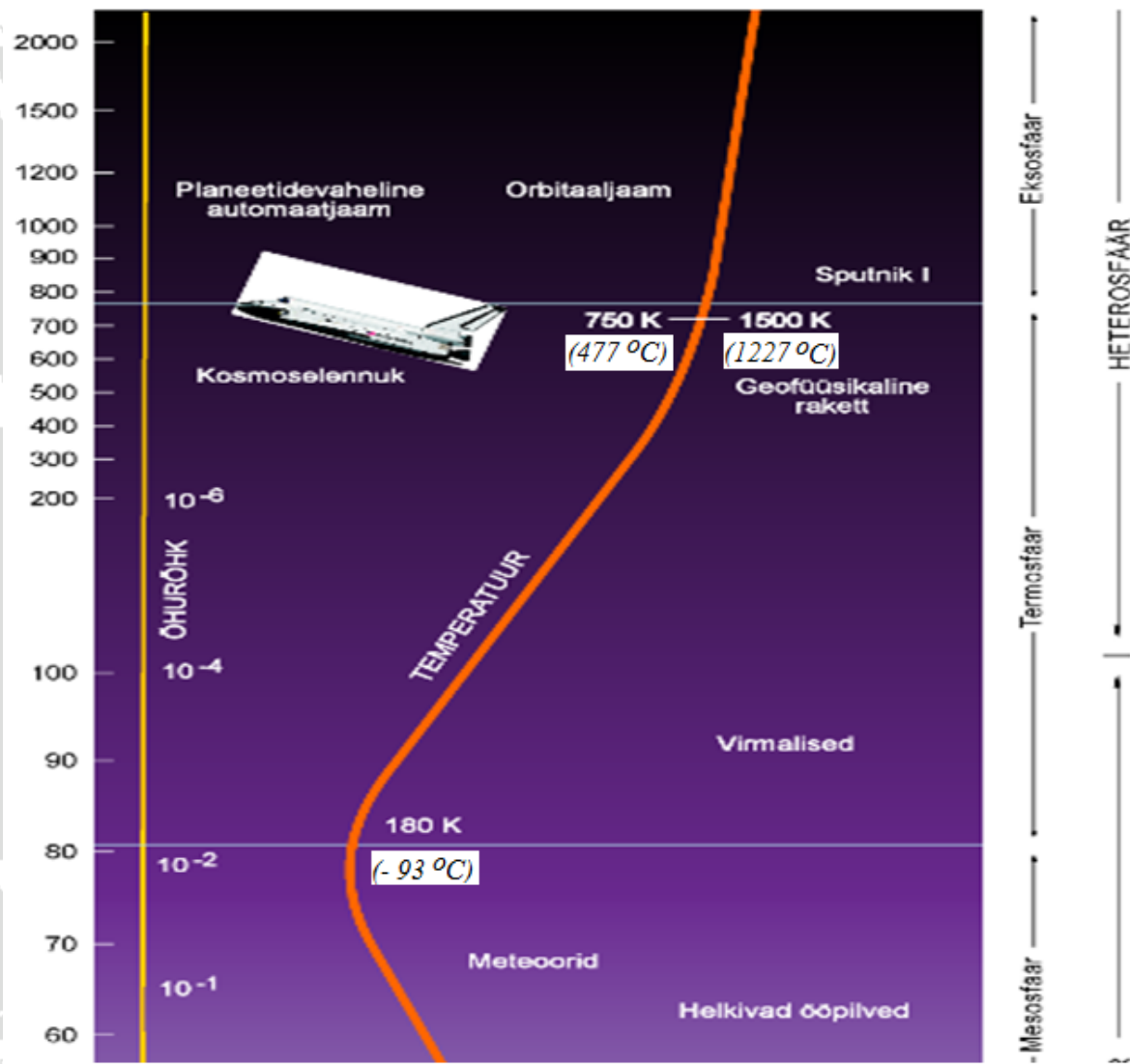
Credit – We Are Change (WRC)

LIKOOOL
CHNOLOGY

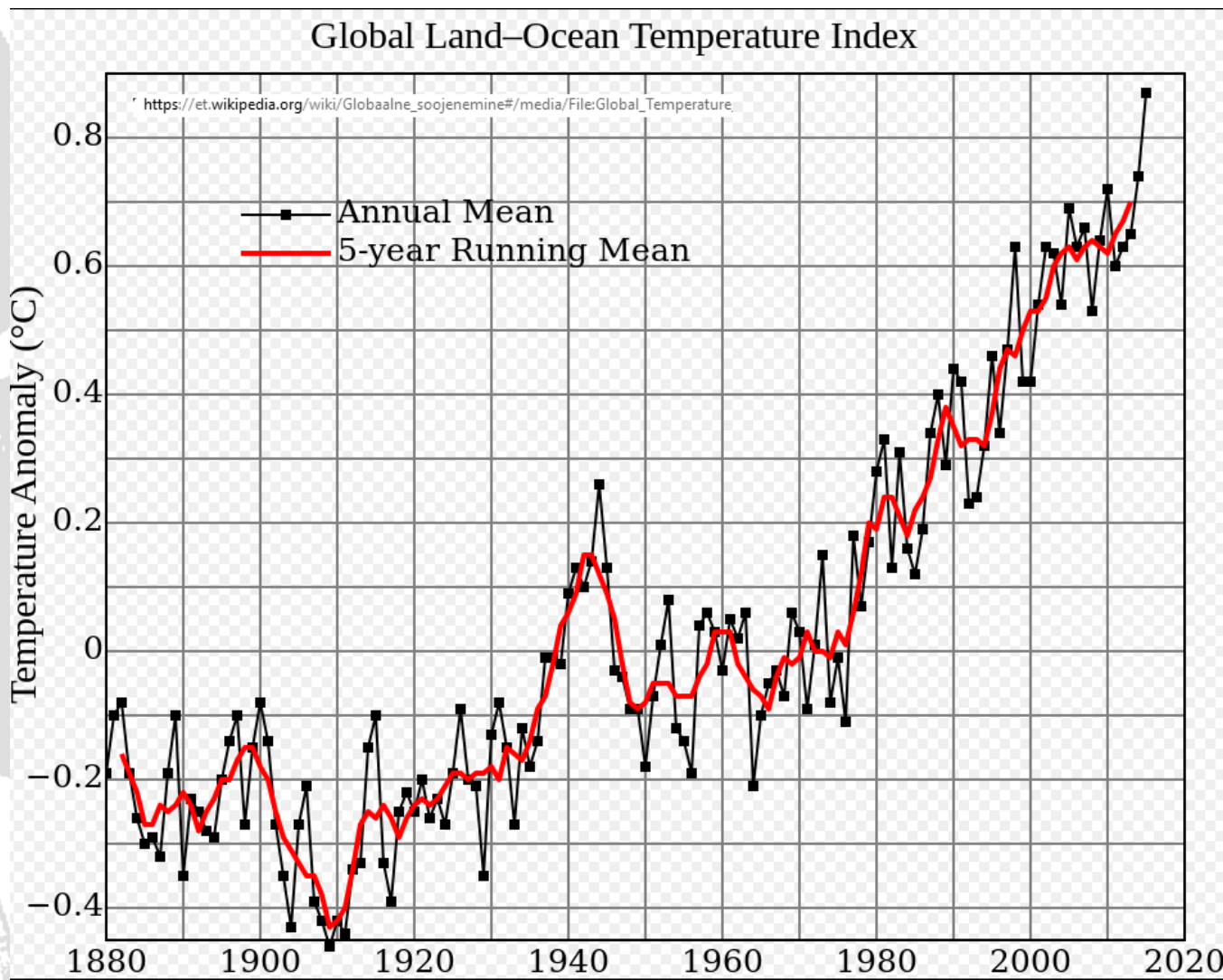
Maa atmosfäär, troposfäär, stratosfäär, mesosfäär



Maa atmosfäär, mesosfäär, termosfäär, eksosfäär

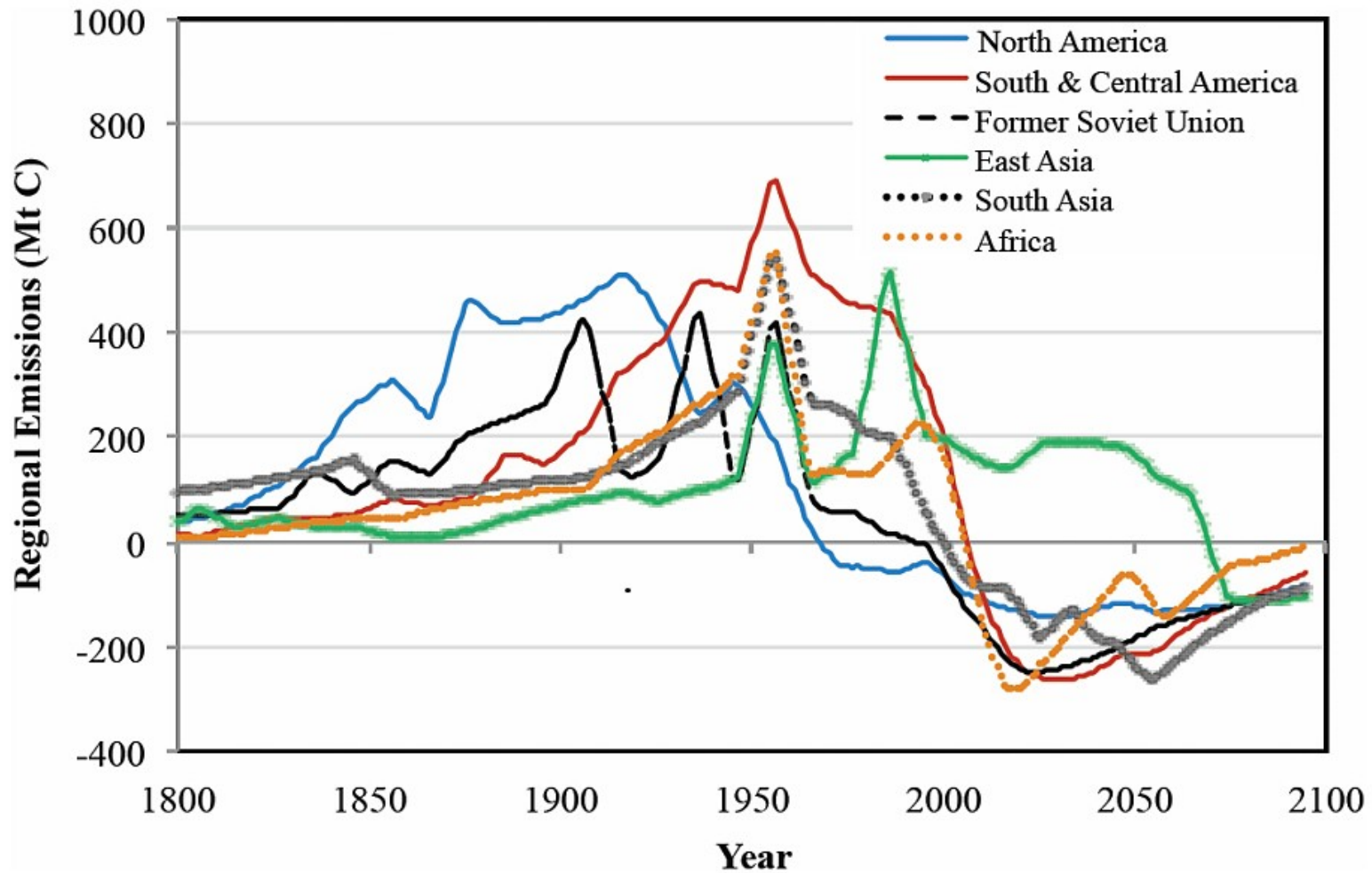


Temperatuuri anomaaliad. Allikas: Wikipedia

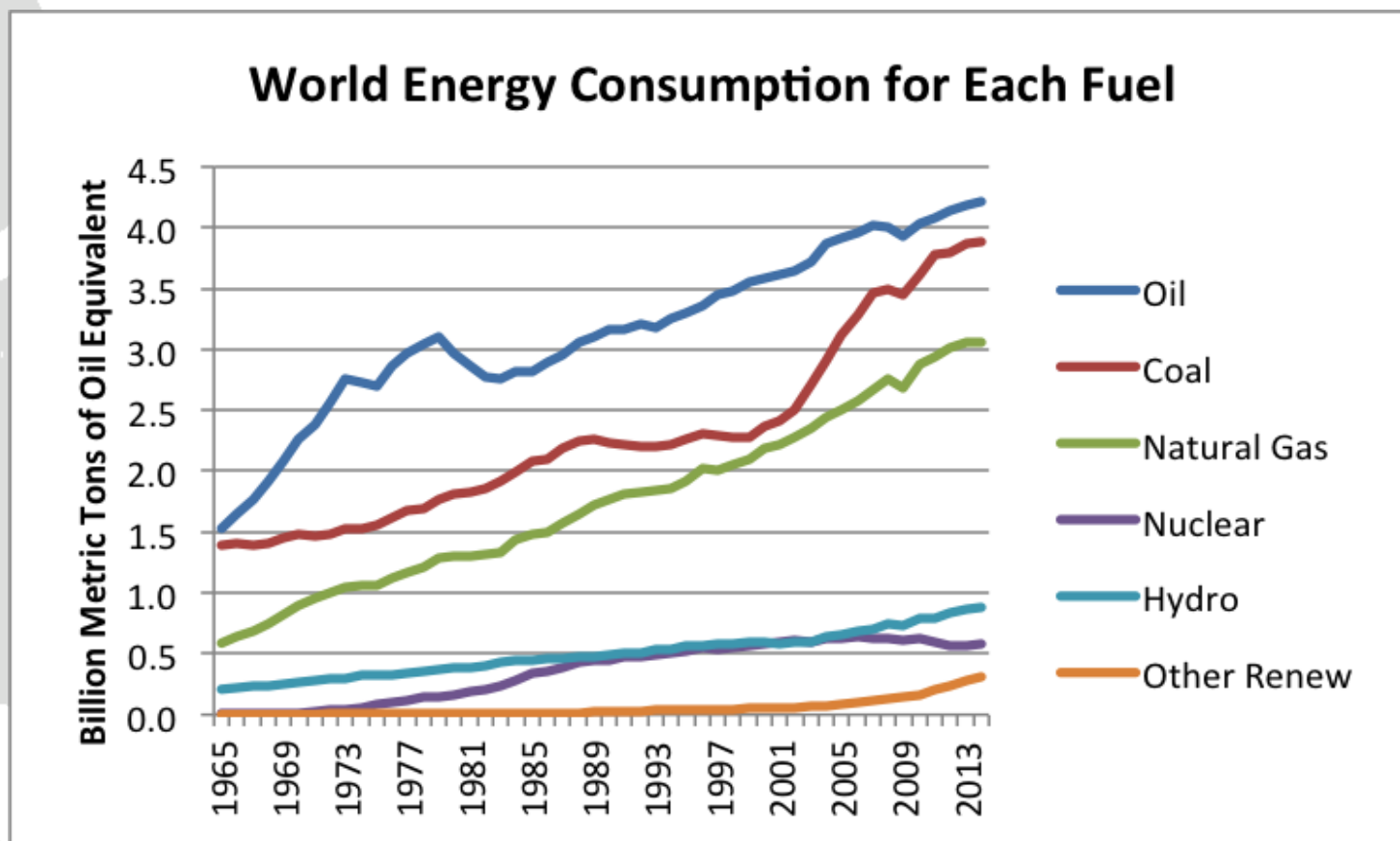


Keskmise temperatuuri muutus planeedi Maa pinnal vahemikus 1880–2015 võrrelduna vahemikuga 1951–1980.

CO2 emissioon piirkondade kaupa (miljonid tonnid, arvestatuna süsinikule)



Energia tarve maailmas kütuste kaupa. <https://www.google.ee/search?q=global+fuel+consumption&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj98bGc8sLQAhVI2CwKHTTmDD0QsAQIQA&biw=1264&bih=859#imgrc=erSefjkRTXaRrM%3A>

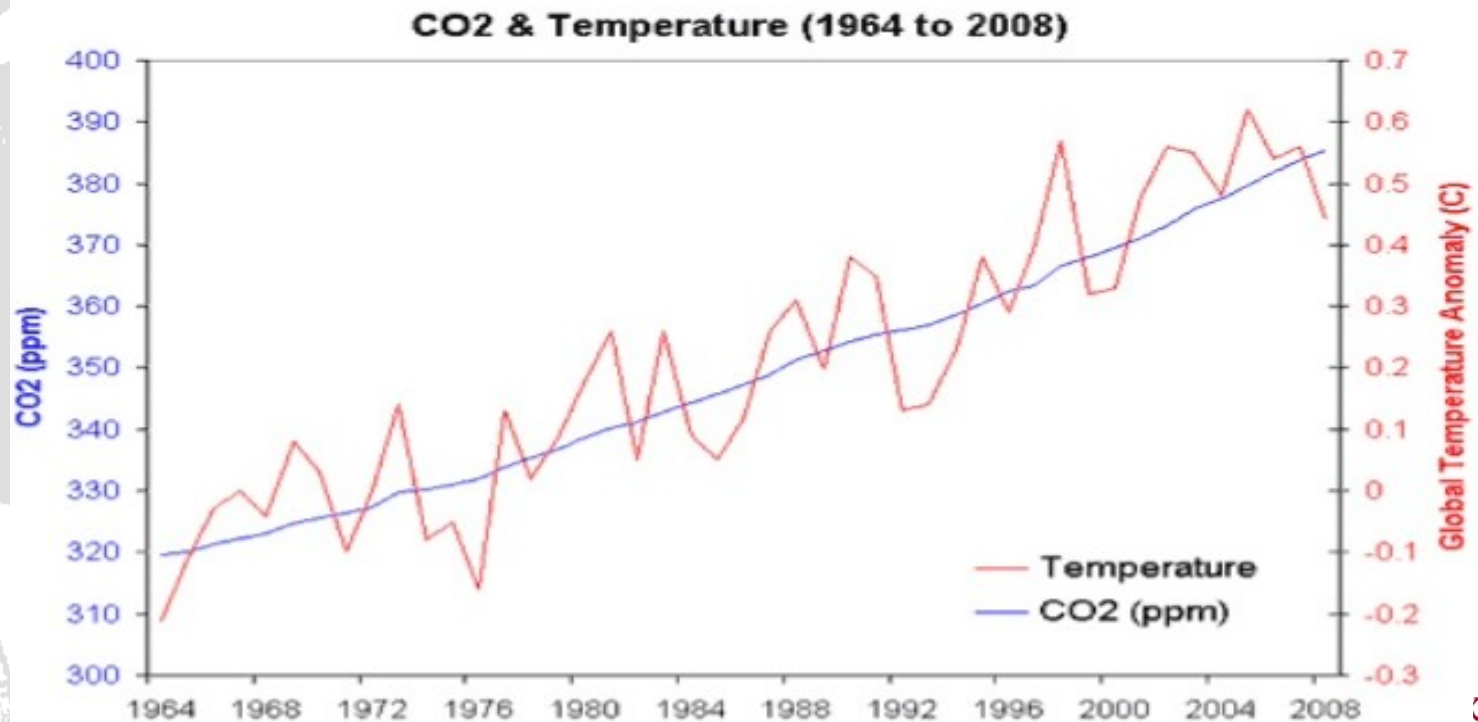


1918

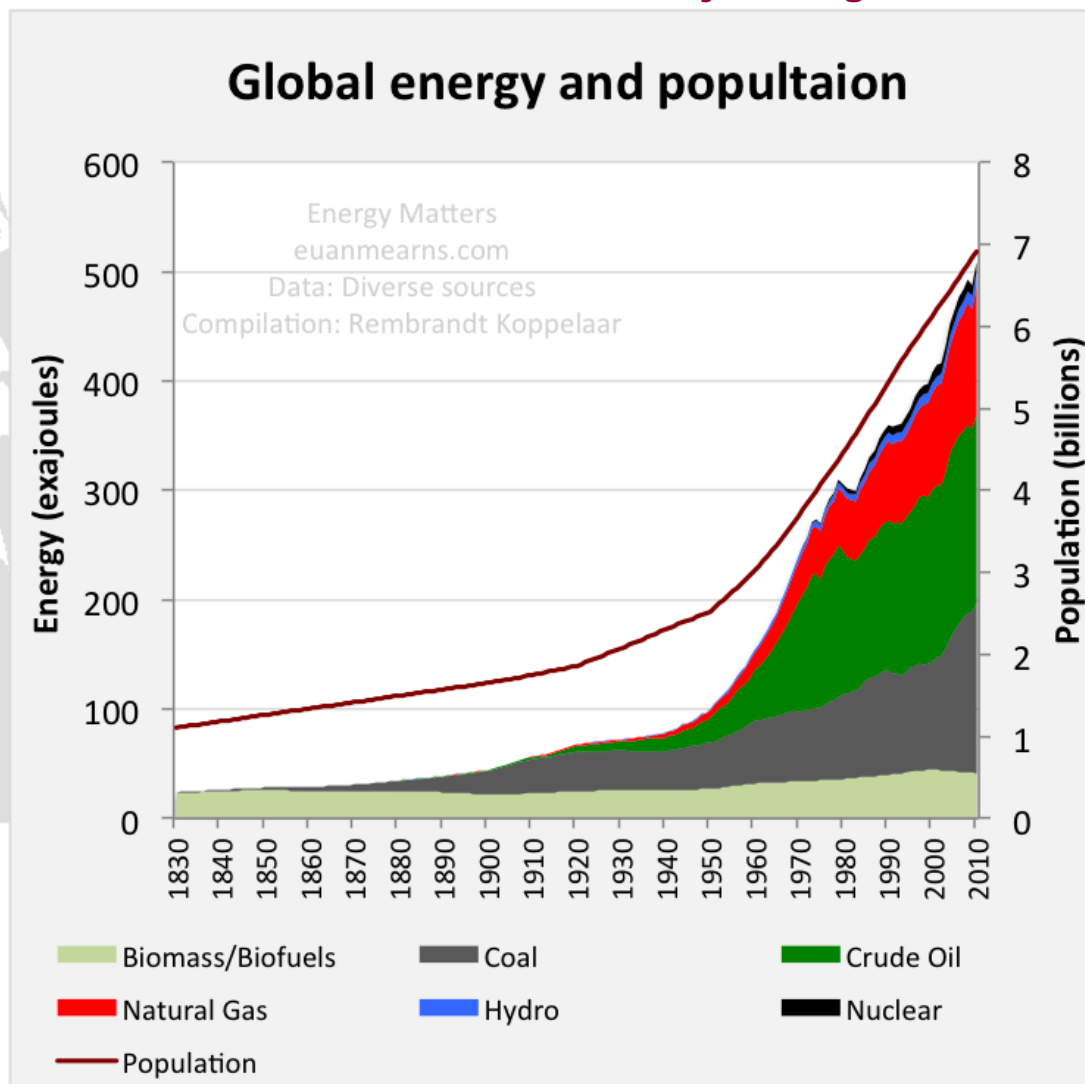
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CO₂ arvata võiks rolli kliima soojenemisel. Kui õhus sisalduva CO₂ joone asemel oleks graafikul kasutatud kütuste kulu (nii fossiilsed kui ka nn. taastuvad), saaks sama ilusa graafiku

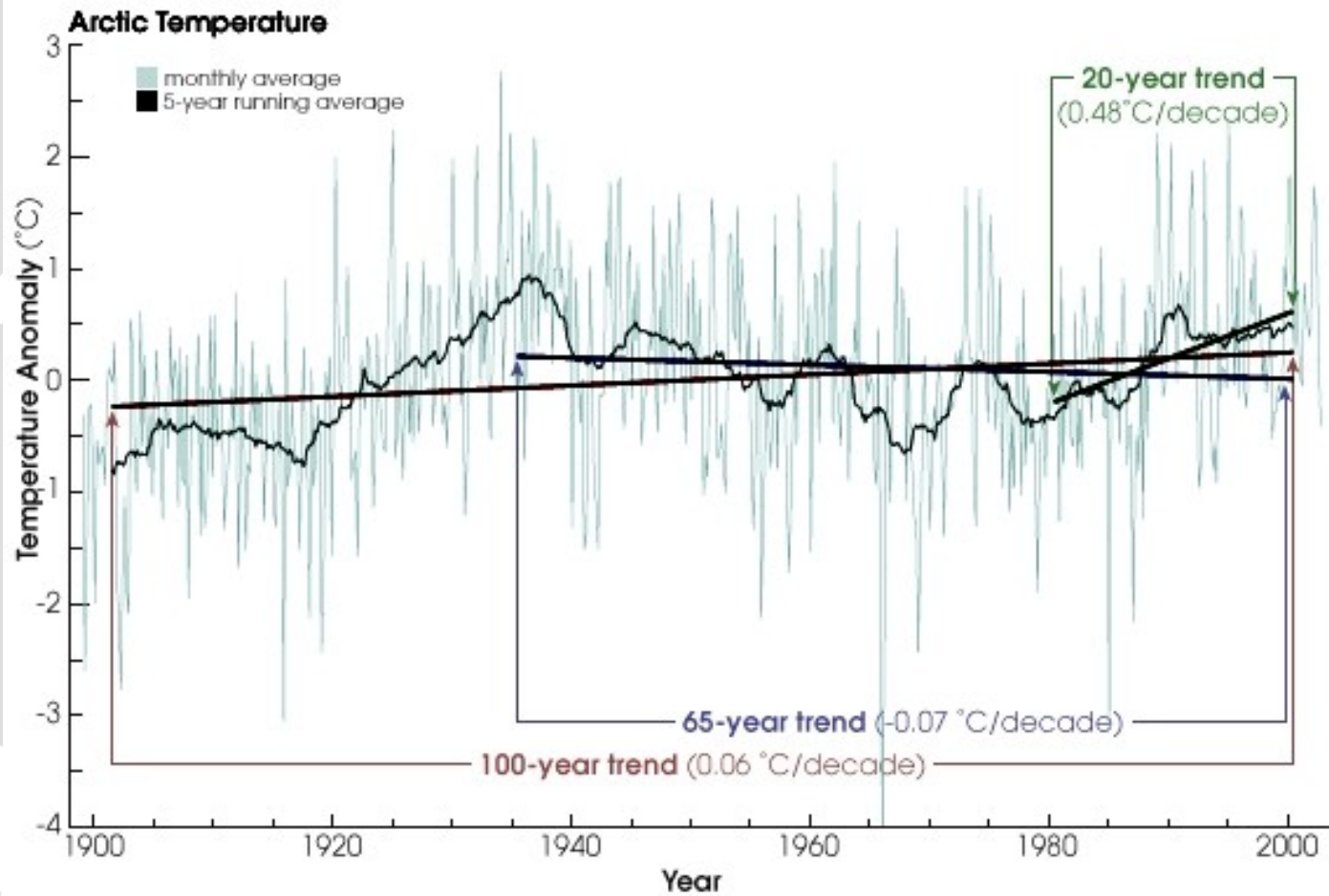
Role Of CO₂ In Global Warming



Korrelatsioon maakera elanike arvu kasvu ja energiatarbe vahel



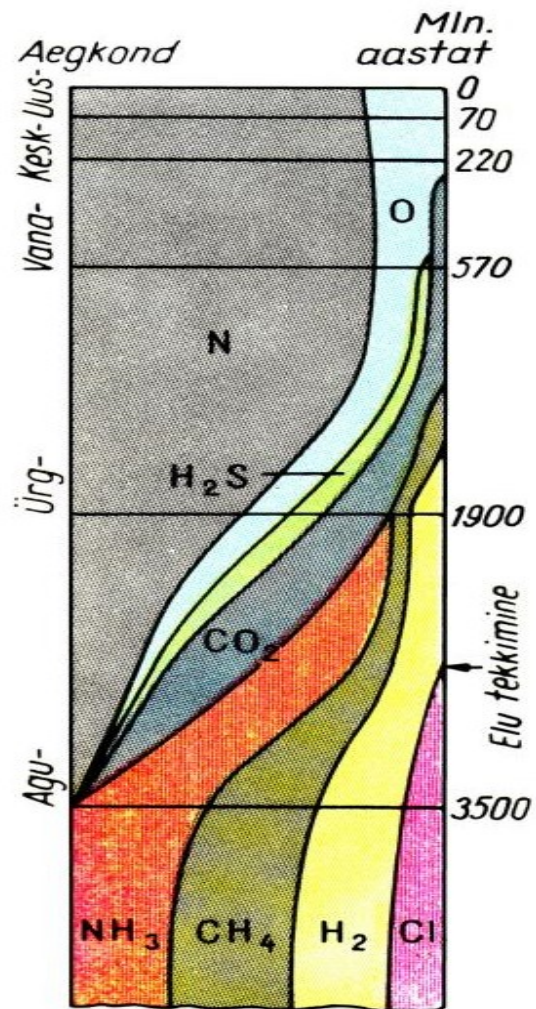
Temperatuuri muutused Arktikas



1210

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Maa atmosfääri muutused aegkondade kaupa

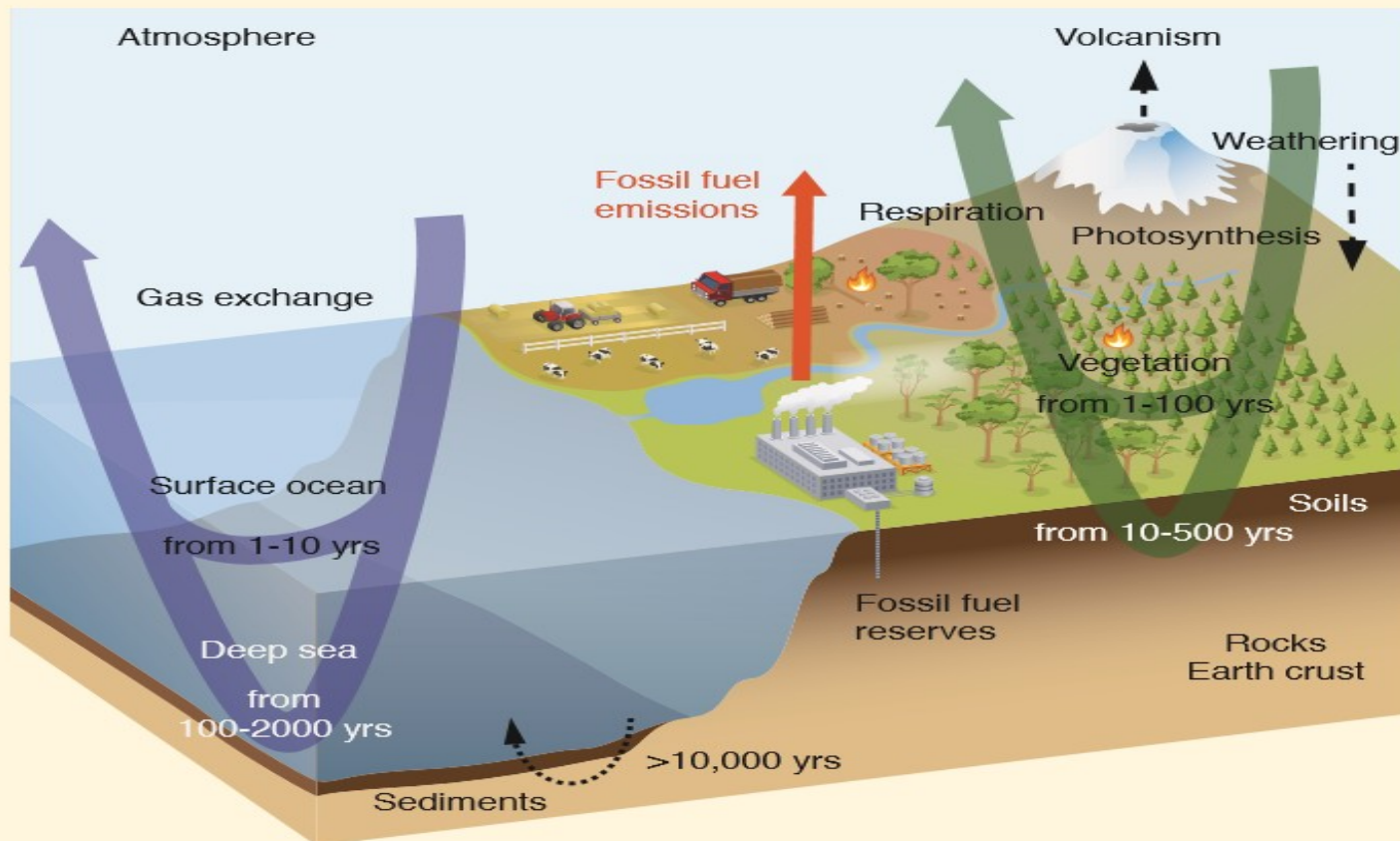


Süsiniku (mitte CO₂) emissiooni tonnid inimese kohta aastas

Allikas: <http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/top2013.cap>

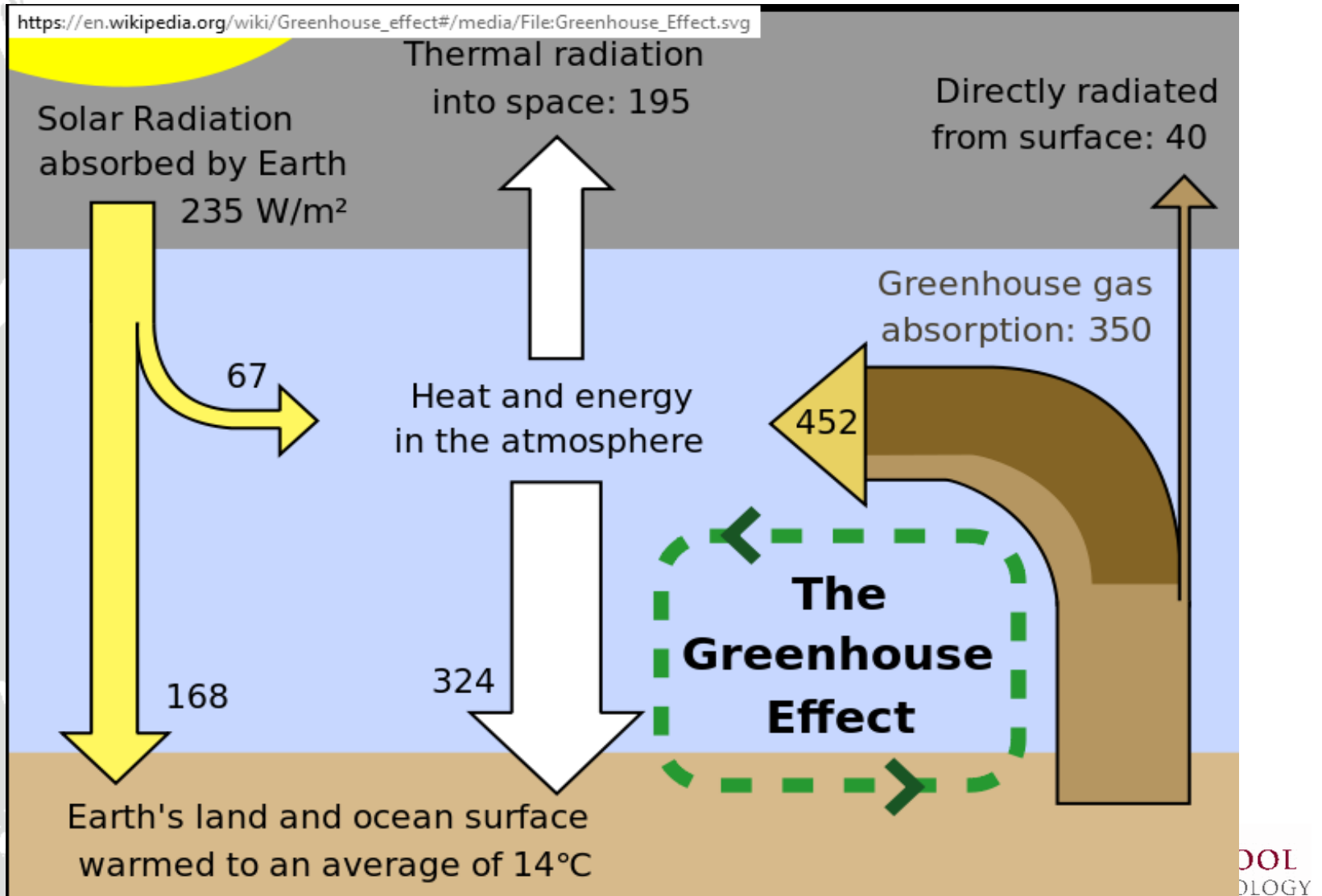
1 QATAR 11.03	133 INDONESIA 0.52
2 TRINIDAD AND TOBAGO 9.41	134 PLURINATIONAL STATE OF BOLIVIA 0.52
3 CURACAO 9.28	135 COLOMBIA 0.52
4 KUWAIT 7.43	136 PERU 0.51
5 BAHRAIN 6.46	137 SYRIAN ARAB REPUBLIC 0.51
6 SAINT MARTIN (DUTCH PORTION) 5.70	138 GEORGIA 0.50
7 FALKLAND ISLANDS (MALVINAS) 5.18	139 ARMENIA 0.50
8 BRUNEI (DARUSSALAM) 5.16	140 DOMINICA 0.50 1
9 UNITED ARAB EMIRATES 5.10	41 MOROCCO 0.47
10 LUXEMBOURG 5.09	142 KYRGYZSTAN 0.47
11 SAUDI ARABIA 4.89	143 VIET NAM 0.46
12 AUSTRALIA 4.43	144 ALBANIA 0.46
13 UNITED STATES OF AMERICA 4.40	145 WALLIS AND FUTUNA ISLANDS 0.44
14 OMAN 4.27	146 COSTA RICA 0.44
15 GIBRALTAR 4.22	147 INDIA 0.43
16 KAZAKHSTAN 4.19	148 BELIZE 0.41
17 ESTONIA 4.11	149 FEDERATED STATES OF MICRONESIA 0.39
18 NEW CALEDONIA 4.10	150 ANGOLA 0.38
19 MONGOLIA 3.97	
20 BONAIRE, SAINT EUSTATIUS, AND SABA 3.71	
21 CANADA 3.68 22 TURKMENISTAN 3.48	
23 RUSSIAN FEDERATION 3.40	
.....	

*Climate Change 2013 The Physical Science Basis. Frequently Asked Questions
From the report accepted by Working Group I of the IPCC but not approved in
detail. (IPCC - intergovernmental panel for climate changes)*



FAQ 6.2, Figure 1 | Simplified schematic of the global carbon cycle showing the typical turnover time scales for carbon transfers through the major reservoirs.

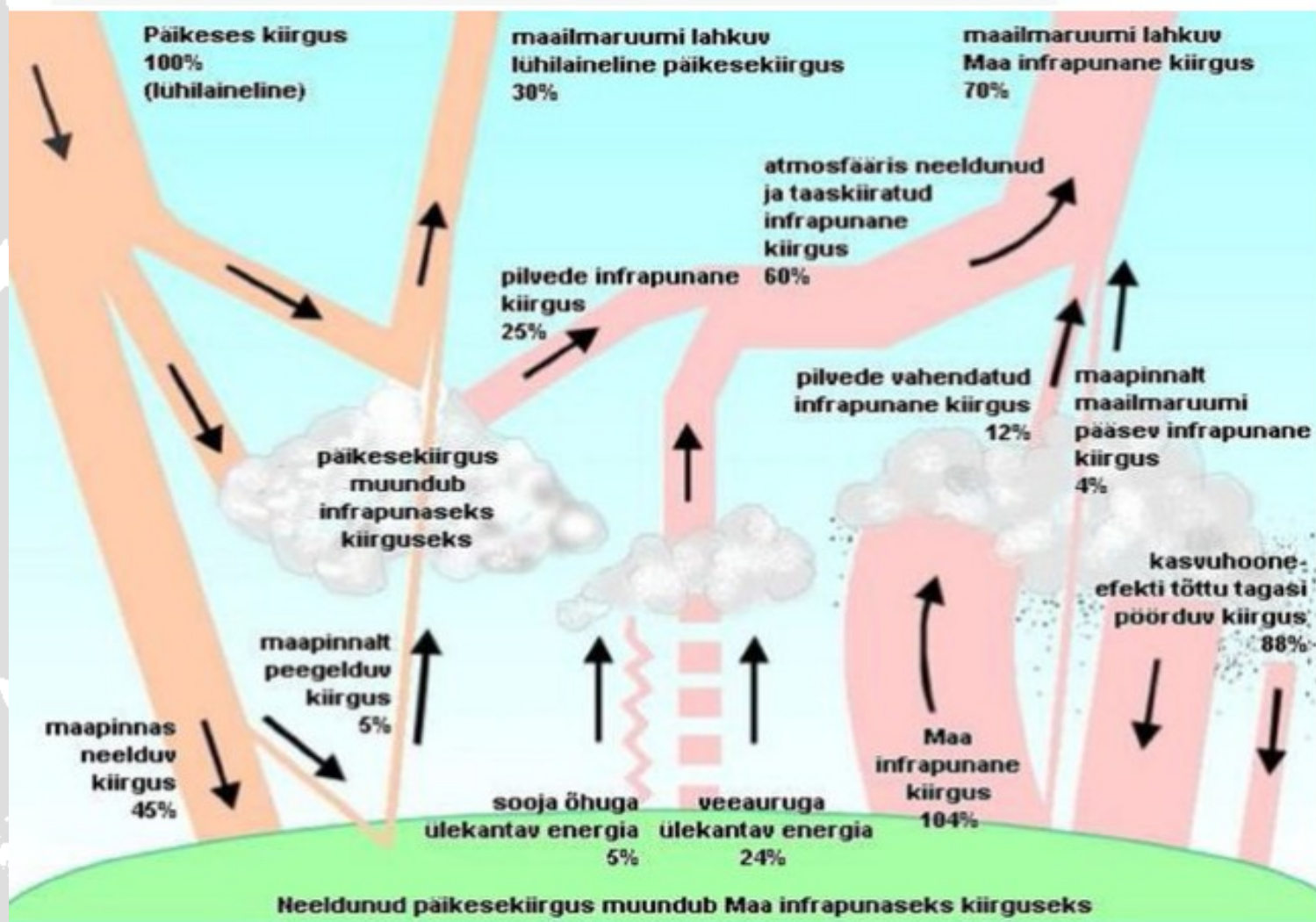
Maakera energiavoogude arvatav jagunemine



Allikas: Kasvuhooneefekt ja kasvuhoonegaasid

Autor: Autor: KRISTJAN VELBRI, Uurimuse "Globaalne soojenemine ja kliimamuutused" II peatükk 10.veebruar 09.

<http://www.bioneer.ee/eluviis/loodus/aid-3609/Kasvuhooneefekt-ja-kasvuhoonegaasid>



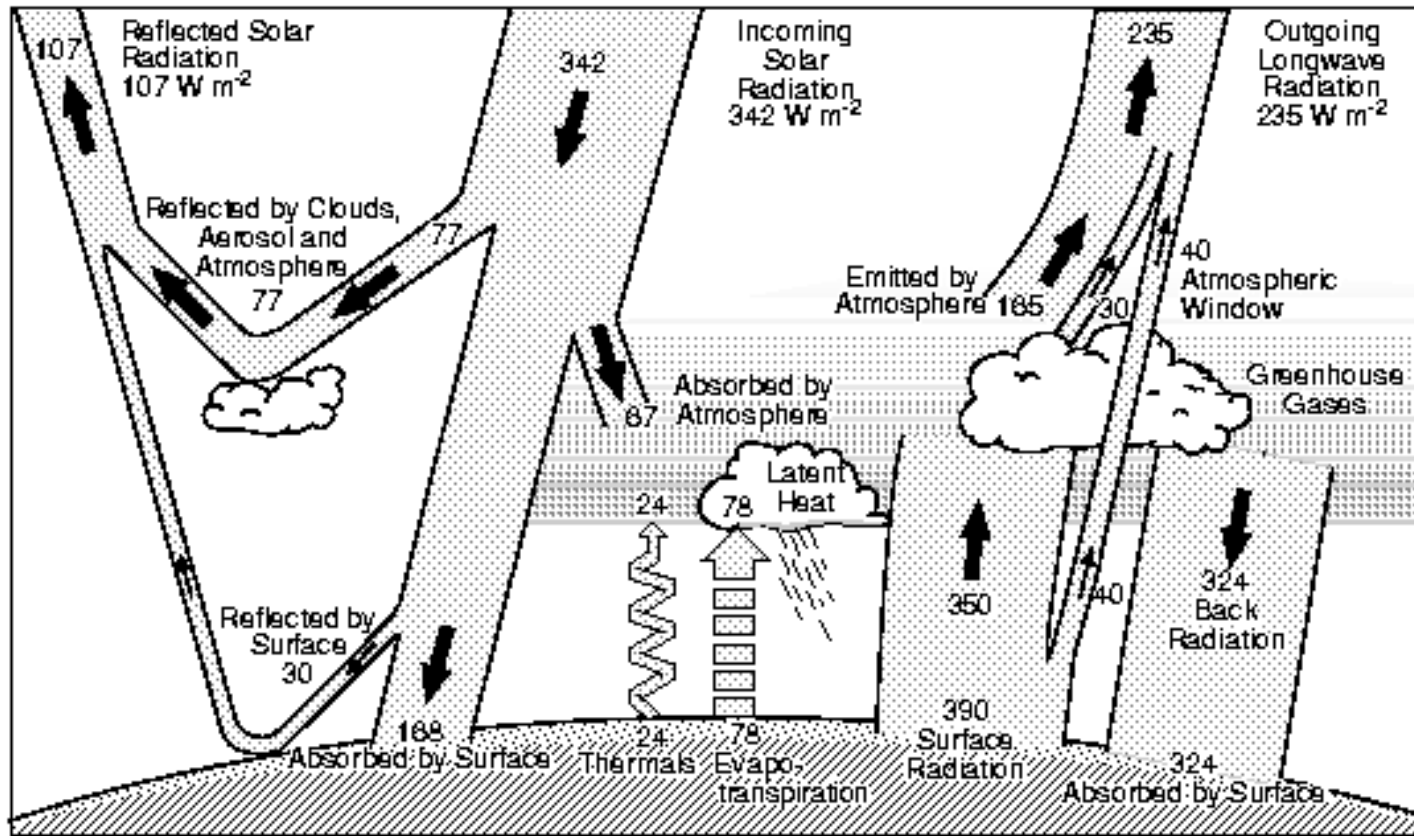
KOOL
NOLOGY

Joonis 2.1 Maa kiirgusenergia bilanns

Earth's Annual Global Mean Energy Budget

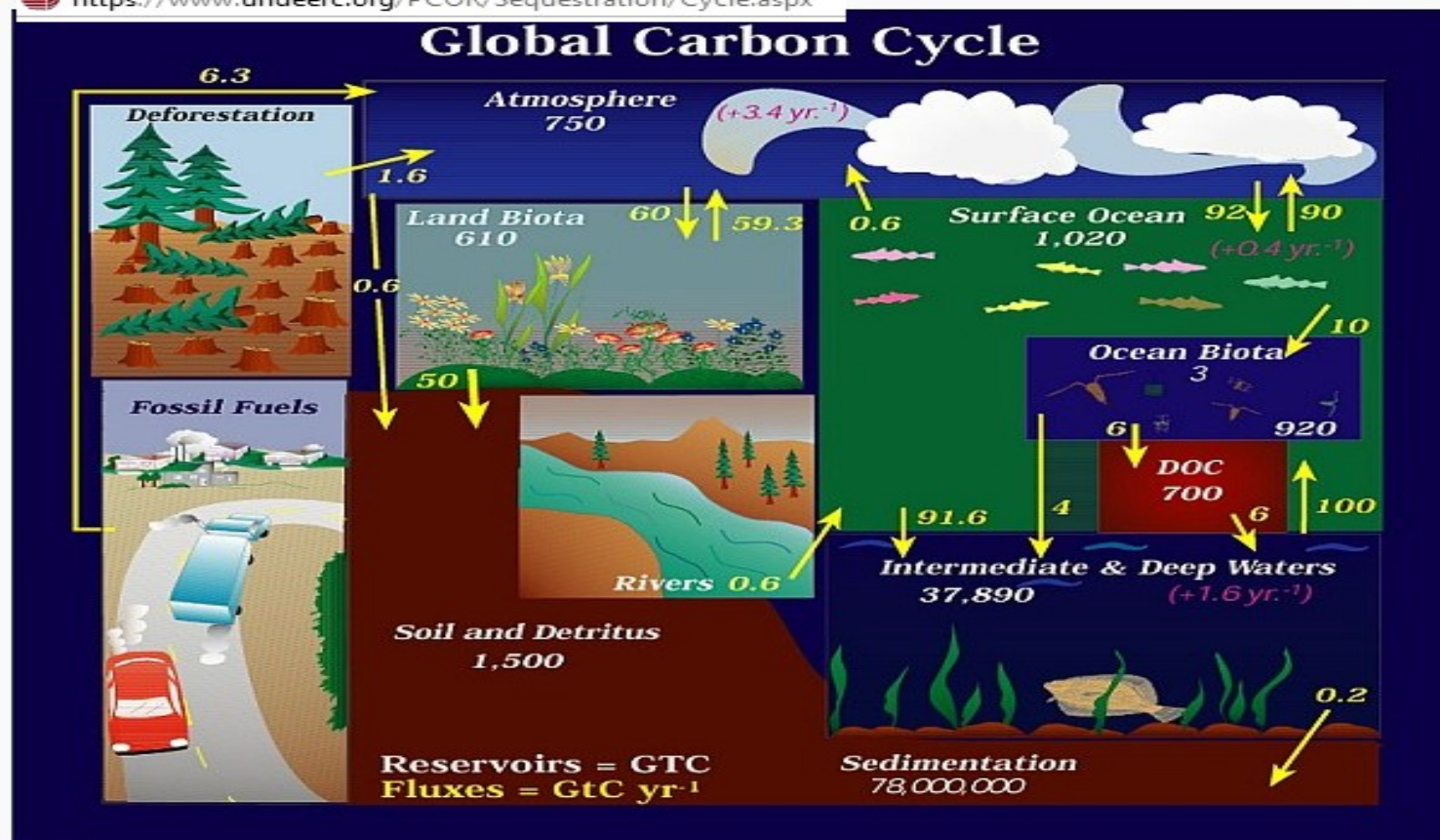
Kiehl, J. T. and Trenberth, K. E., 1997

Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 197-208.



Süsiniku ringkäik looduses

<https://www.undeerc.org/PCOR/Sequestration/Cycle.aspx>



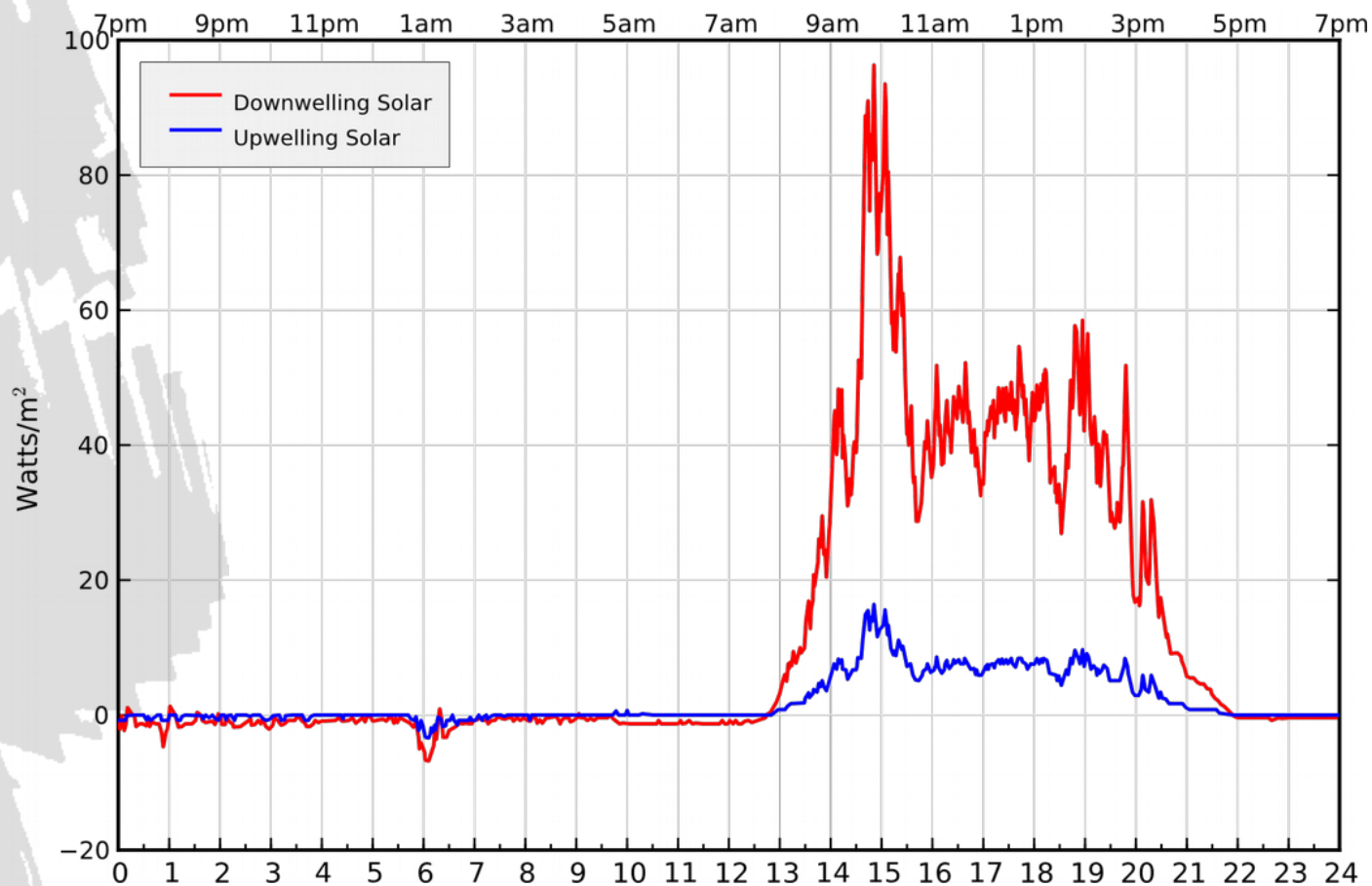
NB! Neljal eelneval slaidil on metsade lageraide (deforestation) mõju jäetud arvestamata, sellel slaidil on sellele vastav arv ära toodud.



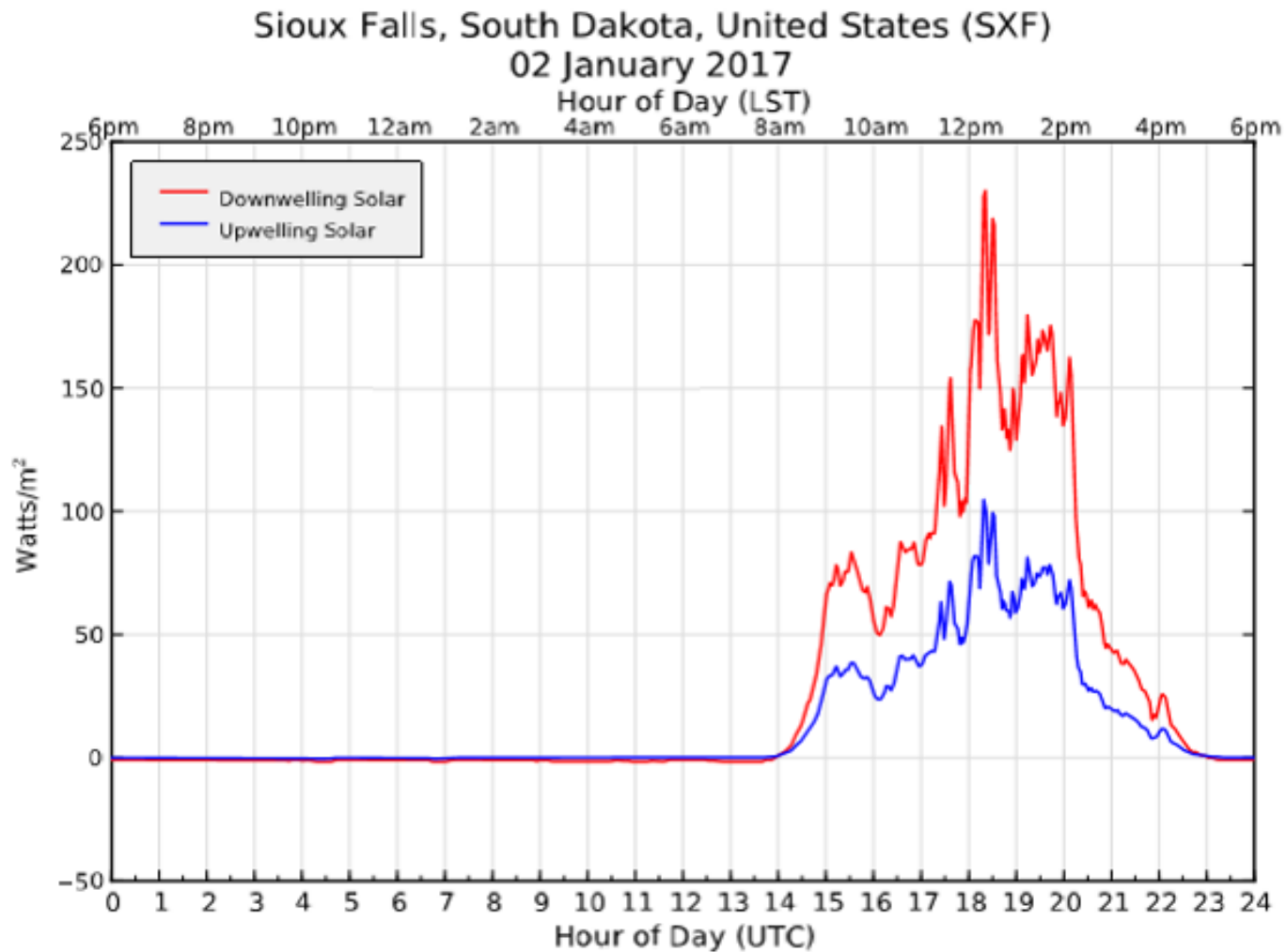
1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Pinnale langev ja pinnalt lähtuv kiirgus. Penn State, Pennsylvania, United States (PSU) 02 January 2017, Hours of Day (LST)

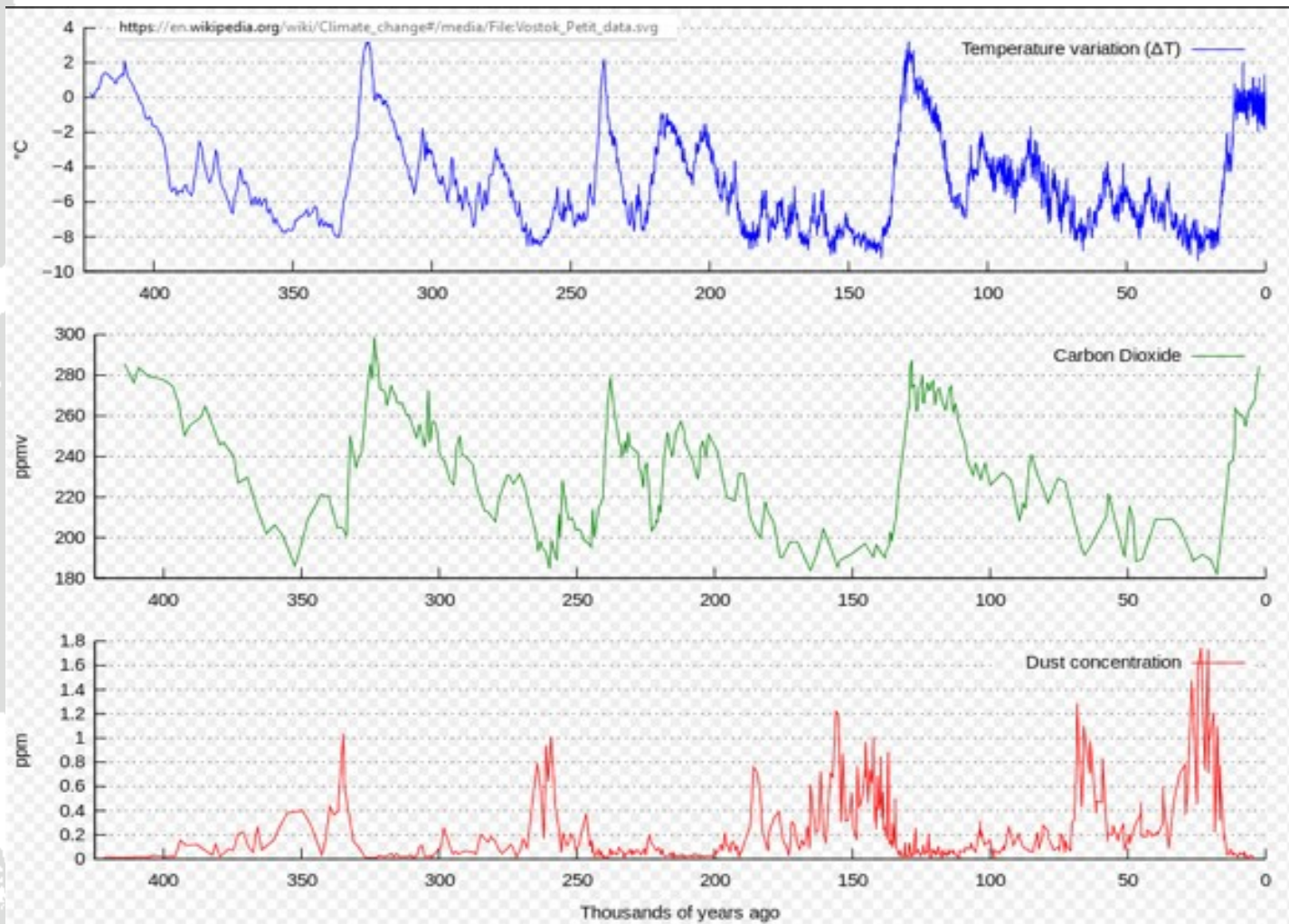


Pinnale langev ja pinnalt väljastatav kiirgus.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Variations in [CO2](#), temperature and dust from the [Vostok](#) ice core over the last 450,000 years

Elektromagneetiliste lainete levik

$$\lambda \nu = c$$

λ -kiirguse lainepikkus, m

ν - elektromagneetiliste võnkumiste sagedus

C – valguse kiirus vaakumis; $C = 2,998 \cdot 10^8$ m/s

Kiirguse lainepikkus, mm

Kosmiline kiirgus $0,05 \cdot 10^{-9}$

γ - kiirgus $(0,5-0,1) \cdot 10^{-9}$

Röntgenkiirgus $1 \cdot 10^{-9} \dots 2 \cdot 10^{-5}$

Ultravioletkiirgus $2 \cdot 10^{-5} \dots 0,4 \cdot 10^{-3}$

Valgusena tajutav kiirgus $(0,4 \dots 0,78) \cdot 10^{-3}$

Soojuskiirgus (infra-punane) kiirgus $0,8 \cdot 10^{-3} \dots 0,8$

Raadiolained $> 0,2$



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Kiirgusseadused:
Kiirguse intensiivsus

$$E = \frac{dQ}{dF} \quad \frac{W}{m^2}$$

Spektraalne kiirguse intensiivsus
lainepikkuse vahemikus $\Delta\lambda$

$$E_{\lambda} = \frac{dQ_{\lambda}}{dF} \quad \frac{W}{m^2}$$

Spektraalne kiirguse intensiivsus
lainepikkuse ühiku kohta

$$J_{\lambda} = \frac{dE_{\lambda}}{d\lambda} \quad \frac{W}{m^3}$$

Plancki seadus:

$$J_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5} \left(e^{\frac{C_2}{\lambda \cdot T}} - 1 \right)^{-1}$$

Plancki I konstant $C_1 = 0,374 \cdot 10^{-15} \quad W \cdot m^2$

Plancki II konstant $C_2 = 1,439 \cdot 10^{-2} \quad m \cdot K$



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

*Kiirguse intensiivsuse maksimum
(Wieni nihkeseadus)*

$$\lambda_{maks} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3}$$

*Poolsfäärilise kiirguse
intensiivsus*

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} J_{\lambda} \cdot d\lambda =$$

.....

Integreerimisel saadakse

$$E = \sigma \cdot T^4$$

Praktikas kasutatakse enam seost

$$E = \varepsilon \cdot C_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

C_0 - absoluutselt musta keha kiirgustegur

$$C_0 = 5,67$$

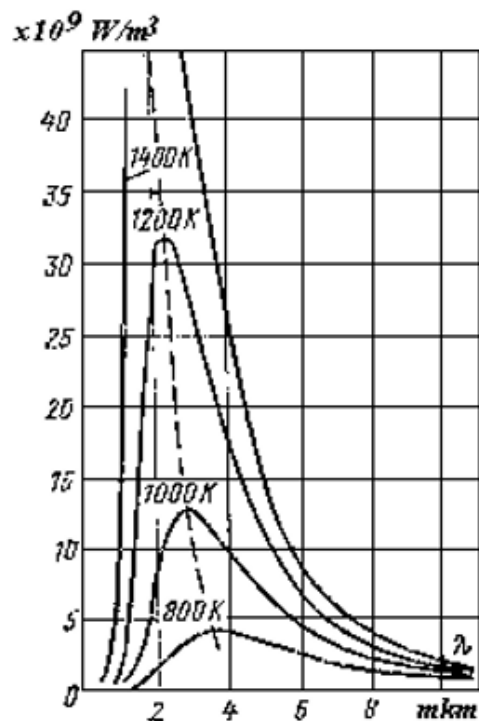
ε - kiirgava keha emissioonitegur (ka nn. „mustvärvusaste”)



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

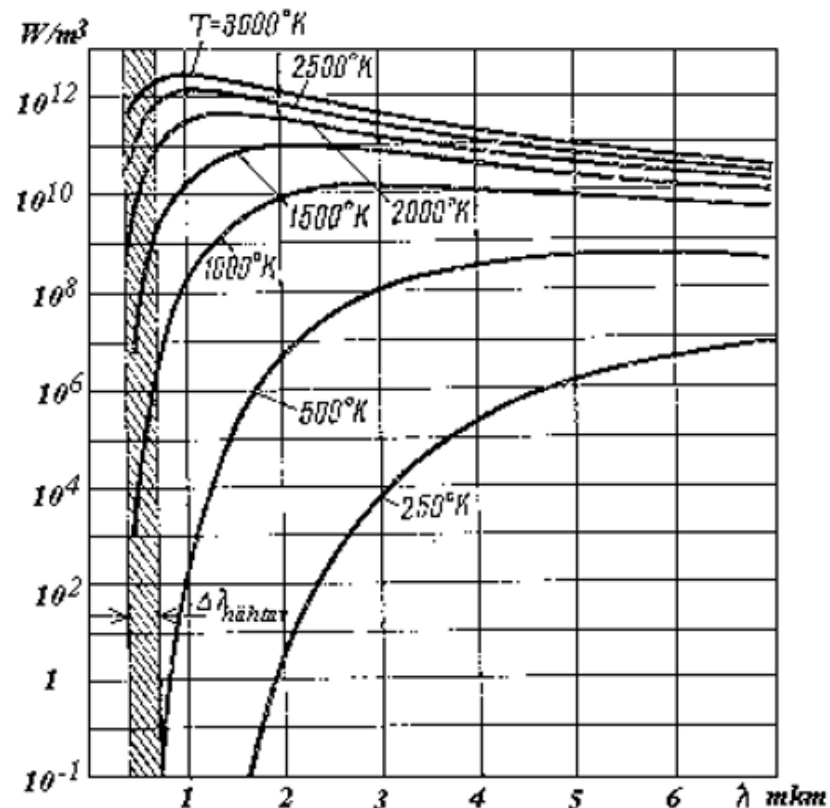
Kiirguse intensiivsuse sõltuvus lainepikkusest ja absoluutsest temperatuurist



$$\lambda_{\text{maks}} = 10,06 \text{ kui } t = 15^\circ \text{C}$$

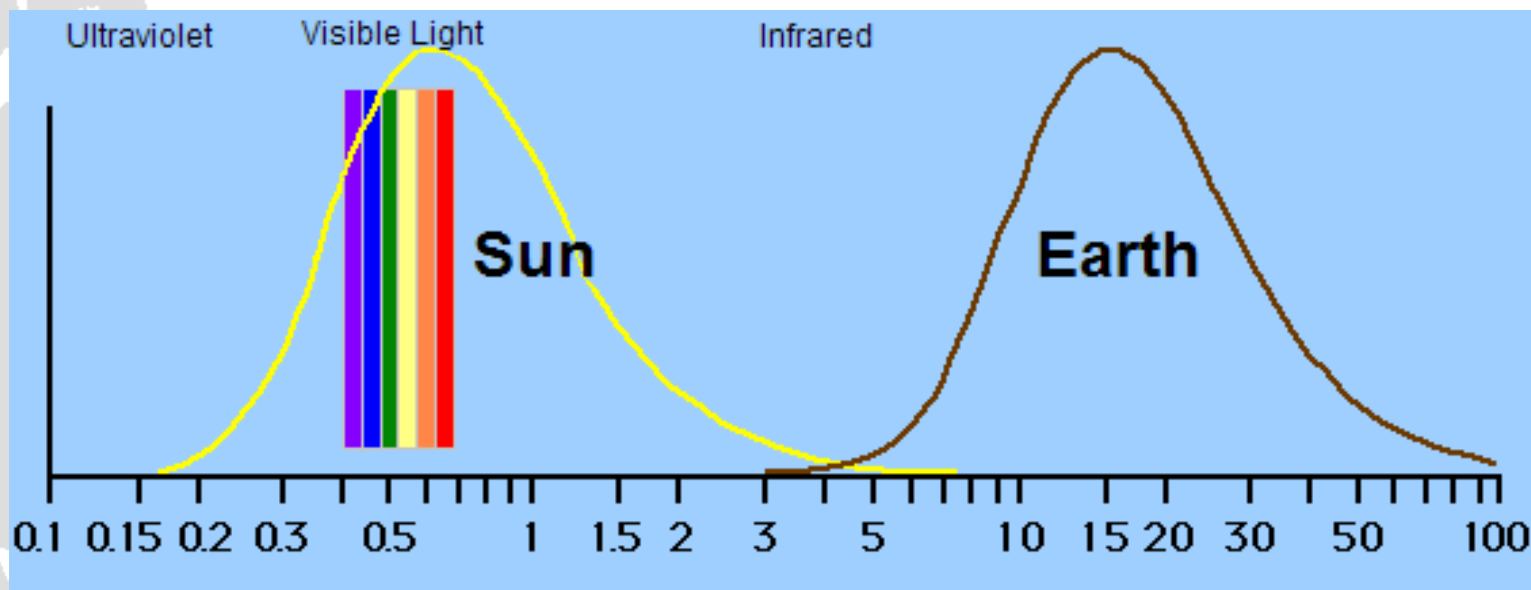
$$\lambda_{\text{maks}} = 9,56 \text{ kui } t = 30^\circ \text{C}$$

Absoluutselt musta keha kiirguse intensiivsuse sõltuvus absoluutsest temperatuurist ja kiirguse lainepikkusest. Lineaarne skaala.



Absoluutselt musta keha kiirguse intensiivsuse sõltuvus absoluutsest temperatuurist ja kiirguse lainepikkusest. Poollogaritmiline skaala. Viirutatud osa vastab nähtava kiirguse (valguse) lainepikkustele.

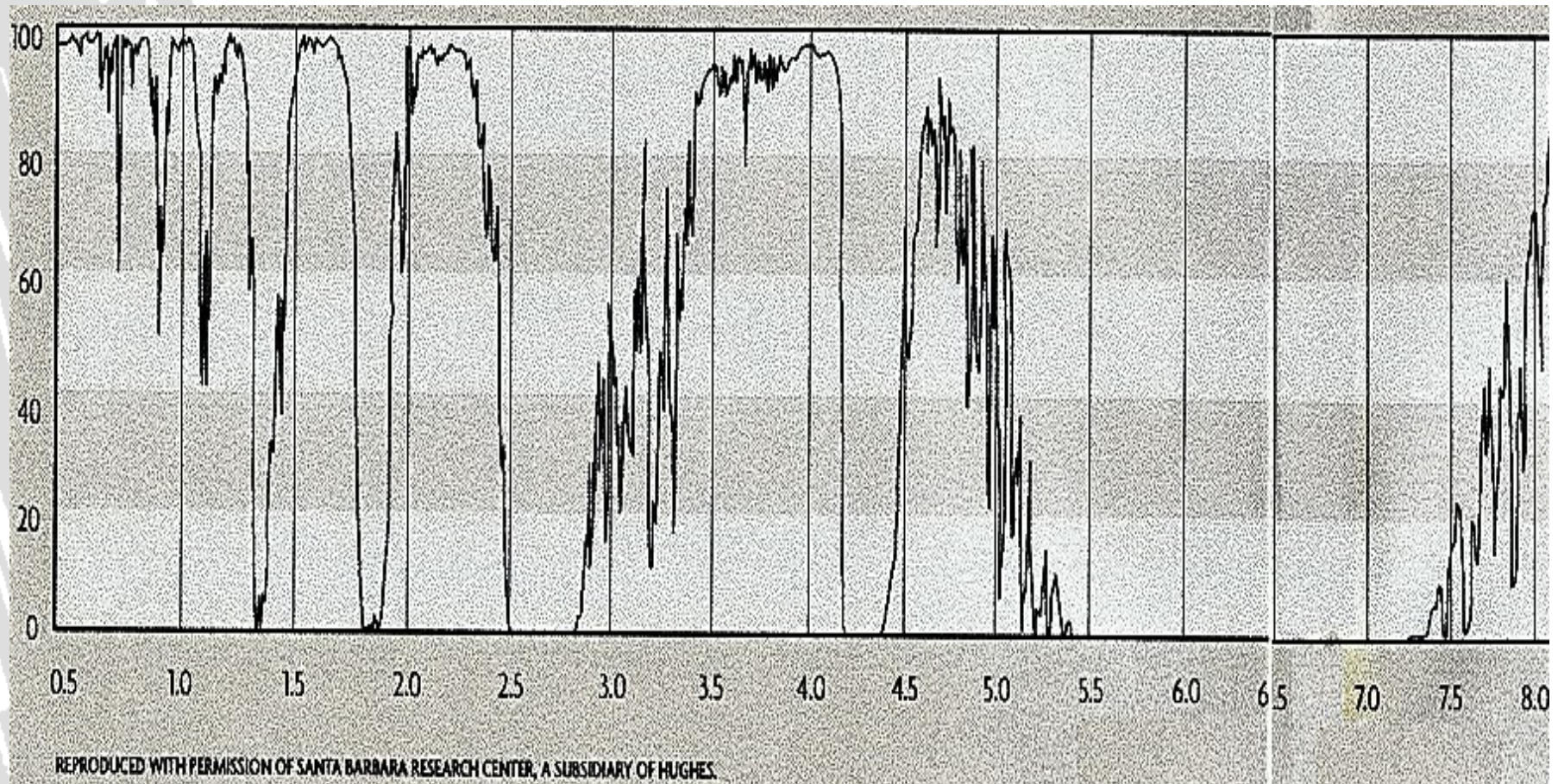
Maale langeva päikesekiirguse ja maa kiirguse intensiivsuse sõltuvus kiirguse lainepikkusest (kiirgus näidatud absoluutselt musta keha kiirgusena).
Maale langeb põhiliselt lühilaineline kiirgus (päikese temperatuur on väga kõrge - kuni 6000 K), maa tagasikiirgus on põhiliselt kiirgusspektri pikalainelises osas (temperatuur on madal, suurusjärgus kuni 300 K, arvutustes võetakse tavaliselt maakera keskmiseks pinnatemperatuuriks 14...15 oC)



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

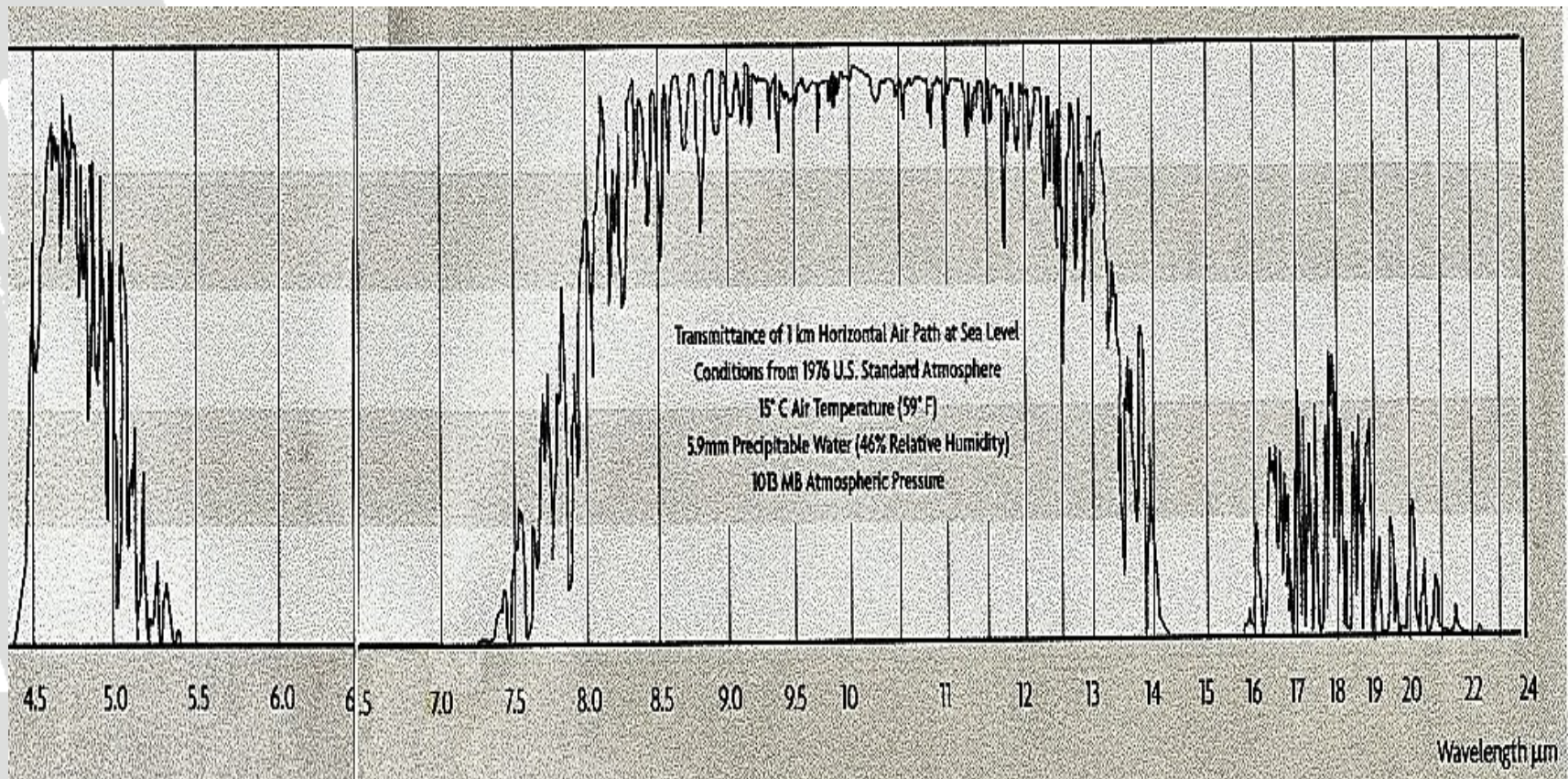
**Maakera ümbritseva atmosfääri suhteline läbipaistvus kiirgusele, graafiku
algusosa (lainepikkuse vahemik 0,5...8 mikromeetrit, 100 % vastab atmosfääri
täielikule läbipaistvusele)**



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

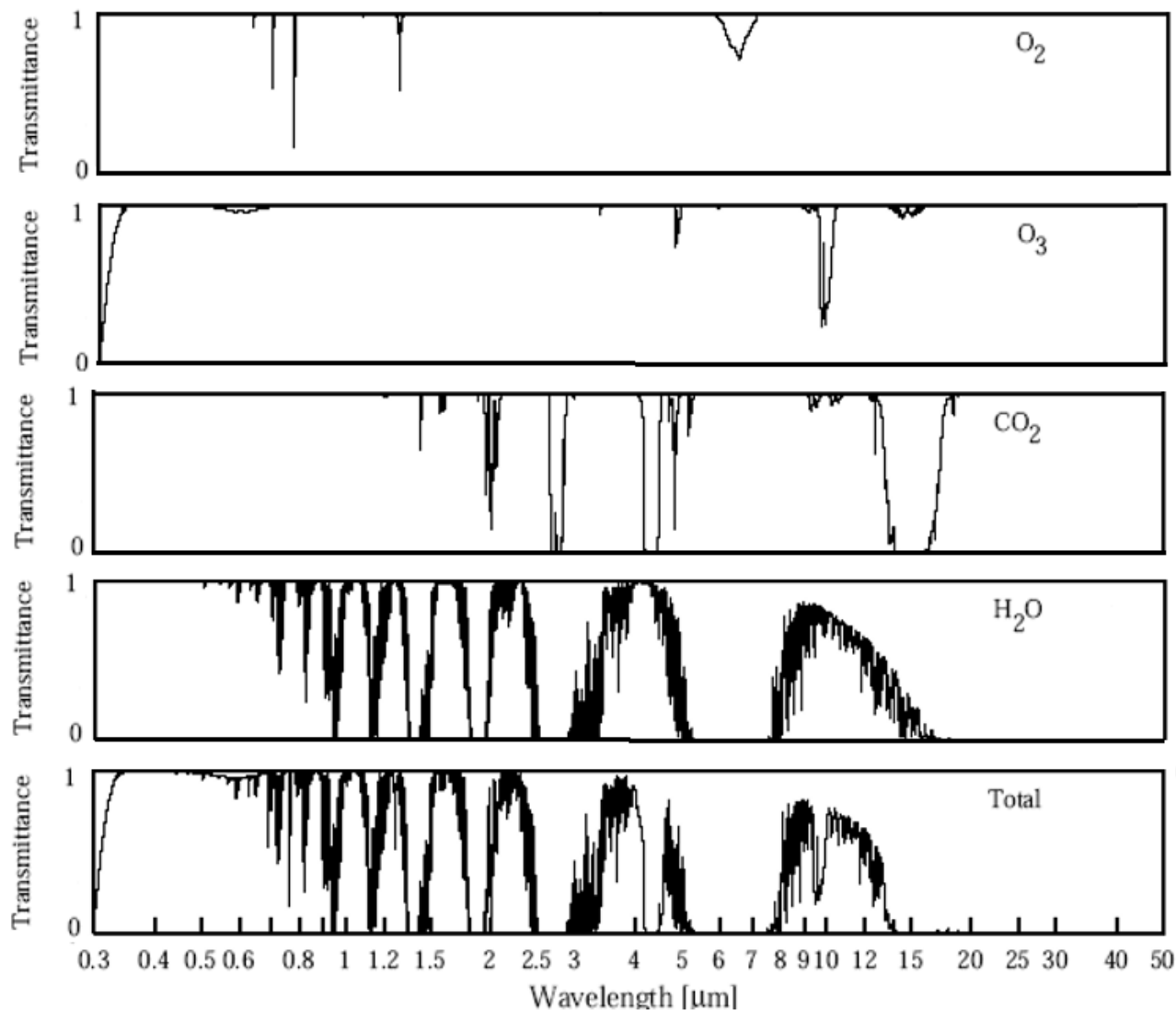
**Maakera ümbritseva atmosfääri suhteline läbipaistvus kiirgusele, graafiku lõpuosa
(lainepikkuse vahemik 4,5....24 mikromeetrit)**



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

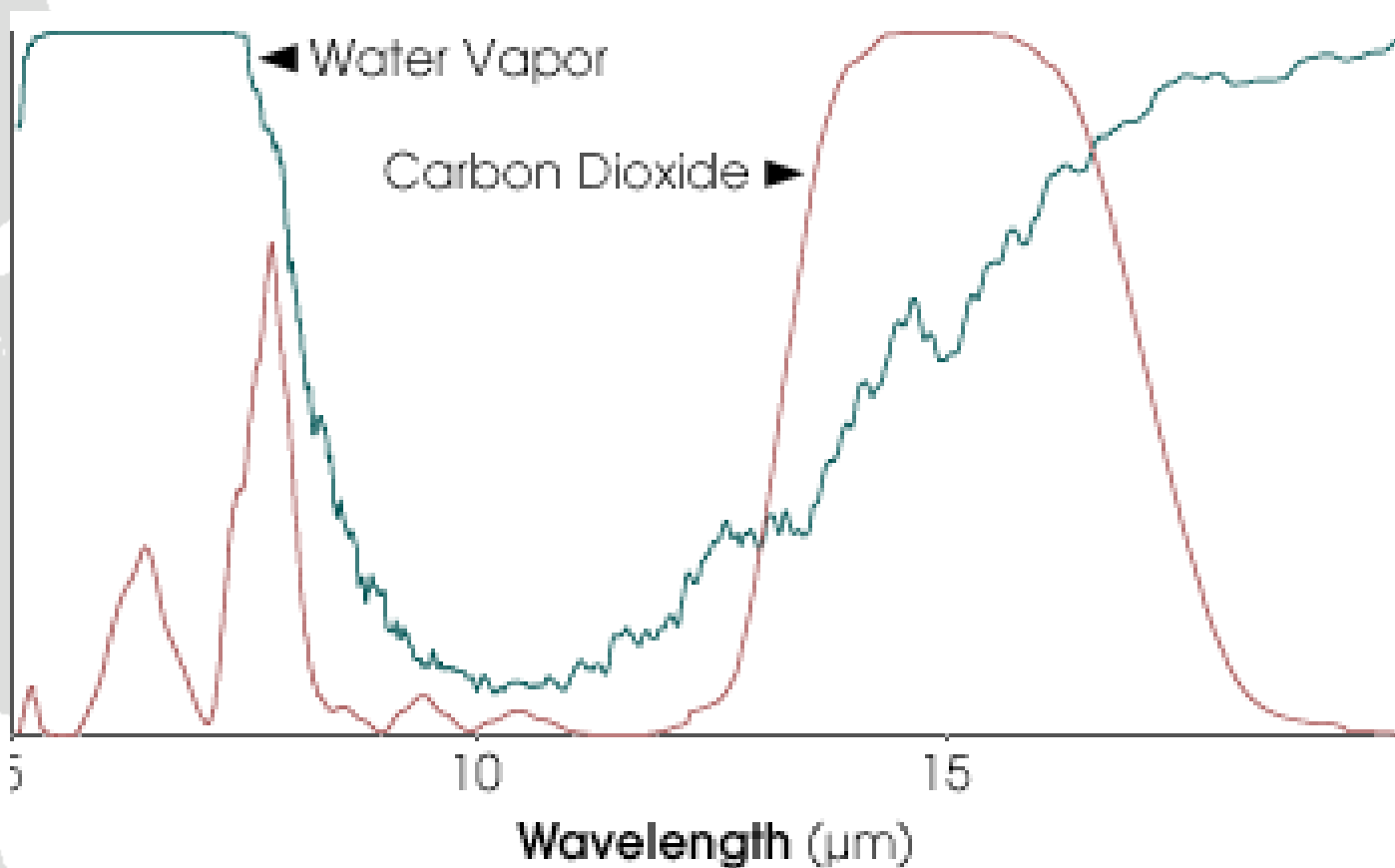
Gaasikomponentide läbipaistvus kiirgusele. (arv 0 graafikul vastab läbipaistvuse puudumisele - st. kiirgus neeldub täielikult sellel lainepikkusel, arv 1 vastab täielikule läbipaistvusele)



15 10,4 9,4 4,3
2,7 2,0
CO₂ neeldumis-
spektriribade keskm.
lainepikkused

Veeauru ja CO₂ neeldusmisspektrid sõltuvana kiirguse lainepikkusest. Veeauru neeldumis-spekter katab suures osas CO₂ neeldumisspektrit.

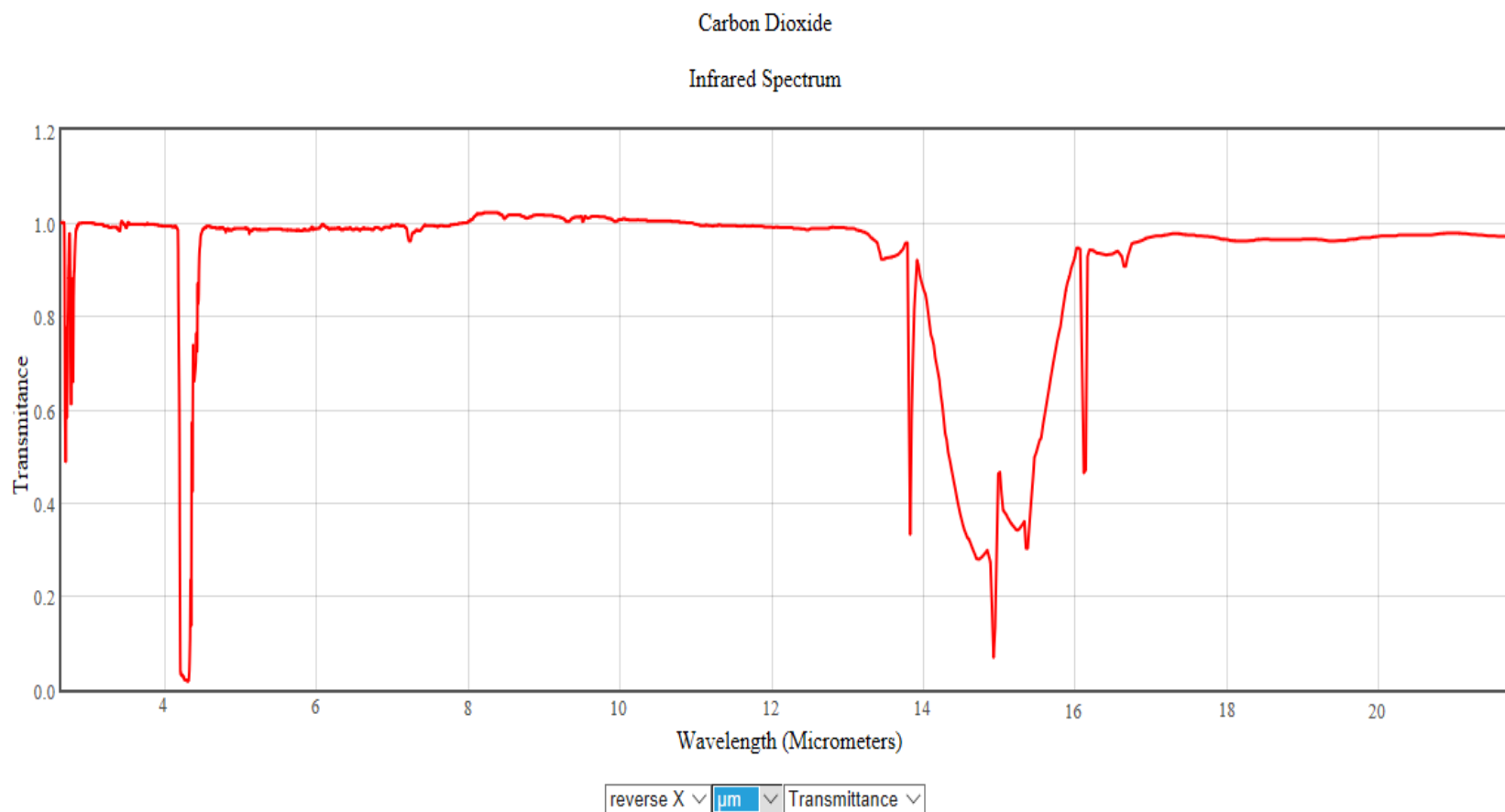
Allikas: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Iris/>



1918

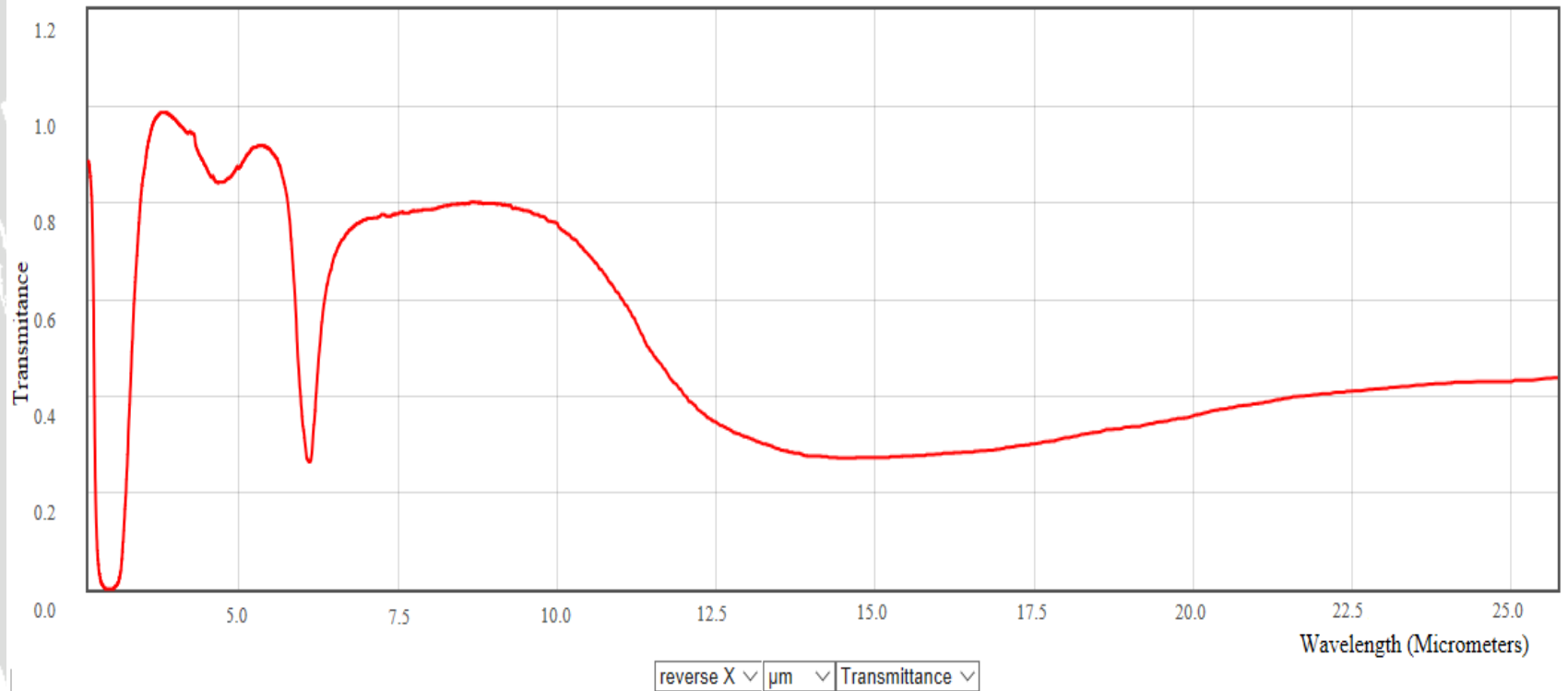
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CO2 läbipaistvus infrapunasele kiirgusele (1.0 vastab täielikule läbipaistvusele)

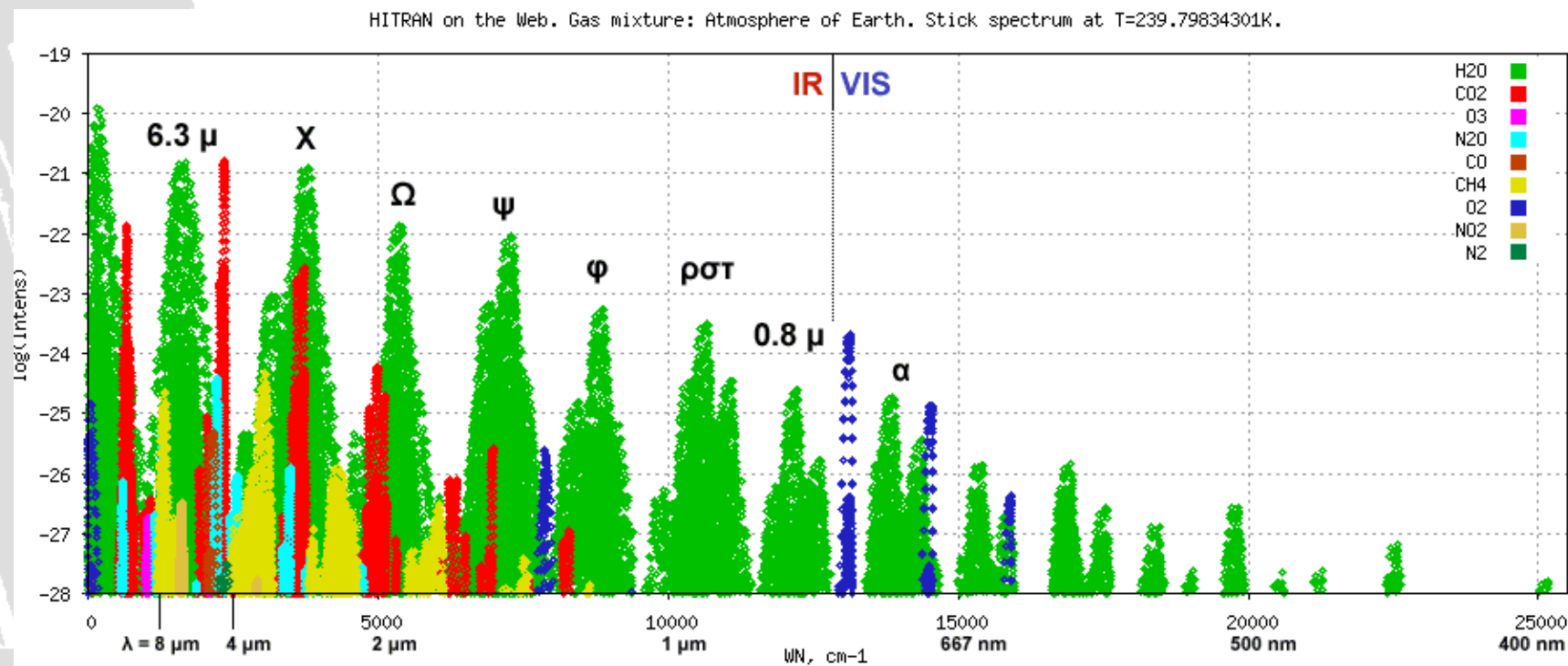


Vee läbipaistvus kiirgusele

Water Infrared Spectrum



Kiirguse neeldumine maakera atmosfääris kasvuhoone efekti omavate gaasikomponentide poolt, sõltuvana lainepikkusest. Graafikul on ülekaalus roheline värv (veeauru neeldumisspektri ribad), CO2 neeldumisspektri ribad on näidatud punasena.



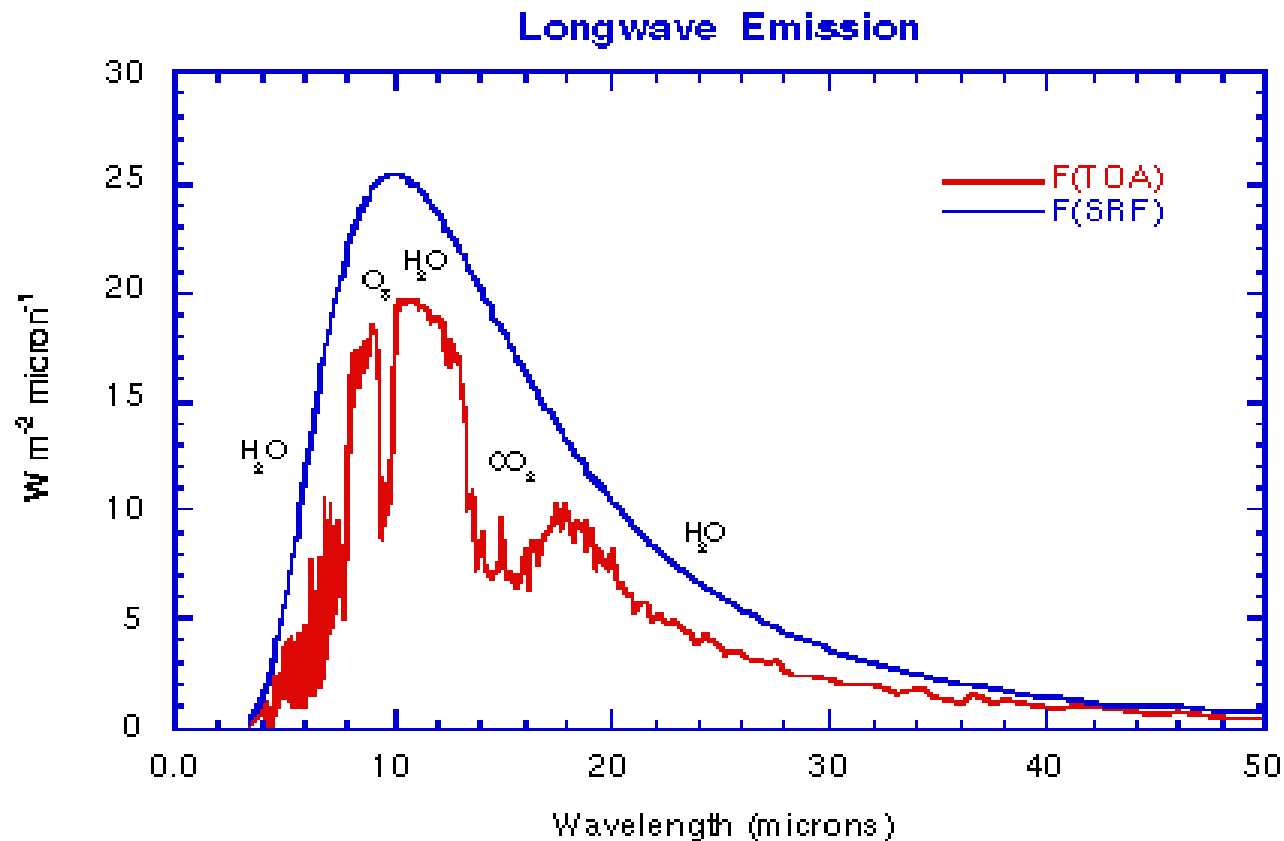
1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

[https://www.google.ee/search?](https://www.google.ee/search?q=Atmospheric+CO2+measuring+points&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjLg_d_OnQAhWDISwKHewGDGYQsAQIPQ&biw=1264&bih=859#imgrc=qF3PyoT4QMyioM%3A)

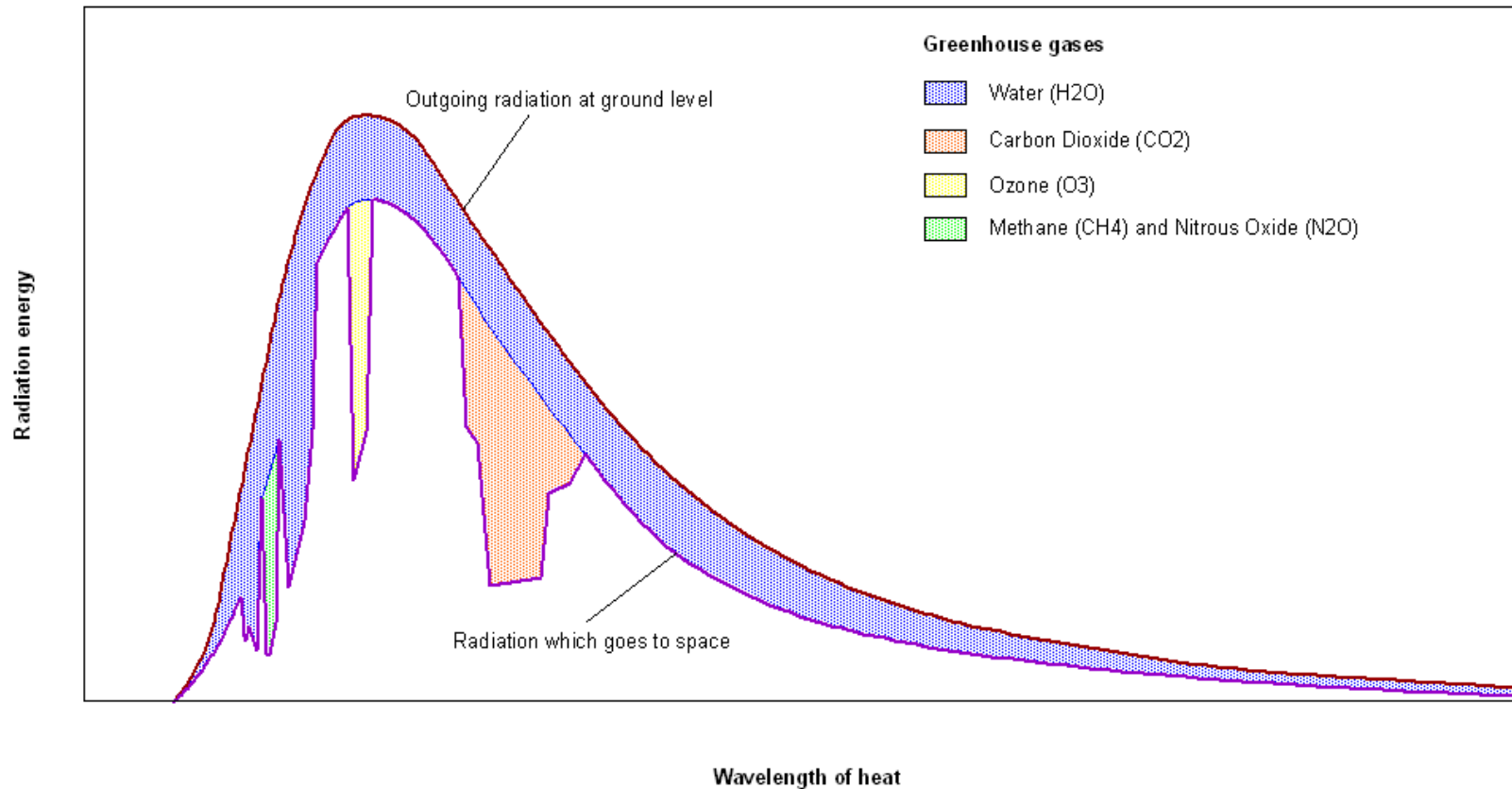
[q=Atmospheric+CO2+measuring+points&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjLg_d_OnQAhWDISwKHewGDGYQsAQIPQ&biw=1264&bih=859#imgrc=qF3PyoT4QMyioM%3A](https://www.google.ee/search?q=Atmospheric+CO2+measuring+points&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjLg_d_OnQAhWDISwKHewGDGYQsAQIPQ&biw=1264&bih=859#imgrc=qF3PyoT4QMyioM%3A)

Kiehl and Trenberth (1997)



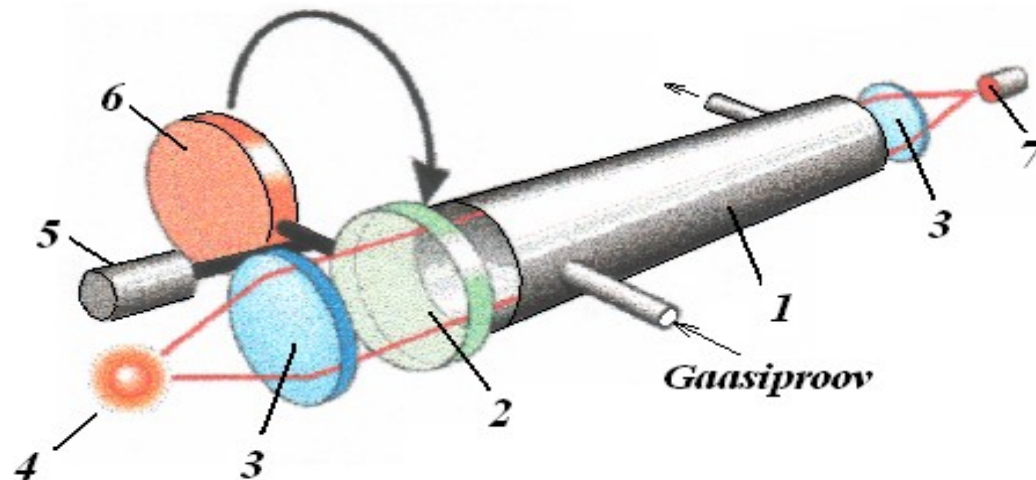
https://www.google.ee/search?q=Atmospheric+CO2+measuring+points&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjLg_d_OnQAhWDISwKHewGDGYQsAQIPQ&biw=1264&bih=859#imgrc=qF3PyoT4QMyoM%3A

Greenhouse effect - simplified



Skeem selgitamaks ühekiirelise optilise gaasianalüsaatori talitlust. 1- mõõtekamber; 2, 6 - erinevad valgusfiltrid; 3 – lääts; 4 – valgusallikas; 5 – ajam filtrite kiireks tsükliliseks vahetamiseks; 7 – detektor kiirguse intensiivsuse mõõtmiseks.

Sellist gaasianalüsaatorit kasutatakse sageli õhu CO₂ sisalduse määramiseks.

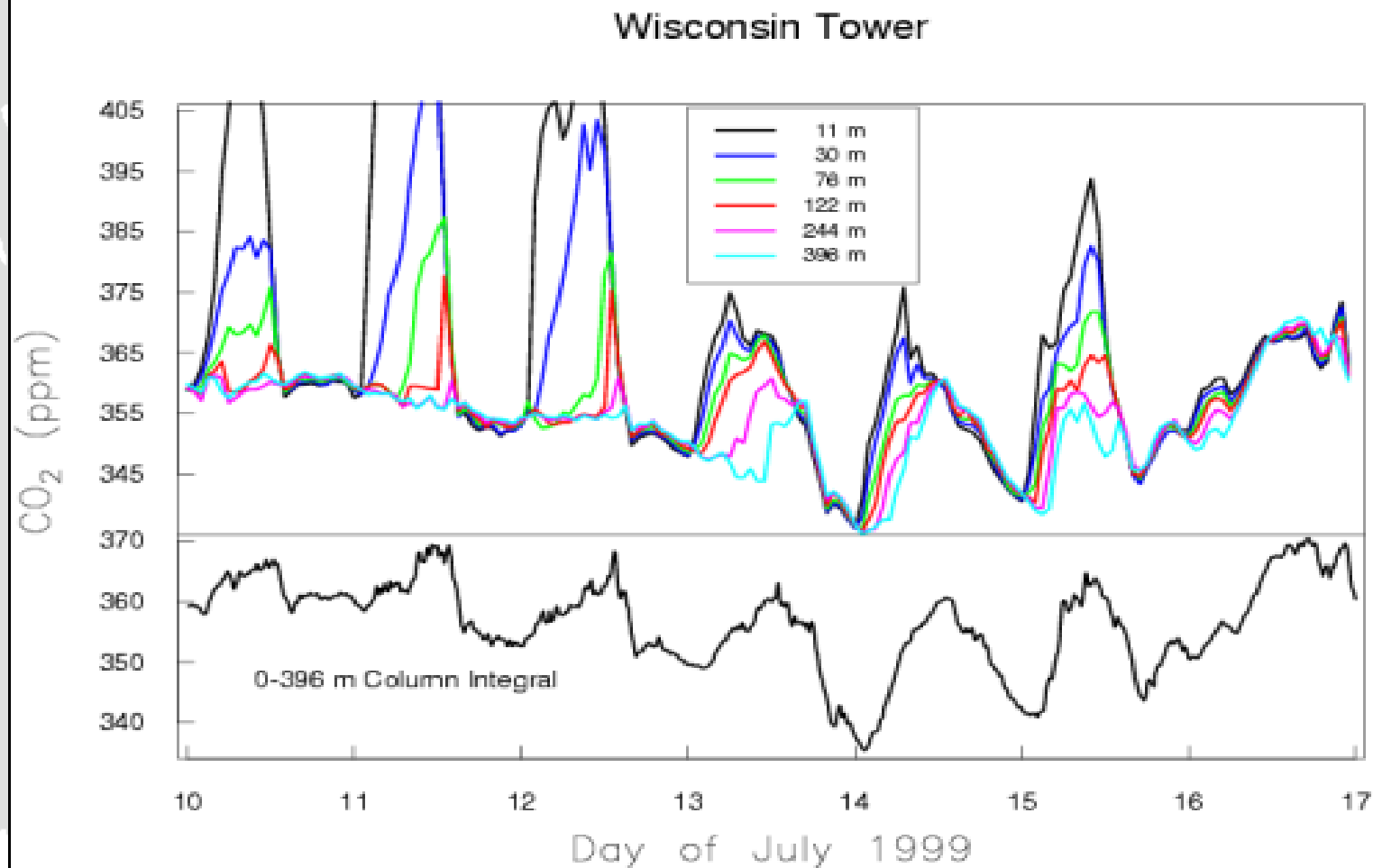


Infrapunase kiirguse levikut gaasis kajastab Beer-Lamberti seadusele vastav võrrand

$$I = I_0 e^{-\varepsilon_\lambda d C},$$

kus I – kiirguse intensiivsus gaasimahust väljumisel, I_0 – kiirguse intensiivsus gaasimahusse sisenemisel, ε_λ – gaasikomponendi kiirguse neeldetegur olenevalt lainepikkusest λ ja temperatuurist, e – naturaalogaritmi alus, C – gaasikomponendi kontsentratsioon gaasisegus, d – kiirgust neelava kihi paksus.

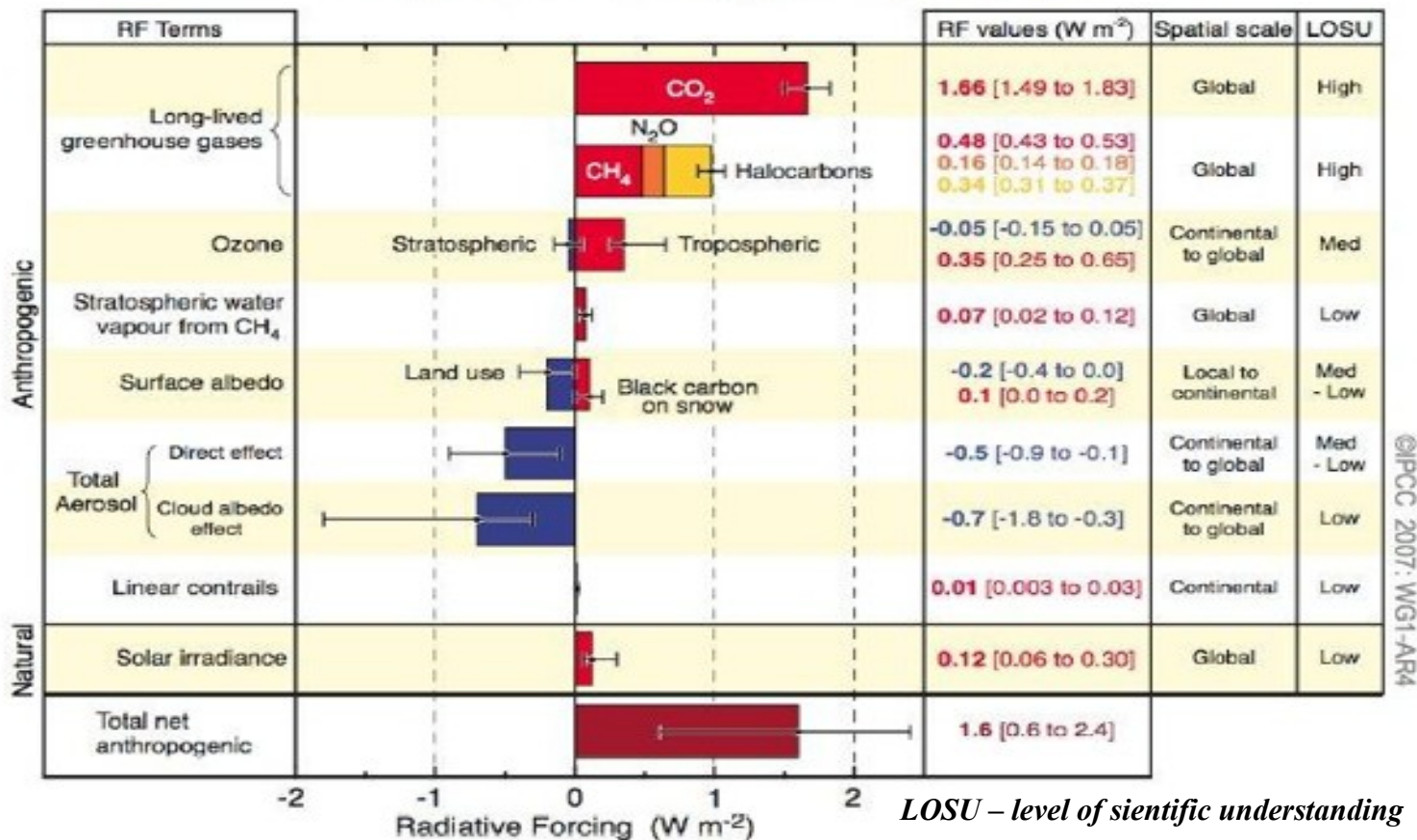
Atmosfääriõhu CO2 sisalduse sõltuvus kõrgusest merepinna suhtes. CO2 on raskem kui O2 või N2, CO2 koguneb maa atmosfääri alumistesse kihtidesse, CO2 jagunemine üle kogu maakera atmosfääri kõrguse ulatuses ei ole usaldusväärselt teada.



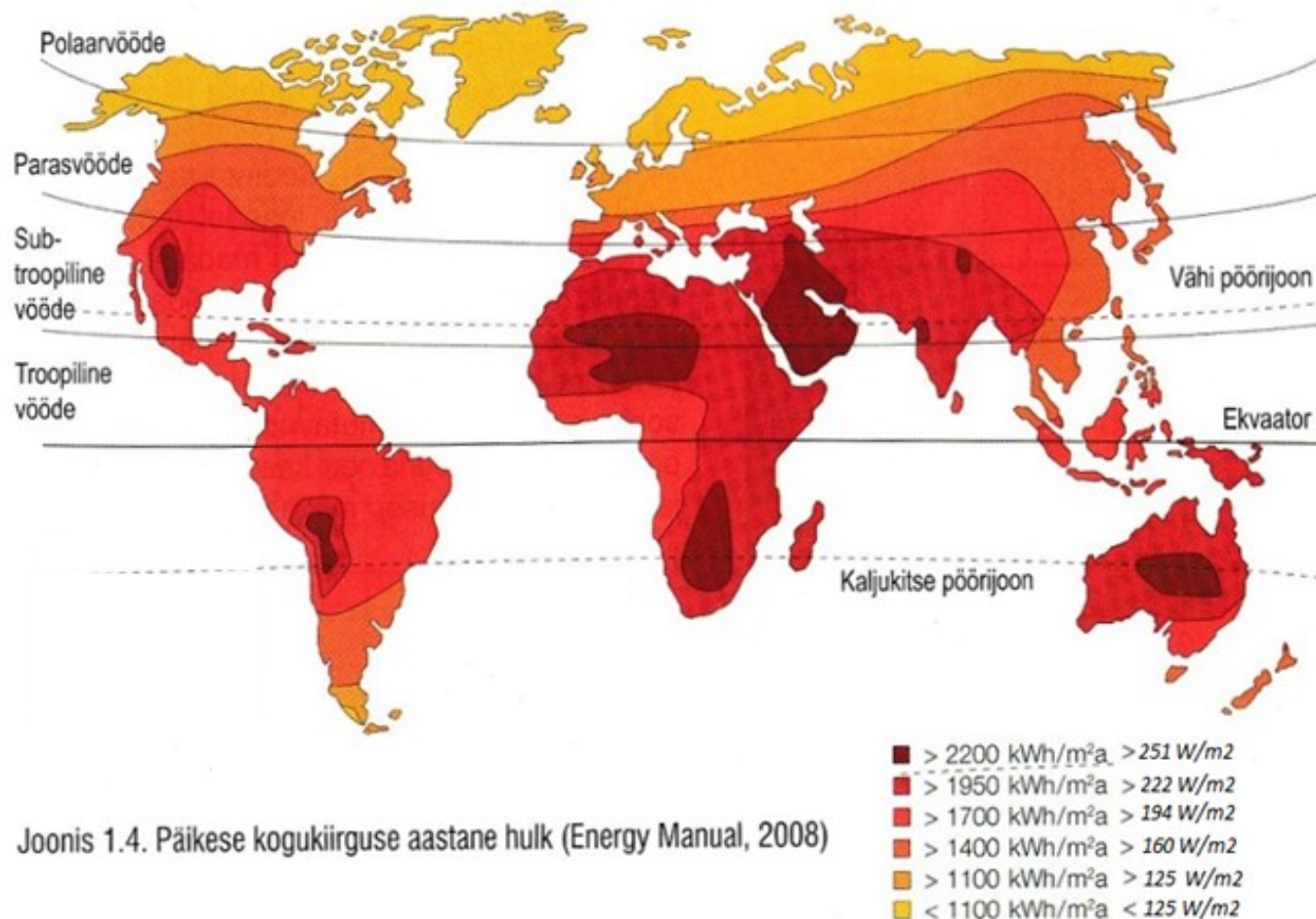
<https://www.newscientist.com/article/dn11652-climate-myths-co2-isnt-the-most-important-greenhouse-gas/>

(NB! Välja on jäänud (tahtlikult jäetud?) atmosfääris sisalduva veeauru osa, esitatud arvud tunduvad tegelikult kahtlastena, kuna ei ole piisavalt usaldusväärseid andmeid komponentide sisalduse jagunemise kohta atmosfääris sõltuvalt kõrgusest merepinna suhtes)

By **David L Chandler** Radiative Forcing Components



Päikesekiirguse jaotus. Allikas: Tiit Masso. Ehitusfüüsika ABC. Kirj. Ehitame, 2012.



Joonis 1.4. Päikese kogukiirguse aastane hulk (Energy Manual, 2008)

Eesti 900...1000 kWh/m²a ehk aasta keskmisena 102...114 W/m²

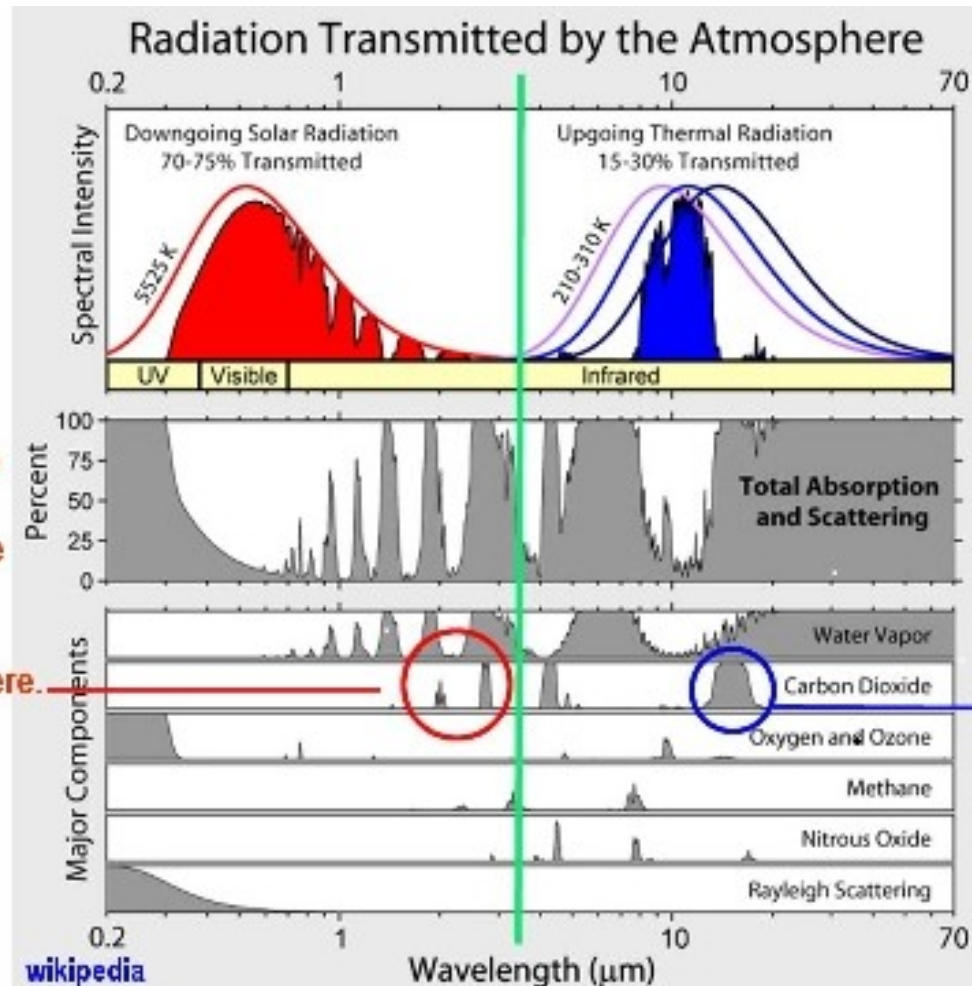


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

https://www.google.ee/search?q=Atmospheric+CO2+measuring+points&hl=et&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjLg_d_OnQAhWDISwKHewGDGYQsAQIPQ&biw=1264&bih=859#imgrc=qF3PyoT4QMyioM%3A

Note:
Where there is strong absorption happening the sunlight is weak. Most of the absorption is caused by water vapor. The atmosphere gets 43% of its heat that way. CO2 affects nothing here.

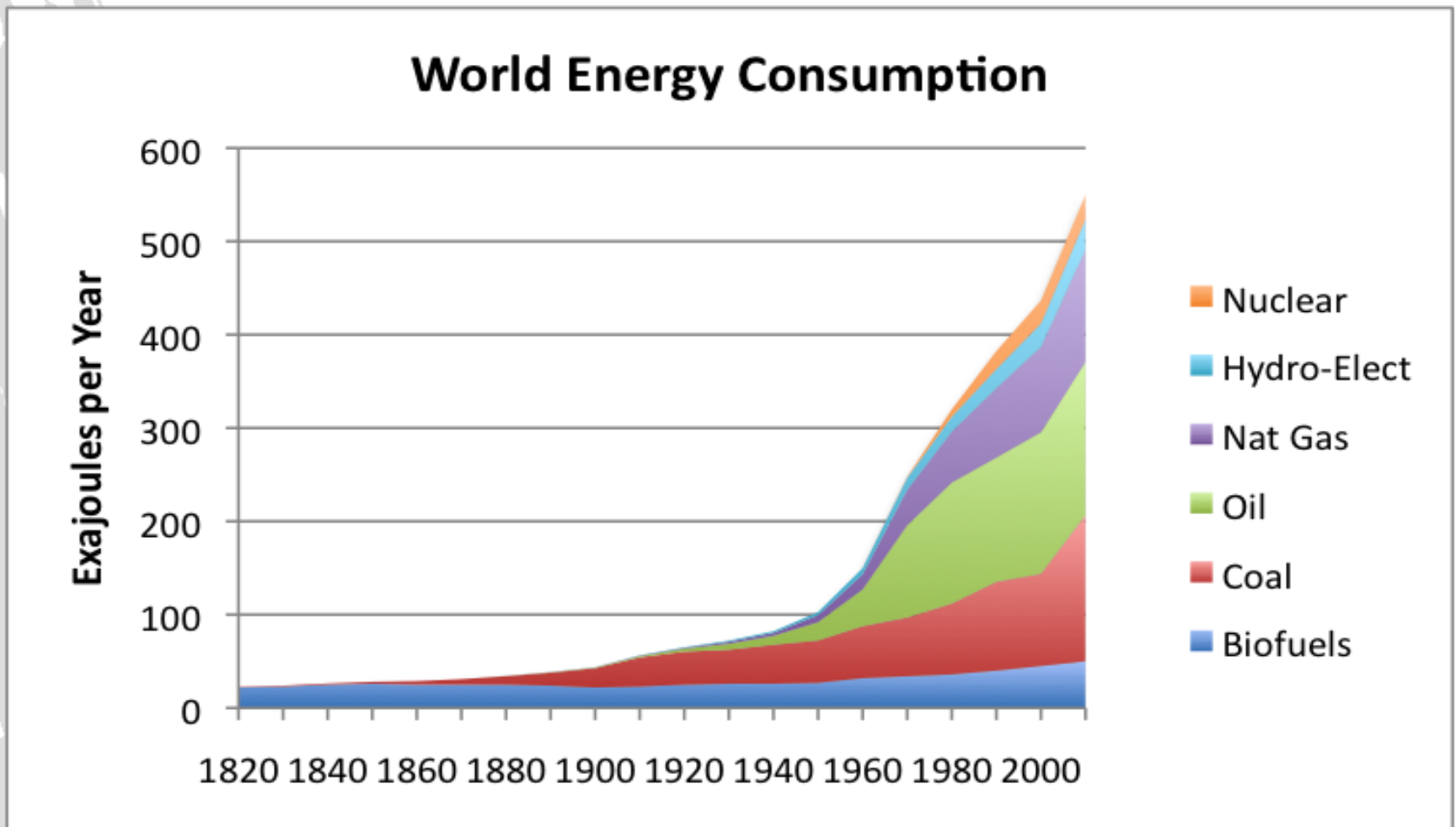


A portion of the incoming energy is radiated back into space in the infrared band.

The atmosphere gets 9% of its heat budget from this process, nearly all of it by the effect of water vapor.

CO2 plays a minuscule role, masked by water vapor.

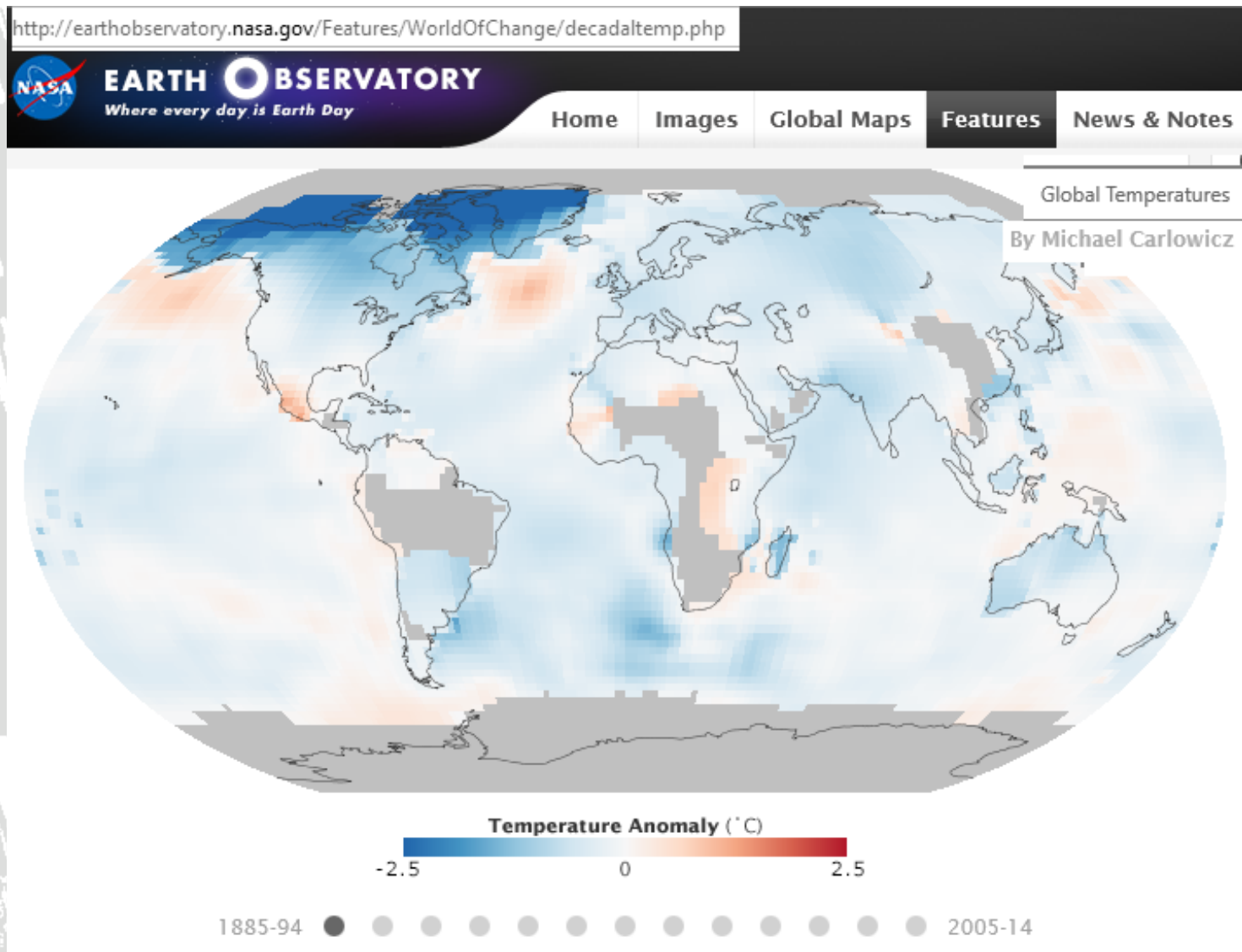
Energiatarbimine on maailmas kasvanud kohutava kiirusega



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Maakera temperatuuri anomaaliad 1885...1894 a.



Maakera temperatuuri anomaaliad 1985...1994 a.

earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php



EARTH OBSERVATORY
Where every day is Earth Day

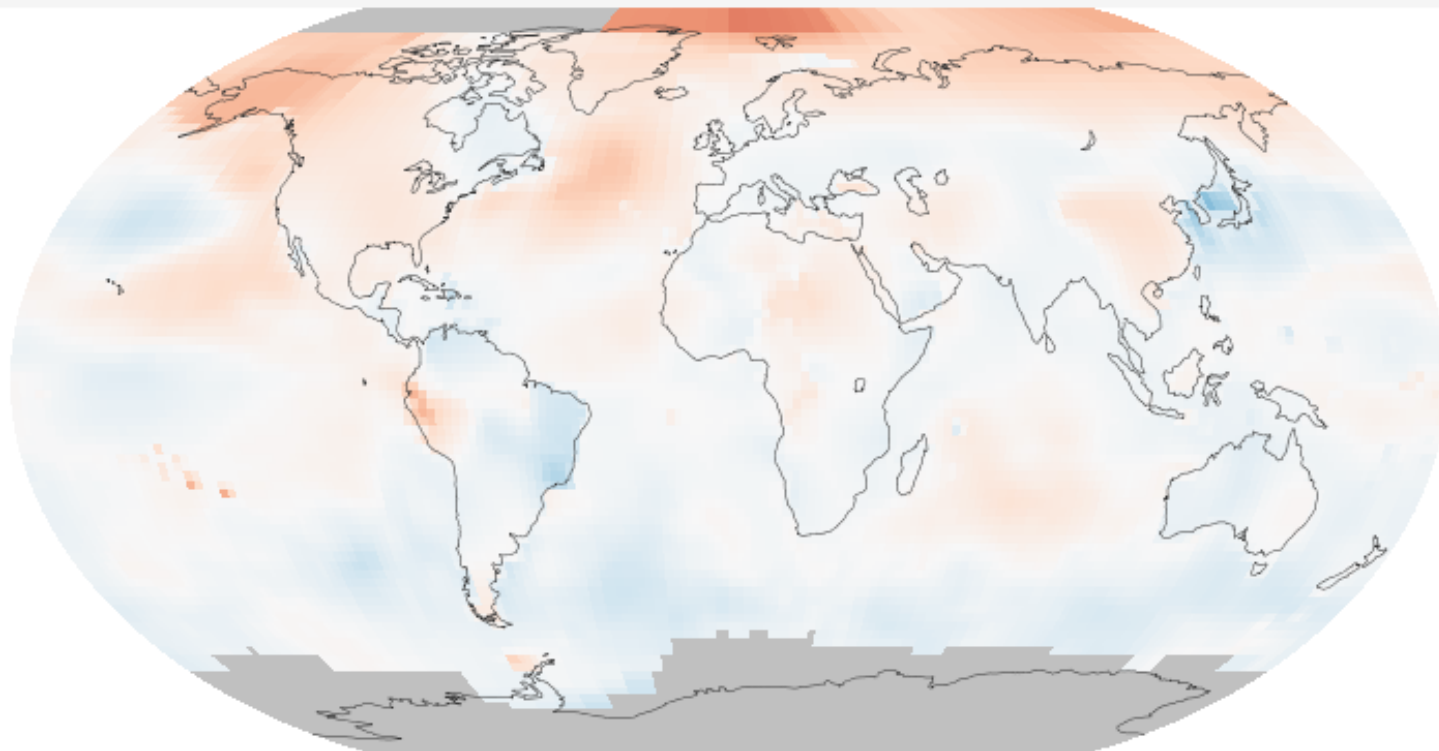
Home

Images

Global Maps

Features

News & Notes



Global Temperatures

By Michael Carlowicz

1985-1994

Temperature Anomaly ($^{\circ}\text{C}$)

-2.5

0

2.5



2005-14

KOOL
NOLOGY

Ma


EARTH OBSERVATORY
 Where every day is Earth Day
 [Home](#)
[Images](#)



EARTH OBSERVATORY

Where every day is Earth Day

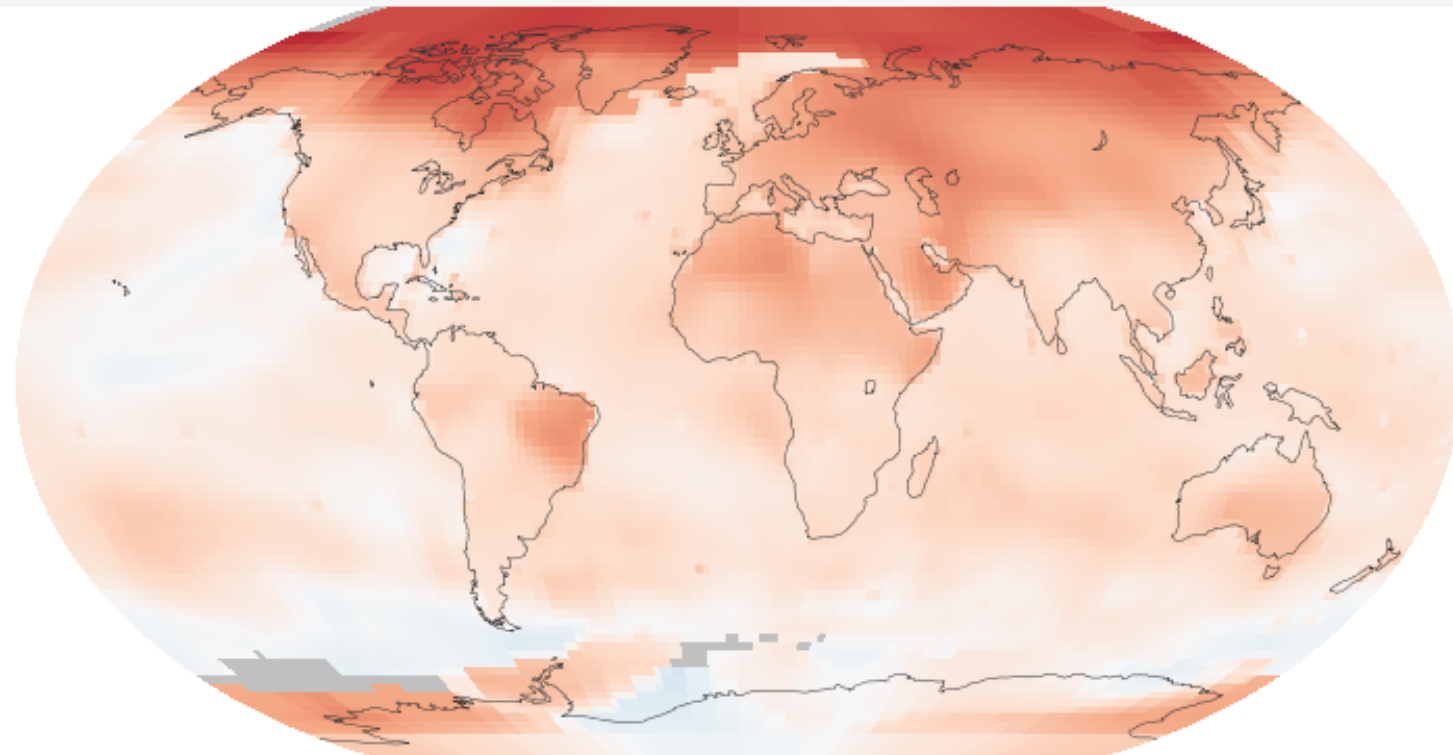
[Home](#)

Images

Global Maps

Features

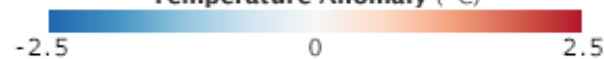
News & Notes



By Michael Carlowicz

2005-2014

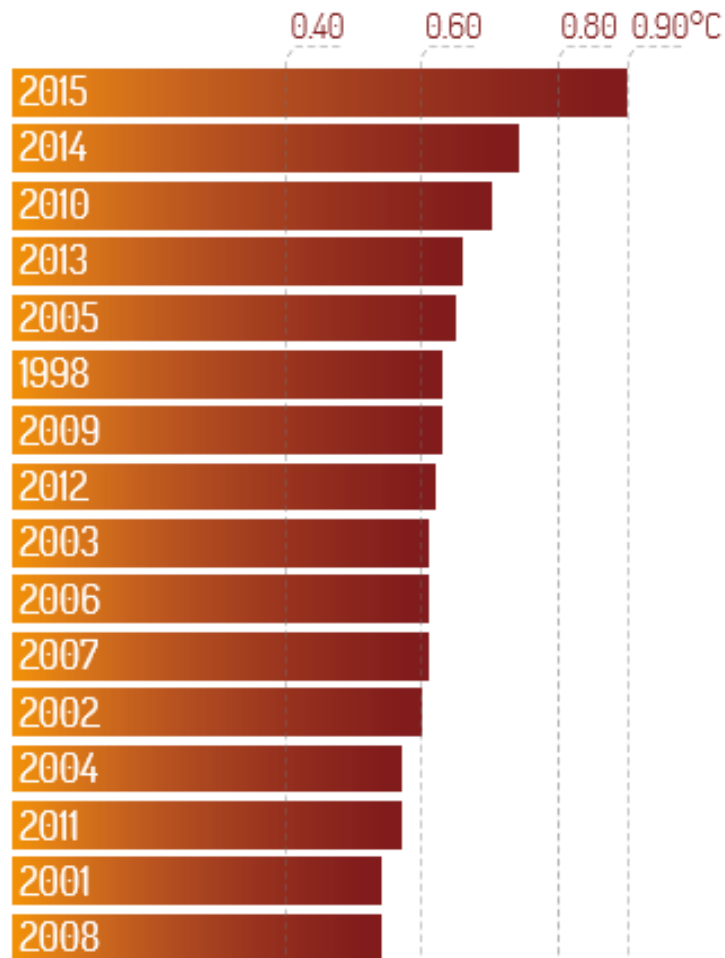
Temperature Anomaly (°C)



KOOL INOLOGY

Viisteist kuumimat aastat alates 1880 a. GOING NEGATIVE
How carbon sinks could cost the Earth

15 hottest years since records began
(in 1880) all happened this century



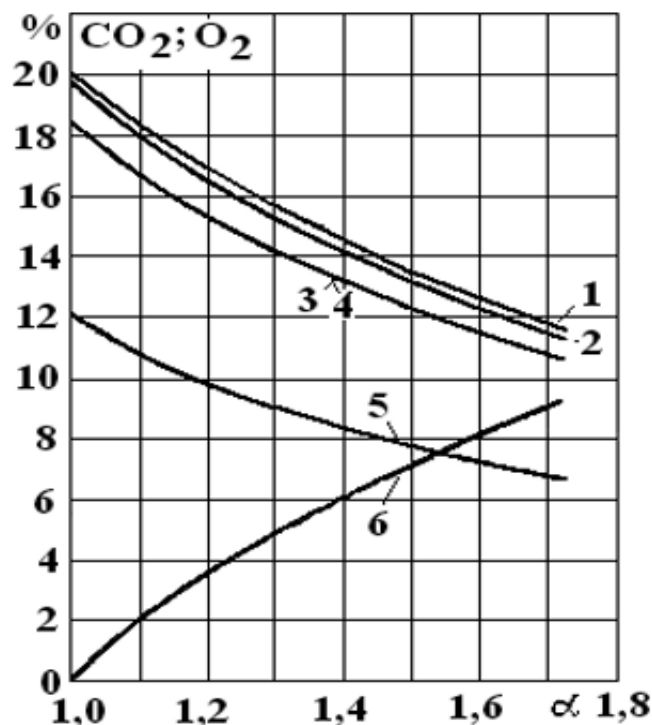
Source: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>

Tsüklilised temperatuuri muutused. Pikaajaline temperatuuri muutuste tsükkel (kestvusega ca 800..850 aastat) võib olla ka praeguse kliima soojenemise väljenduseks. Allikas: www.earth-climate.com



Gaasikomponentide sisaldused kütuste põlemisgaasides sõltuvana liigõhutegurist. Andmed on esitatud mahuprotsentides kuivade gaaside kohta. Jooned 1...5 vastavad erinevate kütuste CO₂ sisaldusele põlemisgaasides, joon 6 vastab vaba hapniku sisaldusele põlemisgaasides, sõltuvana liigõhutegurist. 1 – puit; 2 – turvas; 3, 4 – kivisüsi, põlevkivi; 5 – maagaas: Andmed mahuprotsentides kuivade gaaside kohta.

NB! Puidu kasutamisel kütusena on põlemisgaasides CO₂ sisaldus suur. Kuivades põlemisgaasides on puidu põletamisel 20,2 % CO₂).



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Aruandest

*Andmed CO₂ emissiooni kohta erinevate kütuseliikide kasutamisel
kondensatsioonjaamades.*

Kütuse liik	CO ₂ , g/kWh _{br}	Arvestuslik netokasutegur, %	CO ₂ , g/kWh _{el}
Tahked fossiilkütused			
Kivisüsi	324-335	42	771-798
Eesti põlevkivi, tolmpõletamine katla koldes	360	28	1286
Eesti põlevkivi, põletamine keevkihtkatla koldes	360	33	1091
Vedelkütused			
Masuut	277-281	42	659-669
Kerge kütteõli	263	42	626
Põlevkiviõli	288	42	686
Maagaas	216	42	514
Kohalikud kütused			
Puit	346	42	0/(824)
Turvas	346-360	42	824-857

^[1] esitatud arv vastab puidu süsinikusisaldusele, arvutustes võetakse puidujäätmete põletamisel CO₂ emissioon võrdseks 0-ga, arvestades, et puit on absorbeerinud kasvades CO₂ ümbritsevast õhust ja metsas kõdunedes ta eraldaks sama-suure koguse CO₂ nagu põletamisel katla koldes. Kui hakkepuut on tehtud palgist, tuleb kogu põletamisel tekkiv CO₂ võtta arvesse.

Kütuste põlevaine koostis .

Allikas: Kütuse mõiste, teke ja varud, kütuste kasutamine Eestis

Aadu Paist Tallinna Tehnikaülikool, Soojustehnika instituut



Kütuse põlevaine

Kütus	Põlevaine koostis %				
	CP	HP	OP	NP	SP
Puit	50 - 55	6 - 7	40 - 45	0,5	0,05
Turvas	55 - 60	6 - 7	30 -35	2 - 3	0,4 - 0,6
Pruunsüsi	64 - 77	4 - 6	15 - 25	0,8- 1,5	0,3 - 8
Kivisüsi	75 - 90	4 - 6	3 - 16	0,5 - 3	1 - 3
Antratsiit	90 - 93	2 - 4	2 - 4	1 - 2	0,5 -2
Põlevkivi	60 - 80	7 - 10	8 - 20	0,1 -2	2 -15



*KI lisas : NB! 1 kg C annab kütuse põlemisel 3,76 kg CO₂
1 kg H annab kütuse põlemisel 9 kg H₂O*

Puidu koostis

PHYDADES

Intelligent Energy  Europe

Keemiline koostis:

51% süsinik

42% hapnik

6% vesinik

< 1% lämmastik

< 0,1% väävel,
halogeenid

Koostisosad:

50% tselluloos $(C_6H_{10}O_5)_n$

25% hemitselluloos

25% ligniin

< 5% vaigud etc.

< 1% tuha mineraalid

1 kg C annab kütuse põlemisel 3,76 kg CO₂

1 kg H annab kütuse põlemisel 9 kg H₂O



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Allikas: Vedel ja gaaskütuse kateldest

prof. Aadu Paist 25. 04. 2012 ENERGIATÖHUSA EHITISE TÄIENDUSKOOLITUS TARTU
TEADUSPARGIS

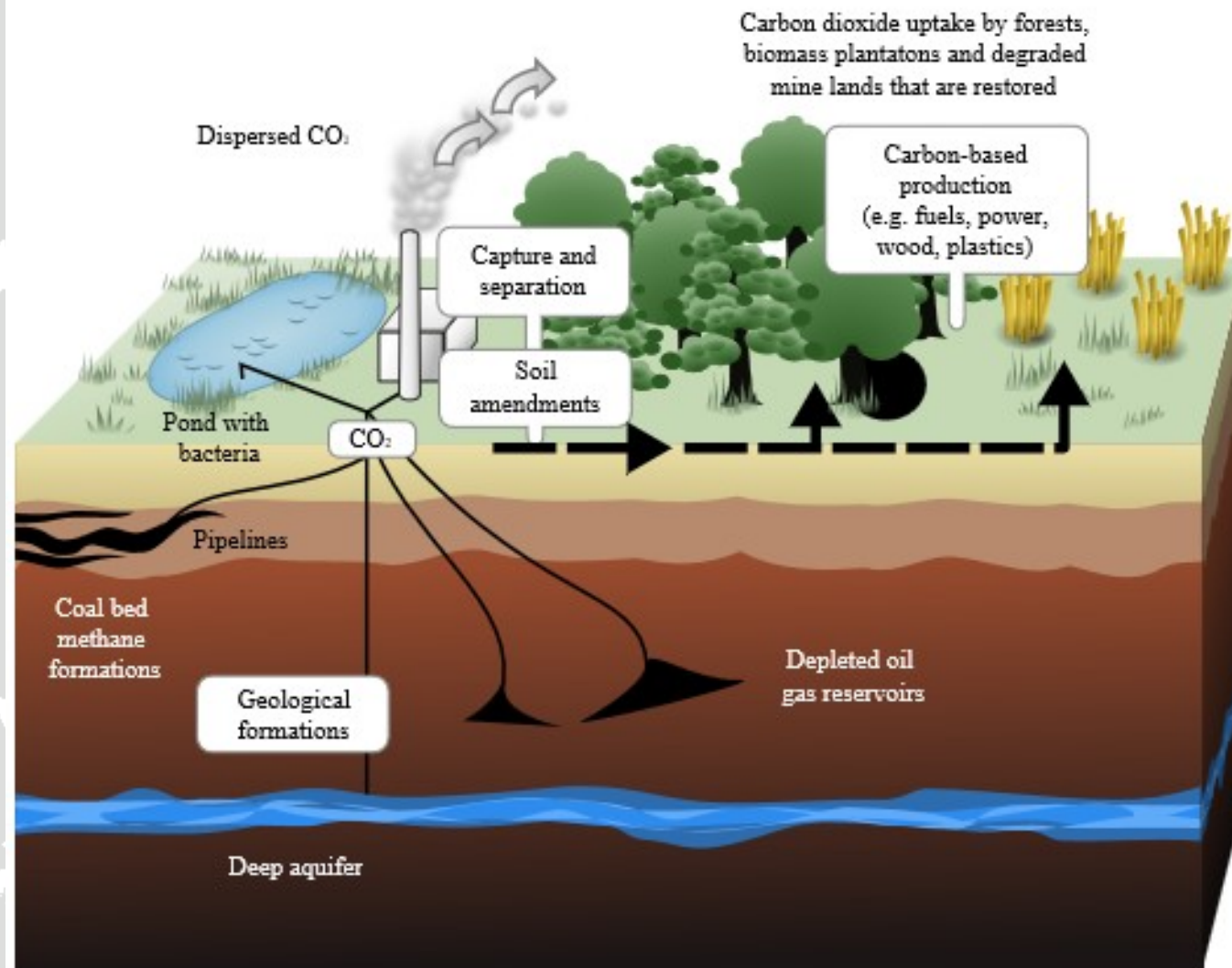


Heitmetest

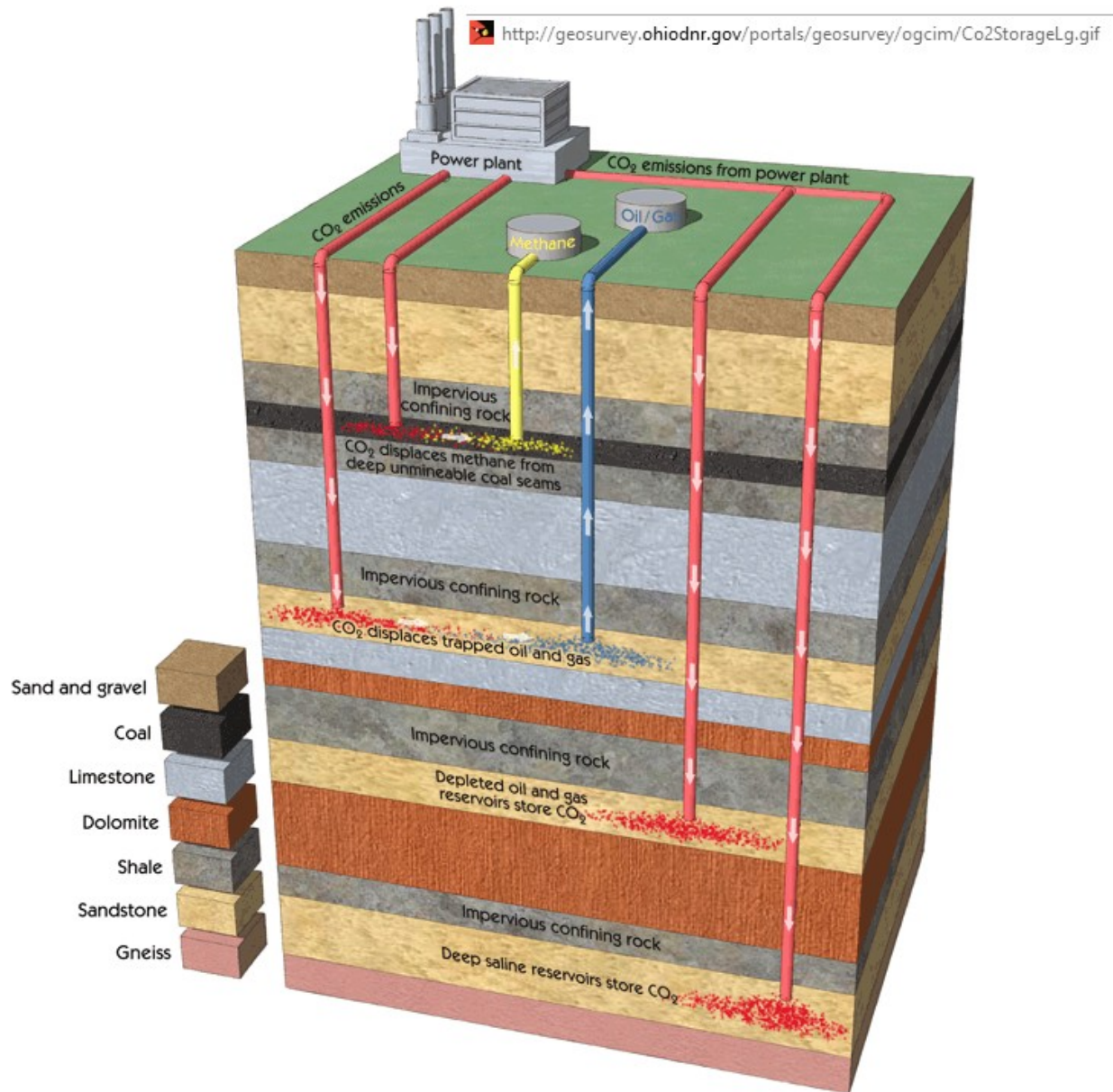
KÜTUSED	gCO_2/MJ	gSO_2/MJ
Tükkturvas	105	200
Puit	105	25
Raske kütteõli	78	460
Kerge kütteõli	74	85
Maagaas	56	0
Kivisüsi	95	700

NB! Kui põletada puidu või turba asemel nn. fossiilseid kütuseid, on sama soojushulga tootmisel CO₂ emissioon oluliselt väiksem. Loodus on „rumal“ ja ei suuda teha vahet, millise kütuse põletamisel CO₂ on tekkinud.

https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_storage



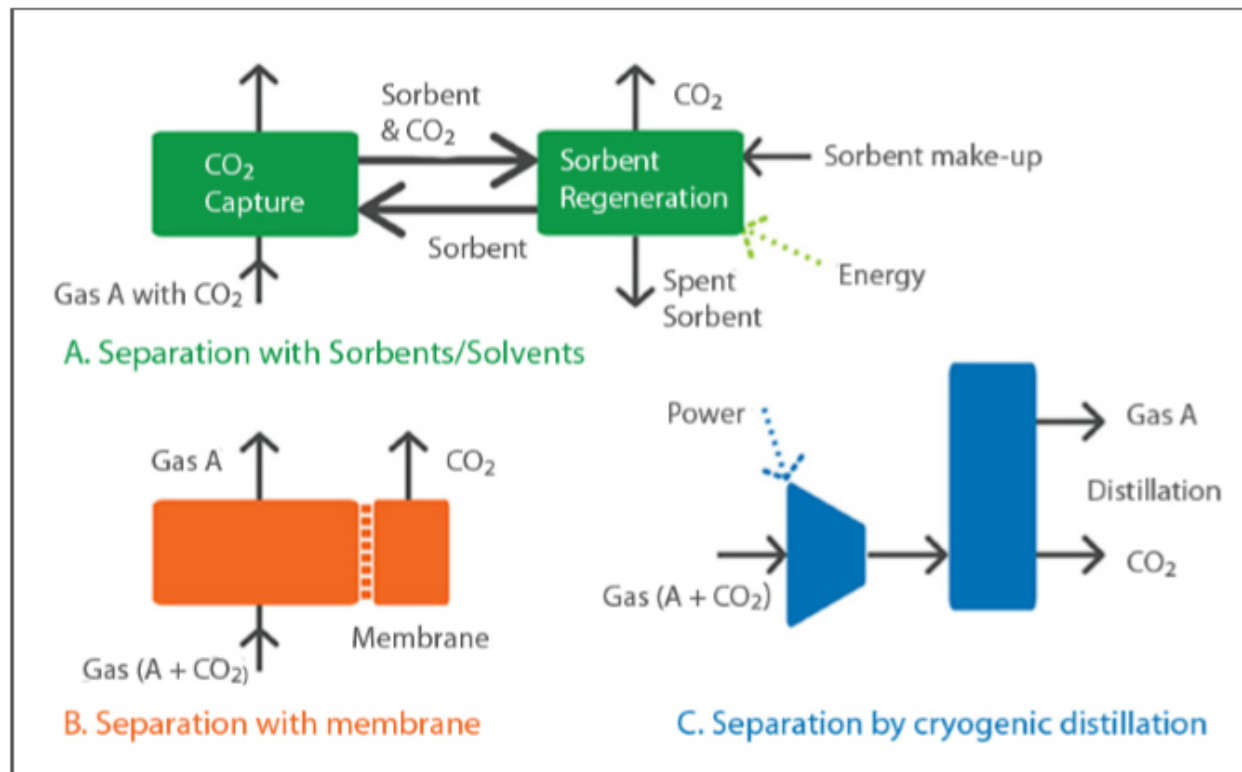
CO₂ ladustamine (sekvesteerimine)



3 võimalust CO₂ eraldamiseks põlemisgaasidest



Three basic methods to separate gases



GOING NEGATIVE

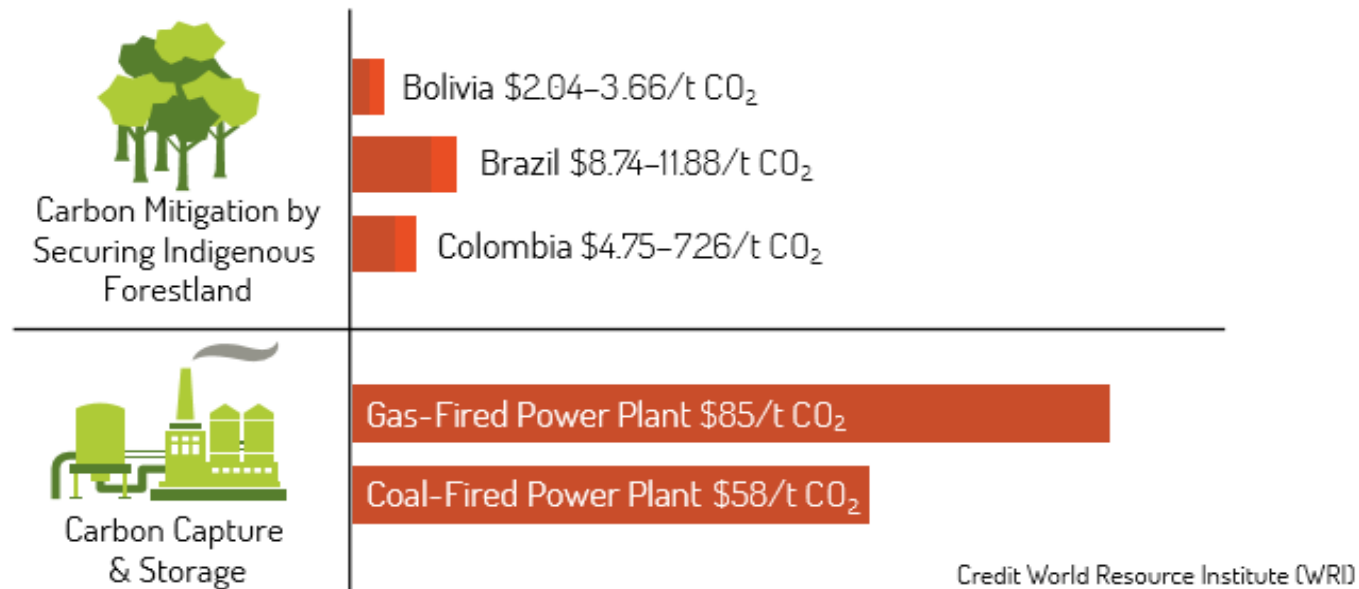
How carbon sinks could cost the Earth

Vt. <http://www.fern.org/Making the EU to work for people and forests>

Securing indigenous lands is a cost-effective carbon mitigation strategy

Securing indigenous lands can reduce emissions at costs far lower than carbon capture and storage measures.

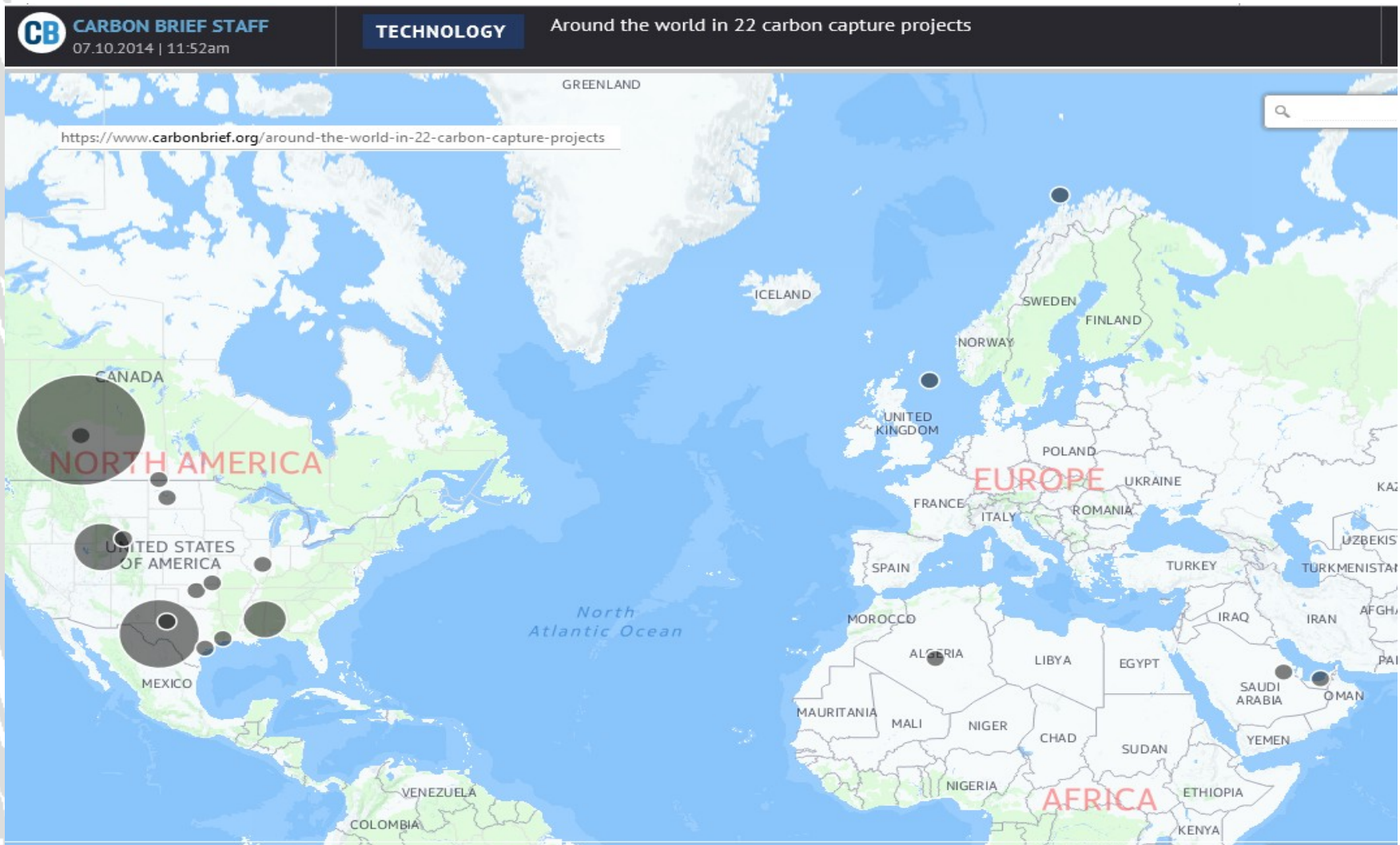
Estimated costs of carbon mitigation



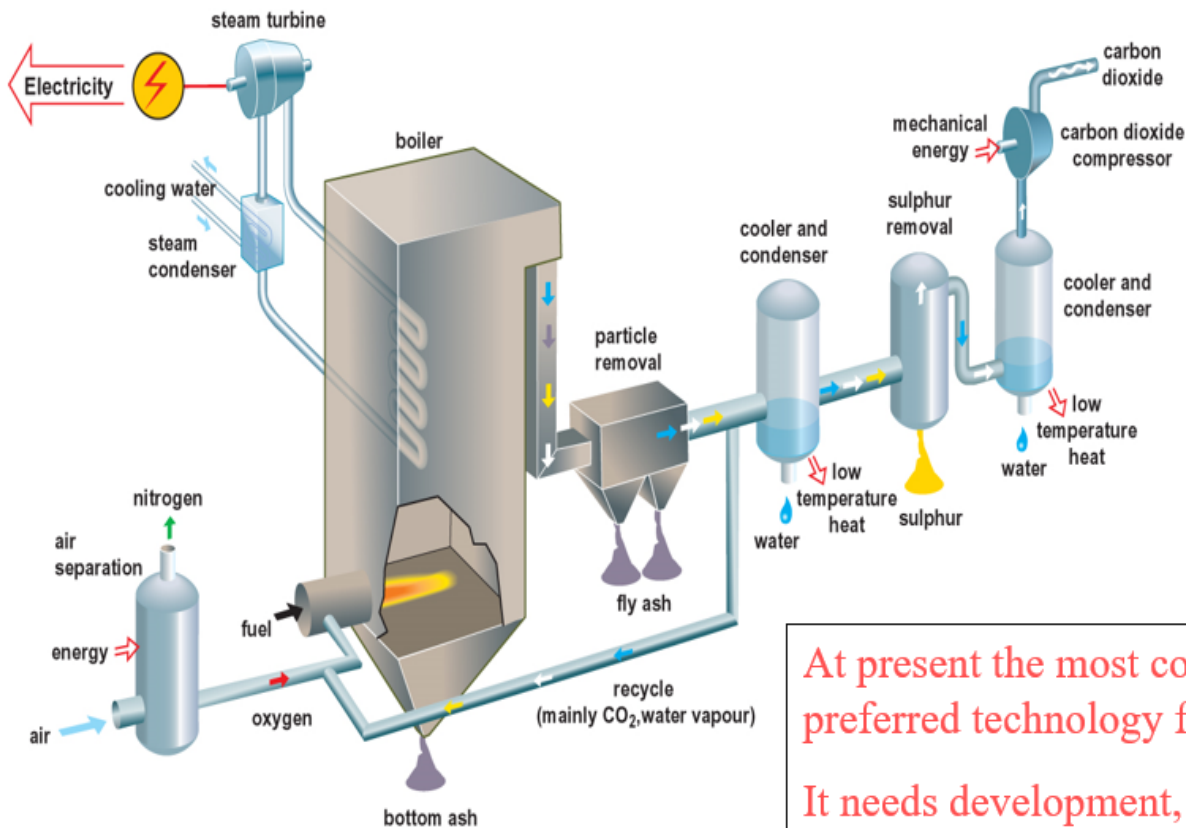
CO2 sekvesteerimise (ladustamise) projektid Kanadas ja USA-s.
Allikas: <https://www.undeerc.org/pcor/CO2SequestrationProjects/>



2014 a oli maailmas realiseeritud juba 22 CO₂ püüde- ja ladustamisprojekti



O₂/CO₂ combustion is the preferred option at present

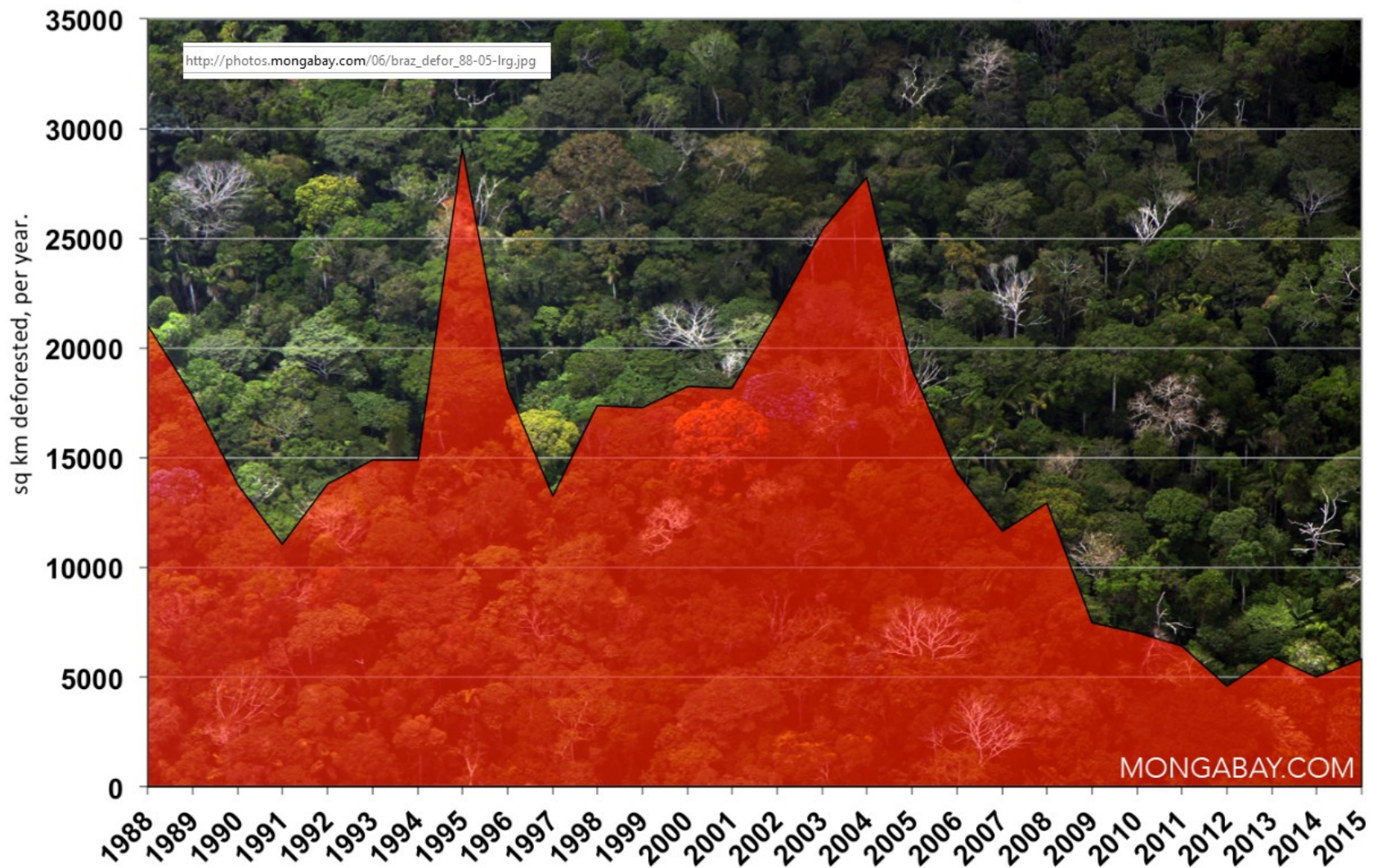


At present the most competitive and preferred technology for coal.

It needs development, pilot and demo plants to get design data

Metsade lageraie Brasíllias 1988...2015

Deforestation in the Brazilian Amazon, 1988-2015



Allikas: Ärileht. 16.dets. 2016. Taastuvenergiakoda.
Eesti Energia, Narva elektrijaamad AS, Balti elektrijaam Foto: TERJE LEPP



Deforestation – EESTI variant

Efforts to tackle global deforestation risk being side lined, says Unilever Chief Executive

July 17, 2015 Written by Louise Prance Miles. Unilever Chief Executive Paul Polman has warned that a more ambitious approach to funding forest protection is needed, or risk the project being sidelined at the upcoming

ParisClimate Summit■



http://arvamus.postimees.ee/3946035/tartu-teadlased-keskkonnaministeerium-varjab-mittesaaatlikku-metsaraiet?_ga=1.246137476.164150204.1447592127

Tartu teadlased: keskkonnaministeerium varjab mittersaaatlikku metsaraiet

Asko Lõhmus

Tartu Ülikooli loodusressursside õppetooli juhataja ja riigi metsandusnõukogu liige

Kaie Kriiska

maastikuökoloogia doktorant ja Eesti kliimamuutustega kohanemise arengukava üks autoritest



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Linda-Mari Väli: riigi laastav ja silmakirjalik metsanduspoliitika ehk miks me korraldame reedel piketi metsaseaduse muudatuste vastu

15. detsember 2016 17:36

Linda-Mari Väli



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Press Releases European Commission sacrifices forests for energy
November 30, 2016 (Euroopa Liit ohverdab metsad energia tootmiseks)



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Daily news 2. December 2016

Europe's green energy policy is a disaster for the environment Biofuels or fossil fuels?
(Euroopa roheline energia poliitika on keskkonna katastroof. Biokütused või fossiilkütused?)

By Boris Horvat /AFP/Getty

By Michael Le Page

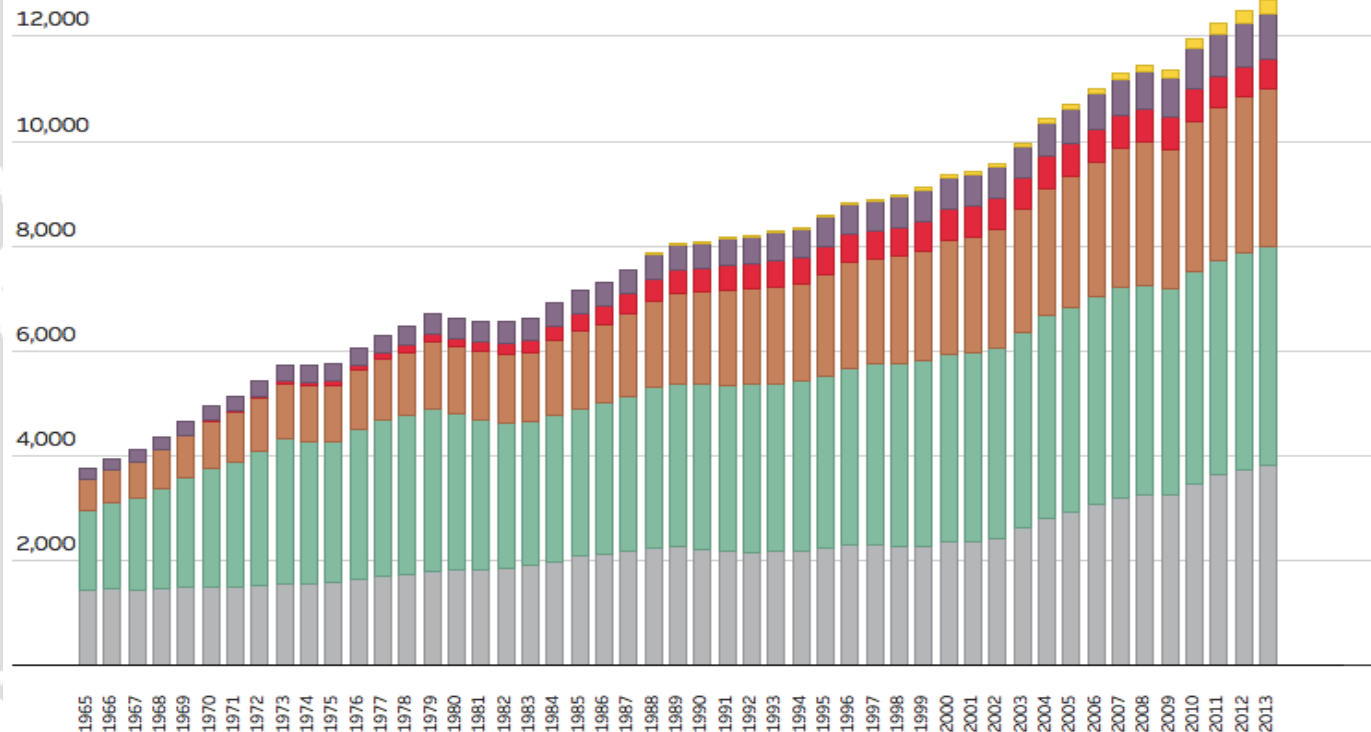


AÜLIKOOOL
TECHNOLOGY

Global energy use by source

In millions of tons of oil equivalent

Coal Oil Natural gas Nuclear Hydroelectricity Other renewables



Source: BP Statistical Review of Energy 2014.

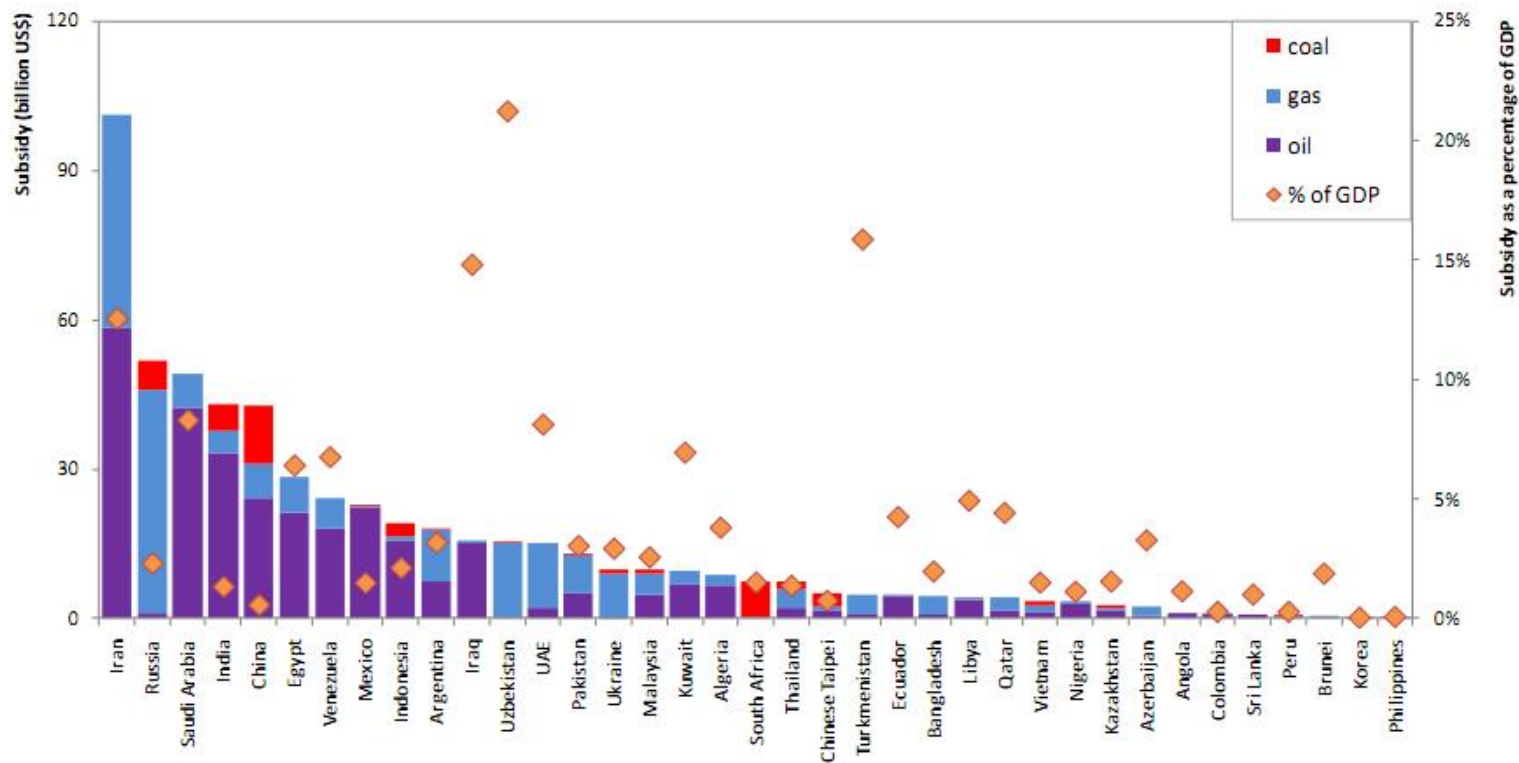
1 toe = 41,9 GJ



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Subsiidiumid paljudes riikides fossiilsete kütuste kasutamiseks ei anna lootust kliimamuutuste leevendamiseks subsiidiumide arvel taastuvate kütuste (puidu) põletamisel



***Global subsidized consumption of fossil fuels amounted to US\$ 557 billion in 2008.
Of the countries surveyed this represents 2.1% of GDP (PPP) on average***

Lisanduvad elektrijaamad kergitavad taastuenergia tasu

Õhtuleht.ee, 30. november 2016, 09:15

Lisanduvad elektrijaamad kergitavad taastuenergia tasu 1,04 sendini kilovatt-tunnist. Taastuenergia toetuste rahastamiseks kogutav taastuenergia tasu on 2017. aastal 1,04 senti kilovatt-tunni kohta, võrreldes 0,96 sendiga lõppeval aastal.

Viimasel viiel aastal on taastuenergia tasu kõikunud vahemikus 0,77-0,97 senti kilovatt-tunni eest, kusjuures aastatel 2013 ja 2014 tasu langes. Prognoosi kohaselt kasvab toetatav taastuenergia kogus tuleval aastal 13 protsenti 1429 gigavatt-tunnini. Sellele lisandub 182 gigavatt-tundi tõhusa koostootmise režiimil toodetud energiat.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

- „2017. aasta prognoositav taastuvelektri osakaal on juba üle 18 protsendi, mis on enam kui 2020. aastaks seatud sihttase 17,6 protsenti elektri tarbimisest. Soovitud eesmärk viia taastuvelektri osakaal 2030. aastaks 50 protsendini oodatava tarbimise suhtes eeldab taastuenergia toodangu enam kui kolmekordset suurendamist 2017. aasta 1,4 teravatt-tunniga võrreldes,“ märkis Veskimägi.
- Tuleval aastal suureneb toetatava taastuenergia maht eelkõige kahe uue elektrijaama – Imavare koostootmisjaama ja uue elektrijaama läbi Väos. Tuuleenergiale kulub 42 protsenti, suurtele biomassijaamadele 47, muudele biomassi ja –gaasijaamadele üheksa, hüdrojaamadele kaks ja päikesejaamadele 0,3 protsenti taastuenergia toetusest.
- Taastuenergia toetuste rahaline maht on järgmisel aastal prognoosi järgi 76,7 miljonit eurot ja tõhusa koostootmise režiimil toodetud elektrienergial 5,8 miljonit eurot. Eelmise perioodi ülelaekumine võimaldab vähendada tuleval aastal taastuenergia tasuna kogutavat summat 3,5 miljoni euro võrra.

Einari Kisel: Kuldne alternatiivelekter

▪ <http://majandus.delfi.ee/news/uudised/article.php?id=32914921&com=1>

02.09.2010 20:55

20.02.2007 00:01

Einari Kisel, majandusministeeriumi energeetikaosakonna juhataja

Eelmisel nädalal otsustas riigikogu tõsta märkimisväärselt taastuvelektri kokkuostu hindu, seniselt 81 sendilt 115 sendile kilovatt-tunni kohta.

Mitu energiaettevõtjat ja isegi rohelised on tõdenud, et uued kokkuostuhinnad on üllatavalt kõrged.

Eestist võib leida elektritootjaid, kelle kasumimarginaal kasvab uute toetuste tõttu üle 70 protsendi, ka mõne tuulikuprojekti kasumimarginaal ulatub nendest hindadest lähtuvalt üle 40 protsendi, samas kui üldjuhul on energeetikas kasumimarginaal 10-20 protsenti.

Mõne aasta pärast maksame igal aastal elektri hinna kaudu üle miljardi krooni nendele jaamadele toetuseks, ligi 400 miljonit sellest on aga põhjendamatult tulu.

Seega on tegevust lõpetav riigikogu pannud tulevase valitsuse olukorda, kus Euroopa Komisjon võib leida, et Eesti taastuvelektri ja koostootmisjaamade toetused on põhjendamatult suured...

.... Võimaliku nõude suurus võib ületada isegi suhkrutrahvi, 713 miljonit krooni.

Toetusi vähendada on uuel riigikogul aga jällegi äärmiselt keeruline: ettevõtjad hakkavad sel juhul süüdistama riiki õigustatud ootuse printsiibi rikkumises.

Kokkuvõte, järeldused I

- *Maakera kliima on olnud muutuv pikaajalise tsüklina. Raske on teha vahet, kas käesoleva aja kliima soojenemine on tingitud põhiliselt pikaajalise kliimatsükli tagajärjena või inimeste tegevuse tagajärjel. Ekstreemseid kliimamuutusi olnud ka enne tööstus-revolutsiooni algust.*
- *Paljud teadlased ennustavad peatselt algavat uut kliima jähnenemist, mille tipp võiks kohale jõuda aastaks 2030. Kliima tsükliline muutumine on seostatav päikese aktiivsuse tsüklilise muutumisega ja maa orbiidi muutustega.*
- *Peavoolumeedia peab kliima soojenemise põhjustajaks põhiliselt fossiilsete kütuste põletamisel tekkivat CO₂ ja ignoreerib veeauru ja paljude teiste faktorite mõju maakera soojusvahetusele. Veeaur neelab kiirgust palju intensiivsemalt, kui CO₂ ja katab suures osas CO₂ spektri neeldumisribad. Veeauru osa ignoreeritakse viitega sellele, et liigne kogus veeauru kondenseerub ja sajab vihmana maha. Tegelikult ka peale vihmaseadu on õhk niiske (küllastunud veeauruga) ja õhu mahuline niiskusesisaldus on kordades suurem, kui CO₂ mahuline kontsentratsioon õhus (ca 0,04% ehk 400 ppm).*
- *Lahenduste otsing maakera kliimamuutuste probleemidele on liigselt allutatud kõrgetasemelistele poliitilistele- ja ärihuvidele (põhimõttel: kes saab - see pressib, kes pressib - see saab).*

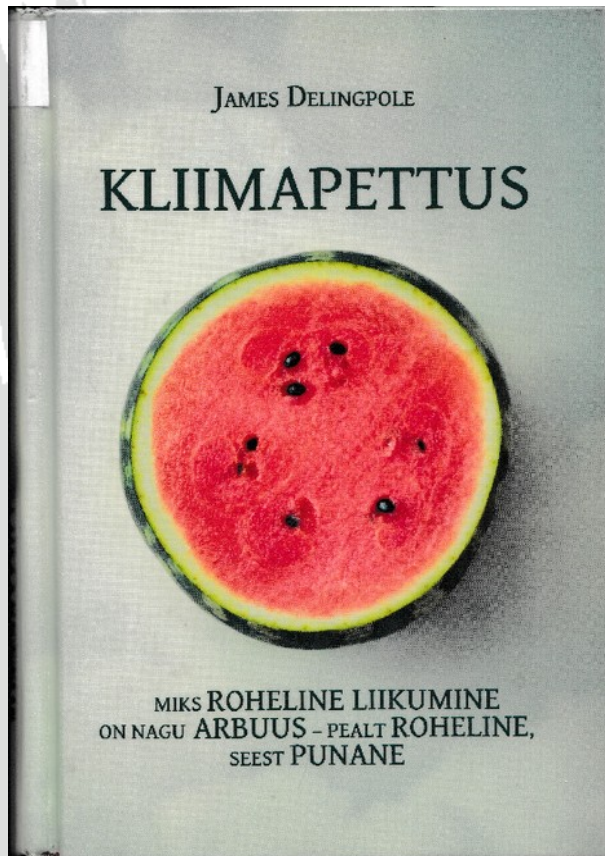
Kokkuvõte, järeldused II

- Õhus sisalduv CO₂ kindlasti avaldab teatud mõju maakera soojusvahetusele. Kui pidada kütuste põletamisel tekkiva CO₂ mõju maakera soojusvahetusele väga oluliseks, siis ei tohi teha vahet, millise kütuse põletamisel CO₂ on tekkinud – loodus ei suuda teha vahet CO₂ kogustel, millest osa on tekkinud fossiilsete kütuste põletamisel ja teine osa taastuvateks kütusteks nimetatud orgaanilise massi (puidu) põletamisel. Puidu põletamisel õhku emiteeritav CO₂ kogus on oluliselt suurem, kui sama soojushulga tootmiseks kasutatava gaasi või õli põletamisel emiteeritava CO₂ kogus. Jättes rohkem metsa kasvama, peame silmas seda, et puidu kasv metsas toimub fotosünteesi tulemusena süsiniku omastamisega õhus olevast CO₂-st, aga CO₂-st õhus tahe-takse just lahti saada.
- Kliima soojenemist mõjutavate emiteeritavate koguse arvutamisel tuleks lähtuda atmosfääri emiteeritava süsiniku massist (või CO₂ massist), sõltumatult sellest, kas põletatakse fossiil-kütuseid, puitu või turvast.
- Maakera kliima muutumine (kliima soojenemine) on tõenäoliselt suures osas tingitud ka suurenenud kütuste tarbest ja metsade raadamistest (lageraietest). Metsade lageraietest on räägitud palju seoses Amazonase vihmametsade hävitamisega, aga sama probleem on paljudes teisteski kohtas (Madagaskar, Indoneesia, Vietnam jt.).
- Kliima soojenemisest rääkides oleks oluline võtta kasutusele ka mõisted soojuse heitmetest ümbritsevasse atmosfääri, pinnasesse, veekogudesse. Need heitmed ei ole sedavõrd väikesed, et neid võiks ignoreerida. Temperatuuri vähene, kuid siiski enam-vähem järjekindel tõus paljudes mõõtmisjaamades on osaliselt seostatav väga suure kütuste tarbimise kasvuga alates 1950.-ndast aastast, suur osa põletatud kütuses sisaldunud energiast satub lõpuks loodusesse (atmosfääri).

Kokkuvõte, järeldused III

- Olulist osa kliima muutumises on omanud ja omavad metsade lageraied (deforestation), metsade lageraiete asemel tuleks teha ainult sanitaarraiet ja ainult küpse metsa puit võiks leida kasutust ehitusmaterjalina, puitlaastplaatide tootmiseks, tselluloosi tootmiseks või kütusena. Kahjuks jääb metsa just see osa puidust (kännud, oksad), mille korral oleks õigustatud CO₂ emissioon arvutustes võtta võrdseks nulliga.
- Puidu kasutamine kütusena puuküttega majades, kaugkütte katlamajades ja suure kasuteguriga koostootmisjaamades (nn. tõhus koostootmine) on loomulikult aktsepteeritav.
- Kahjuks Euroopa Liit soosib (sallib) taastuvenergia tootmise sildi all mõtlematut metsade lageraie, sellele on tähelepanu juhitud mitmel tasandil, kuid siiani on ärimeeste ja nendega seotud poliitikute huvid jäänud domineerima.
- Olukorras, kus paljud riigid maailmas (põhiliselt naftat ja maagaasi tootvad riigid) subsideerivad fossiilsete kütuste tootmist ja kasutamist, ei saa olla õigustust suurte subsidiumite andmisele puidu kasutamiseks väikese kasuteguriga seadmetes.
- Tuleb jätkata efektiivsete energiatootmis- ja kasutuseadmete arendamist, ühekülgne võitlus ainult fossiilkütuste põletamisel tekkiva CO₂ vastu on eksitav ja ei vii energeetika ja majanduse arengut edasi.

Lugemissoovitused



***Originaali tiitel: James Delingpole:
„Watermelons. The Green Movement's True
colors“. New York; Publius Books, 2011.***

*Huvitavaid andmeid aastate vältel täheldatud kliima-
anomaaliate kohta võib leida ka raamatust A. Muranov
„Maakera loodusjõudude kütkes“, Tallinn, kirj. Valgus,
1986.*



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Täna tähelepanu eest!

Küsimused, arvamused?



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY