



Euroopa Liidu roheleppe alane  
nõupidamine EV  
Keskkonnaministeeriumis  
31.01.2020

**Rohemajanduse  
edu sõltub eeskätt  
maakasutusest  
mitte niivõrd  
fossiilsete kütuste  
asendamisest**

**Ülo Mander**

Tartu Ülikooli professor  
[ulo.mander@ut.ee](mailto:ulo.mander@ut.ee)

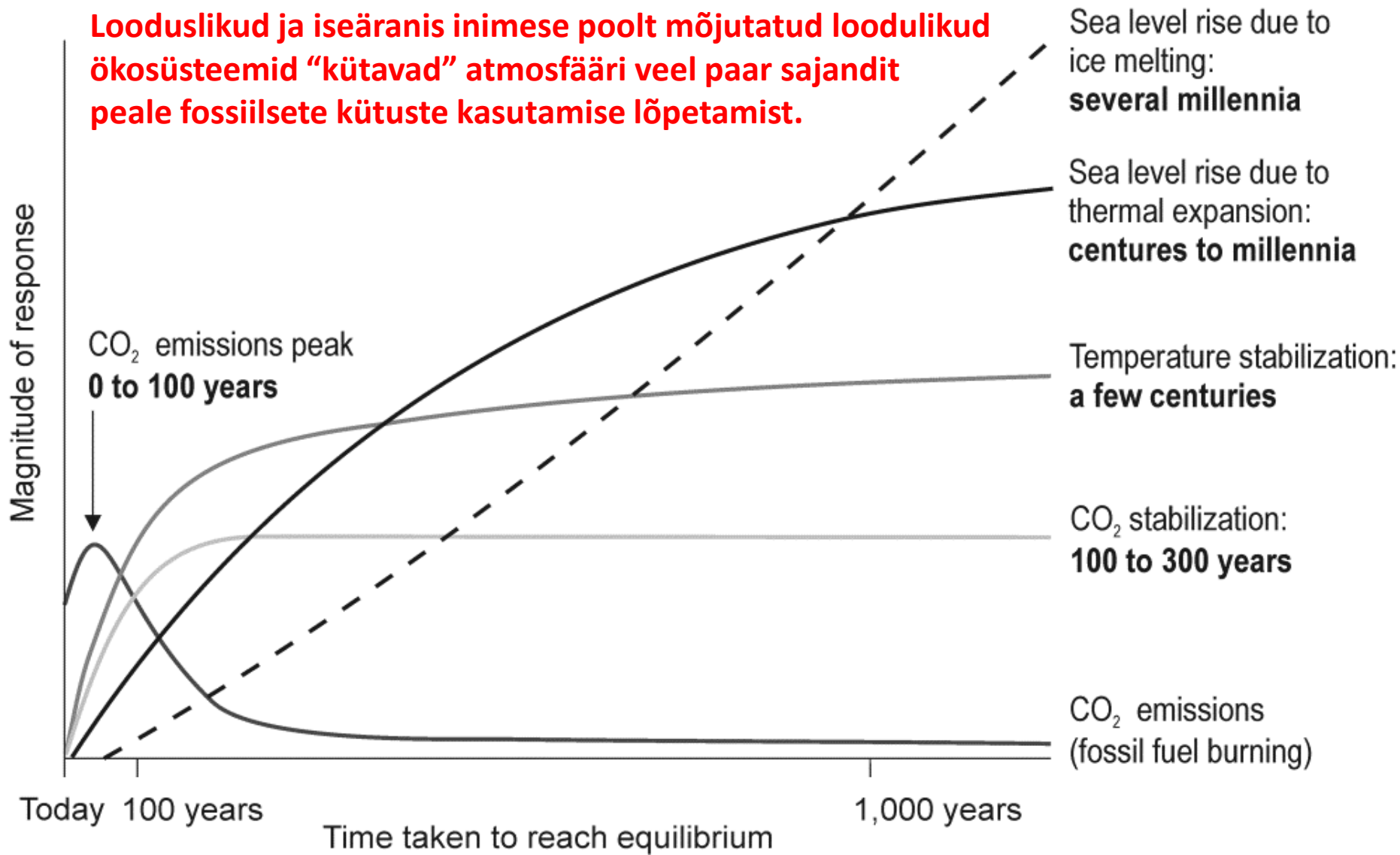
# Põhiteesid

- EL rohelepe peamiselt orienteeritud fossiilsete kütuste asendamisele
- Sellest ei piisa Pariisi kokkulepete täitmiseks
- Globaalselt on peamine tegur maakasutus, mis kätkeb mullas ja taimkattes talletunud süsinikku; selle sisalduse ja vastavate kasvuhoonegaaside voogude varieeruvus ületab fossiilkütuste mõju
- EL arvestab seni valdavalt maakasutuse muutusi, mitte maakasutust ennast
- Lisandub metaani ( $\text{CH}_4$ ) ja diämmastikoksiidi e. naerugaasi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) kasvav mõju
- $\text{CH}_4$  ja  $\text{N}_2\text{O}$  kohta, mille kiirguslik toime atmosfäärile on vastavalt 28 ja 296 korda suurem kui samal kogusel  $\text{CO}_2$ -l, teame globaalses ulatuses veel vähe
- Eesti peaks lisaks fossiilsete kütuste asendamisele, mis on seatud peamiseks eesmärgiks, pöörama enam tähelepanu maakasutusele
- Seejuures ei ole traditsiooniliste kütuste kasutamise järsk muutmine tark tegu, sest see ei oma Euroopa, ega kaugeltki globaalses ulatuses efekti nn kliima neutraalsusele.
- Arvestades kliima soojenemise paratamatust lähima 100-200 aasta jooksul, peaksime peamise tähelepanu pöörama sotsiaal-majandusliku süsteemi kohanemisele

# Peale fossiilsete kütuste põletamise lõpetamist jätkavad CO<sub>2</sub> sisaldus atmosfääris, õhutemperatuur ja mereveetase tõusmist

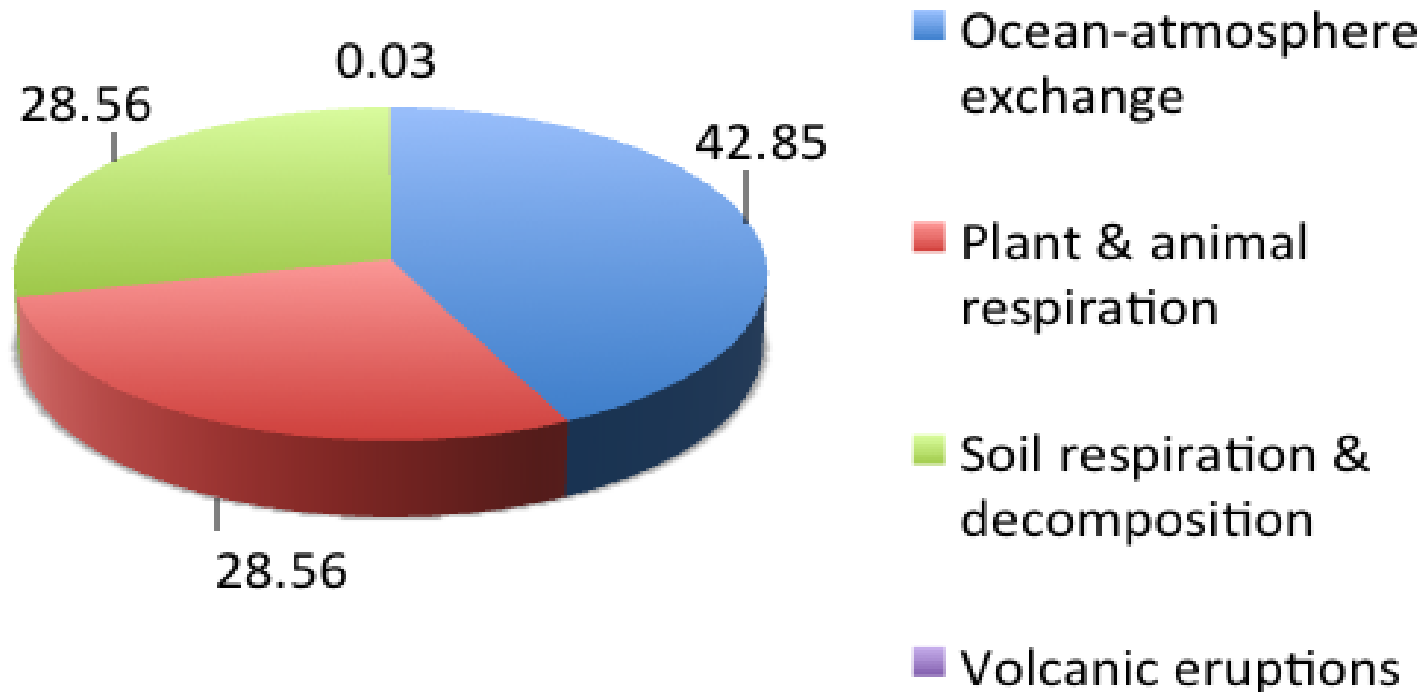
IPCC 2001 Climate Change Report

**Looduslikud ja iseäranis inimese poolt mõjutatud looduslikud ökosüsteemid "kütavad" atmosfääri veel paar sajandit peale fossiilsete kütuste kasutamise lõpetamist.**



# CO<sub>2</sub> looduslikud allikad

CO<sub>2</sub> emission from natural sources makes up about 95.8% of the total annual average emissions of 219,545 Tg CO<sub>2</sub>-C yr<sup>-1</sup>. Annual CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion and cement production were 8,183 and annual net CO<sub>2</sub> emissions from anthropogenic land-use change about 1,090 Tg CO<sub>2</sub>-C yr<sup>-1</sup> averaged over the period 2002–2011 . IPCC Climate Change Reports 2007, 2013

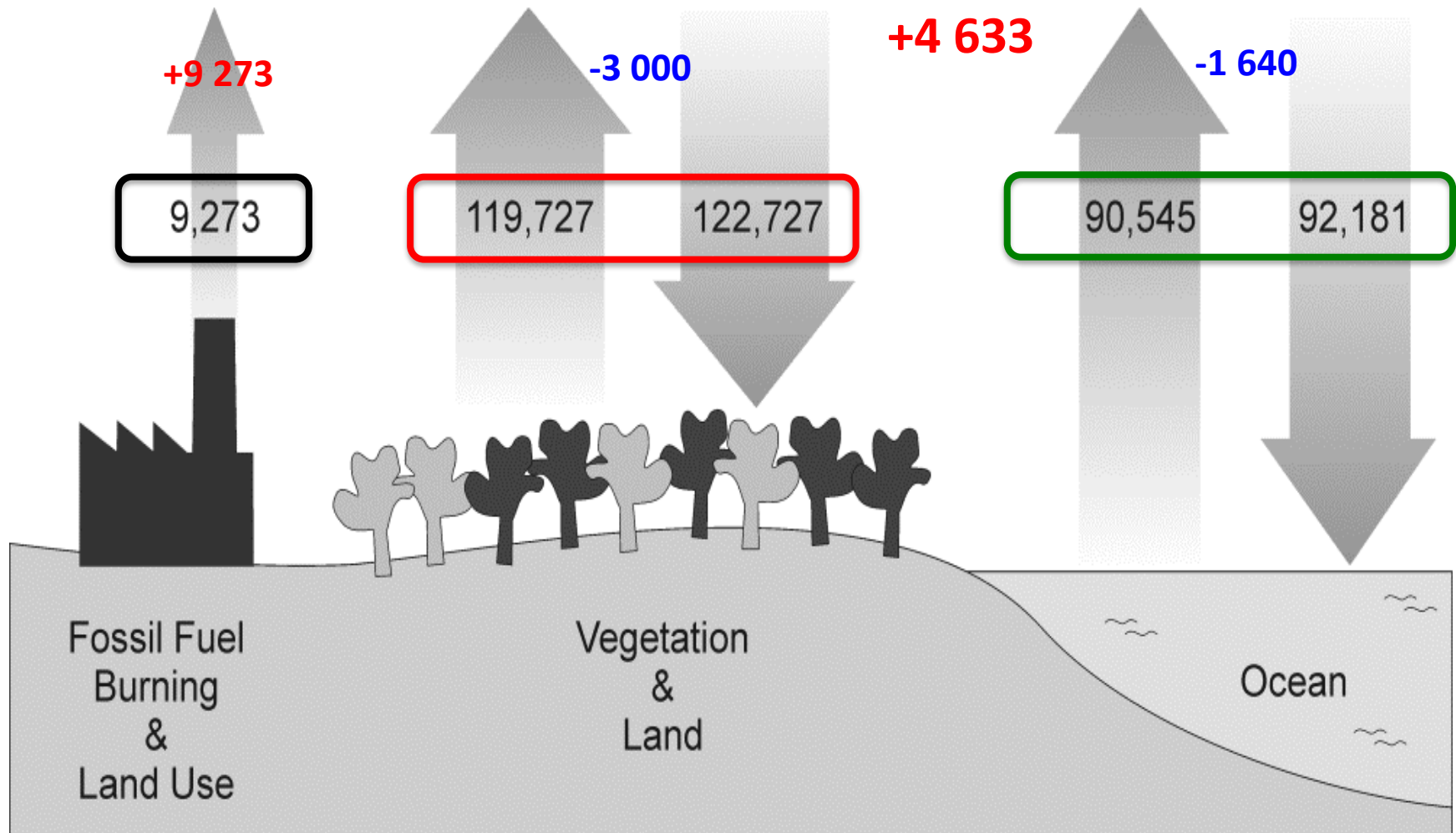


Kogumaht 220 Pg CO<sub>2</sub>-C yr<sup>-1</sup> (95,8 % koguvoost)

**CO<sub>2</sub> aastakeskmised inimtekkelised (fossiilse kütuse põletamine, maakasutuse muutused), inimõjuga looduslikud (maismaa) ning looduslikud (ookean) vood (Tg CO<sub>2</sub>-C yr<sup>-1</sup>)**

Based on the IPCC 2007 Climate Change Report updated on the basis of the IPCC 2013

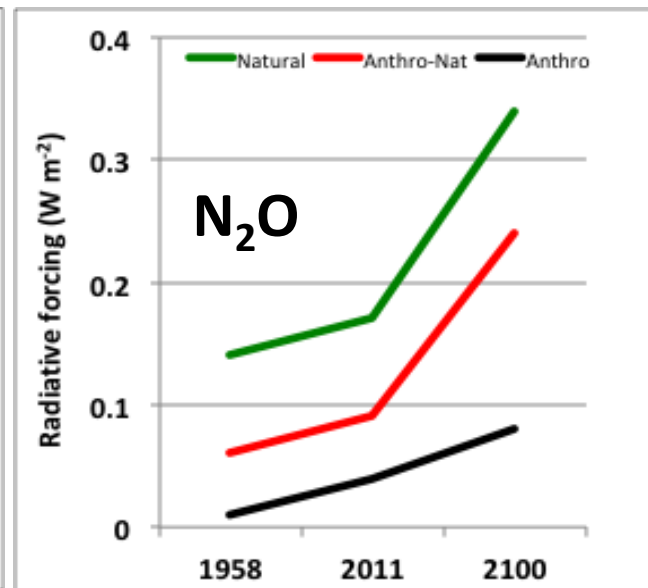
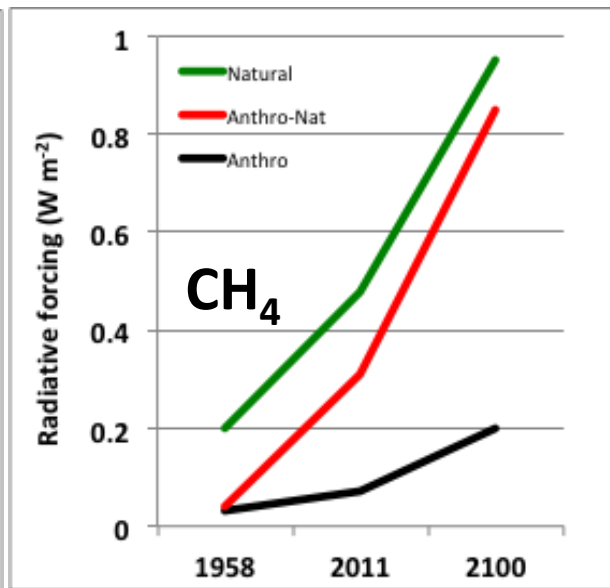
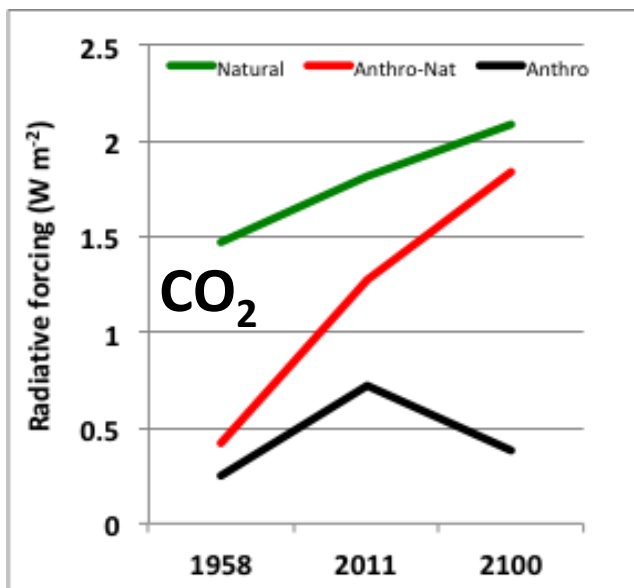
**Otsesed inimtekkelised vood kokku vaid 4.2 % CO<sub>2</sub> koguvoost**





# Hinnanguline CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O globaalsete voogude jaotus otseselt inimtekkeliste (Anthro), kaudselt inimese poolt mõjutatud looduslike (Anthro-Nat) ning olulise inimmõjuta looduslike (Natural) allikate vahel

Graafik on esitatud vastavate gaaside kiirgusliku toime alusel. 2011.a. andmed pärinevad IPCC 2013 aruandest (Myhre et al 2013), 1958.a CO<sub>2</sub> andmed on võetud Mauna Loa observatooriumi nn Keeling'i kõver järgi, CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O andmed on arvutatud proportsionaalselt CO<sub>2</sub> sisalduse tõusuga atmosfääris. 2011.a andmed on ekstrapoleeritud, arvestades fossiilsete kütuste kasutamise vähenemist, kuid inimmõju suurenemist looduslikel aladel, eeskätt CH<sub>4</sub> vabanemist igikeltsaaladel ning metaanijää sulamist ookeanide mandrilaval, samuti N<sub>2</sub>O suurenemist väetamise suurenemise mõjul

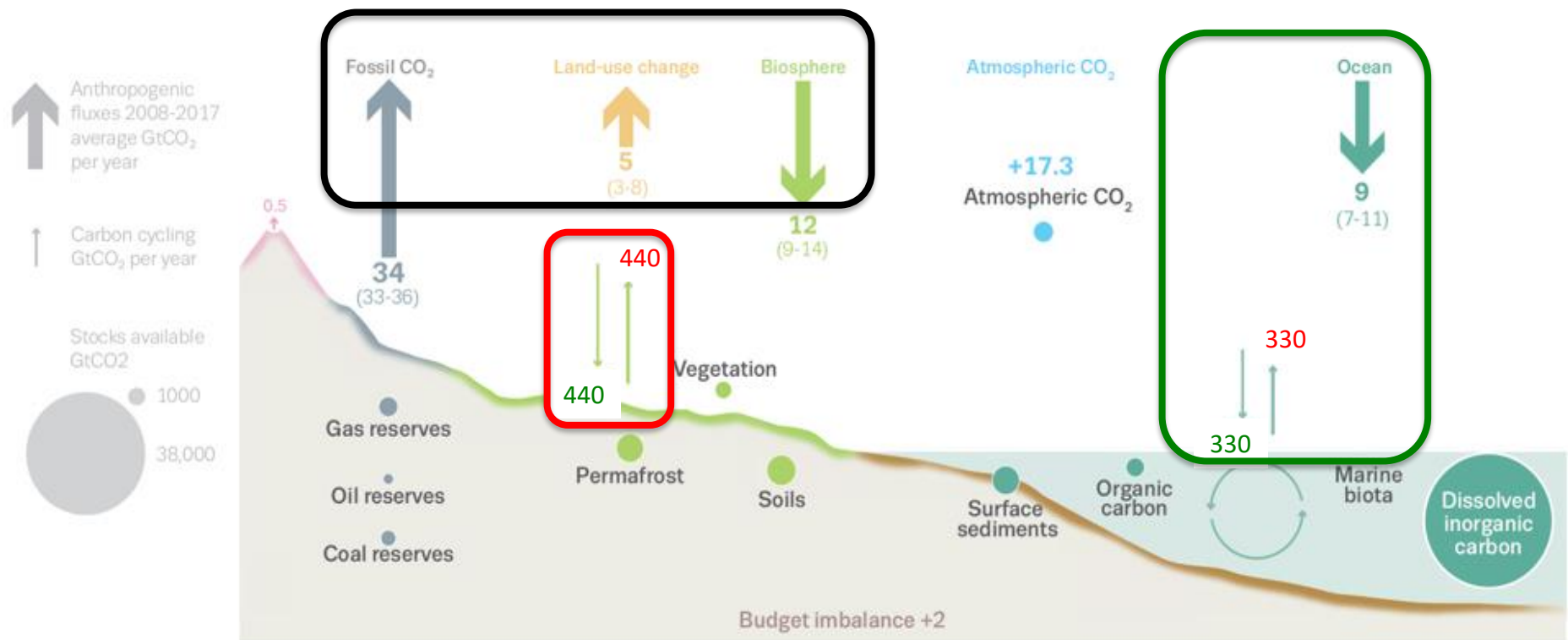


Anthro – fossiilsed kütused, maakasutuse muutus (põllu-ja metsamajandus); Anthro-natural – igikeltsa ja metaanijää sulamine, tuli asustatud aladel jt, Natural – ookean, inimtühjad metsaalad parasvöötmes

# Globaalse süsinikubilansi inimõju perioodil 2008–2017 (GtCO<sub>2</sub> a<sup>-1</sup>)

Eeldus: looduslikud ning inimõjuga looduslikud allikad on tasakaalus!

Mullas ja taimkattes talletunud C on peamine allikas, mille sisalduse muutus mõjutab CO<sub>2</sub> emissioone ning seega ka kliima soojenemist



Anthro

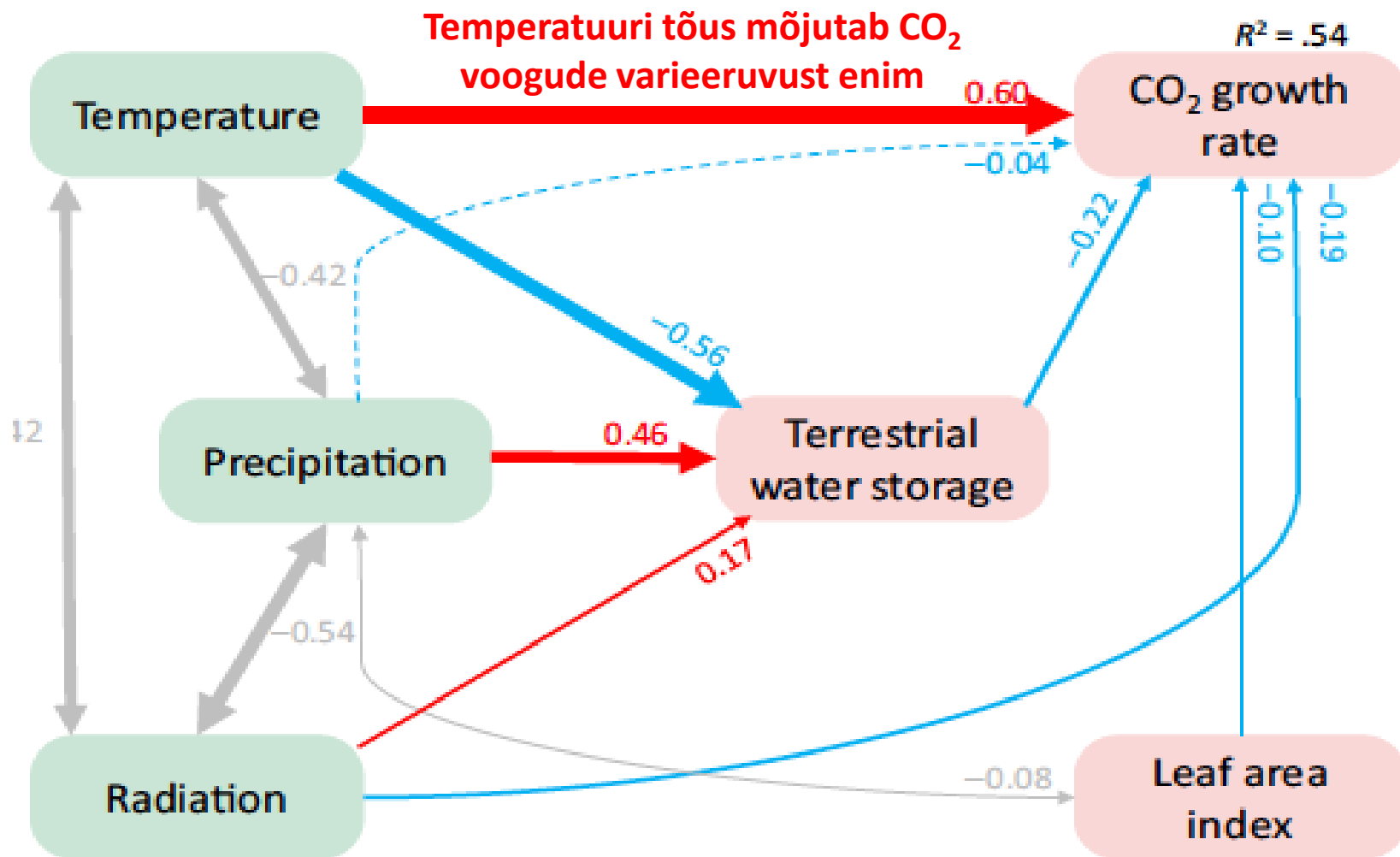


Anthro-Natural



Natural

The structure equation model (SEM) on the relationship between direct and indirect effects on interannual variation (IAV) of CO<sub>2</sub> growth rate during 1980–2016. Blue arrows indicate negative relationships while red arrows indicate positive relationships. Single-headed solid arrows indicate significant relationship ( $p < .05$ ) with the arrow thickness proportional to the strength of the relationship (standardized coefficient shown besides the arrow). Double-headed gray arrows indicate covariations between variables.

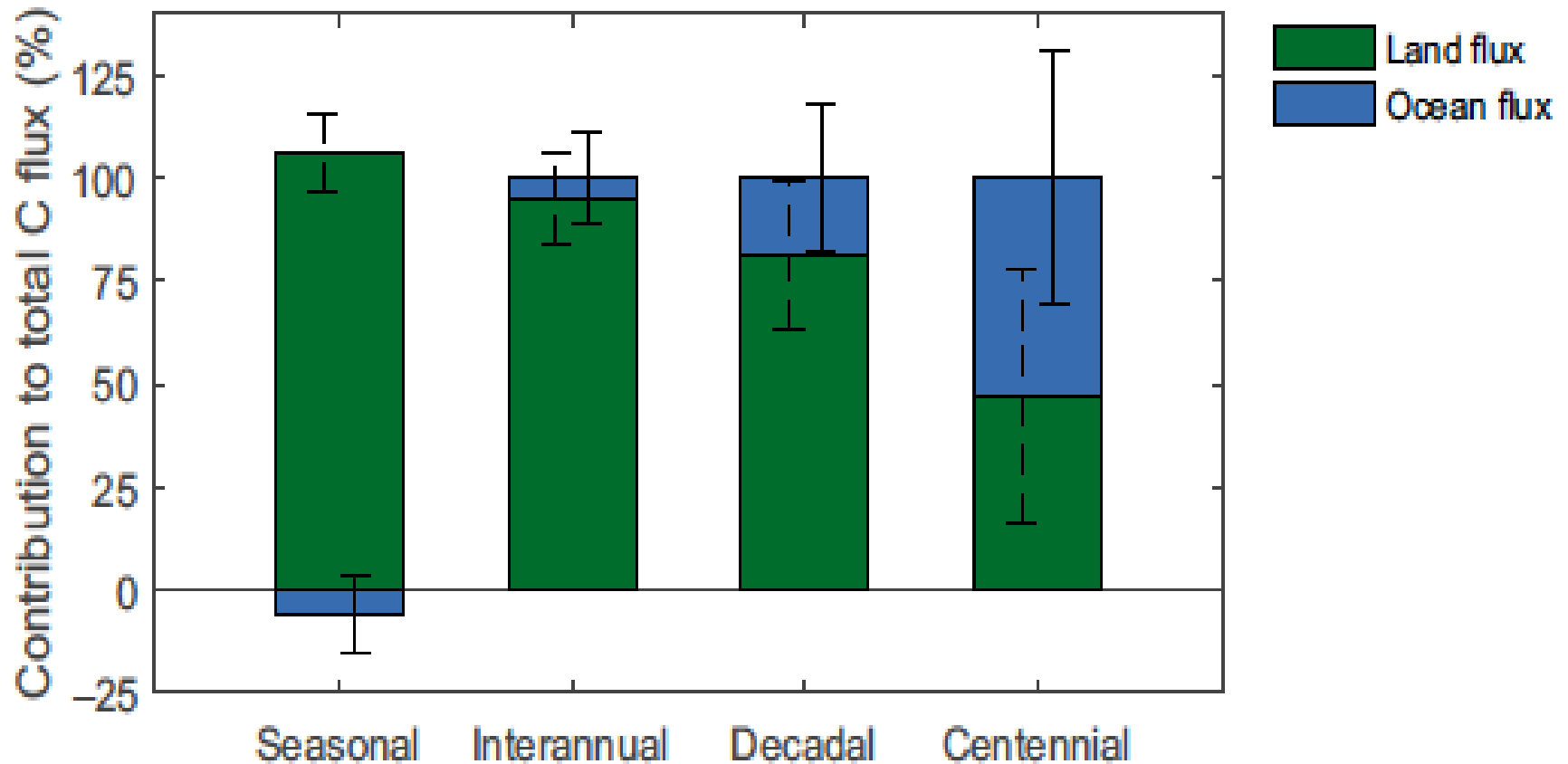


$\chi^2/df = 1.3, p = .26, AGFI = 0.97, RMSEA = 0.03$





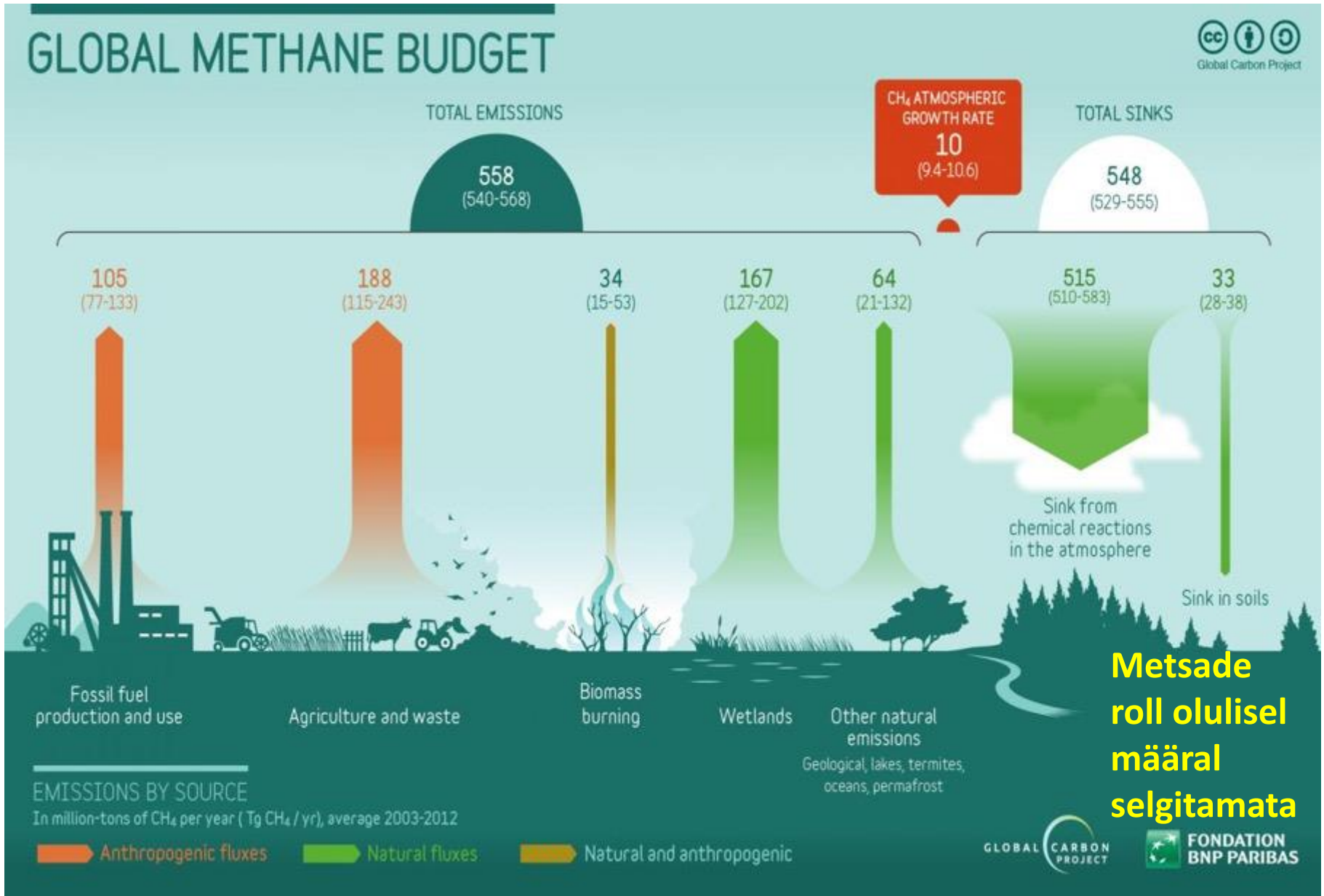
# Maismaa ja ookeani panus globaalsesse süsinikuvoogu sesoonses, aastatevahelises, kümneaastases ja sajandi perspektiivis



Ookean on kaotamas oma senist süsiniku sidumise võimet, põhjustatuna veetemperatuuri tõusust ja ookeani hapestumisest (CO<sub>2</sub> neeldumine vees + metaanjää sulamine mandrilaval)

# Globaalne CH<sub>4</sub> bilanss

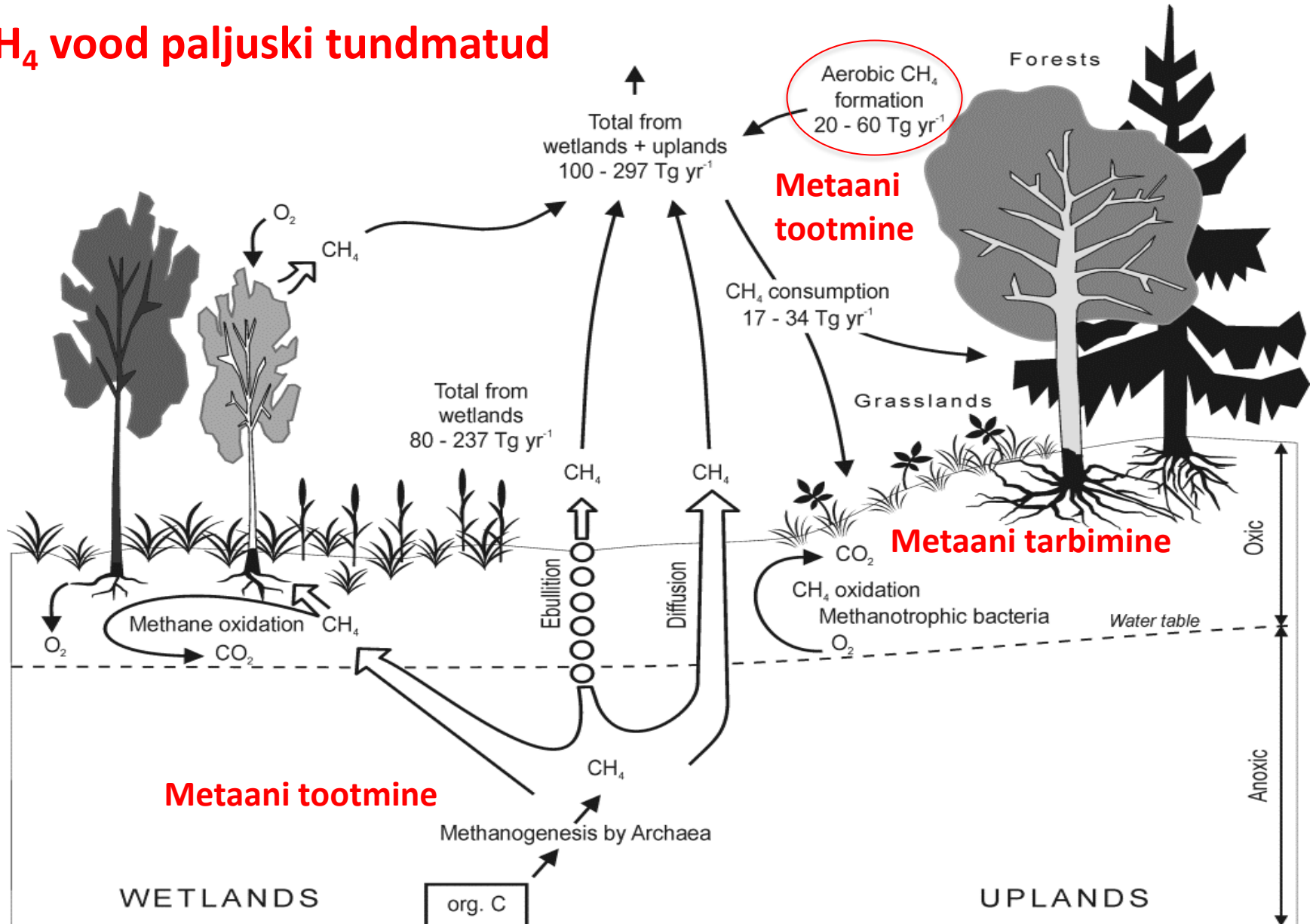
Saunois et al 2019 *ESSD*



# Metaani emissioon ja tarbimine (oksüdeerumine) märgalades ja kuivadel muldadel

Allikas: U.S. EPA 2010. Methane and nitrous oxide emissions from natural sources, EPA 430-R-10-001

## CH<sub>4</sub> vood paljuski tundmatud





**Maakera metsad emiteerivad potentsiaalselt 98,9 Tg CH<sub>4</sub> a<sup>-1</sup> (ca 18 % CH<sub>4</sub> koguemissioonist), seejuures lõviosa lendub troopikast**

LETTERS

## Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions

Frank Keppler<sup>1</sup>, John T. G. Hamilton<sup>2</sup>, Marc Braß<sup>1,3</sup> & Thomas Röckmann<sup>1,3</sup>

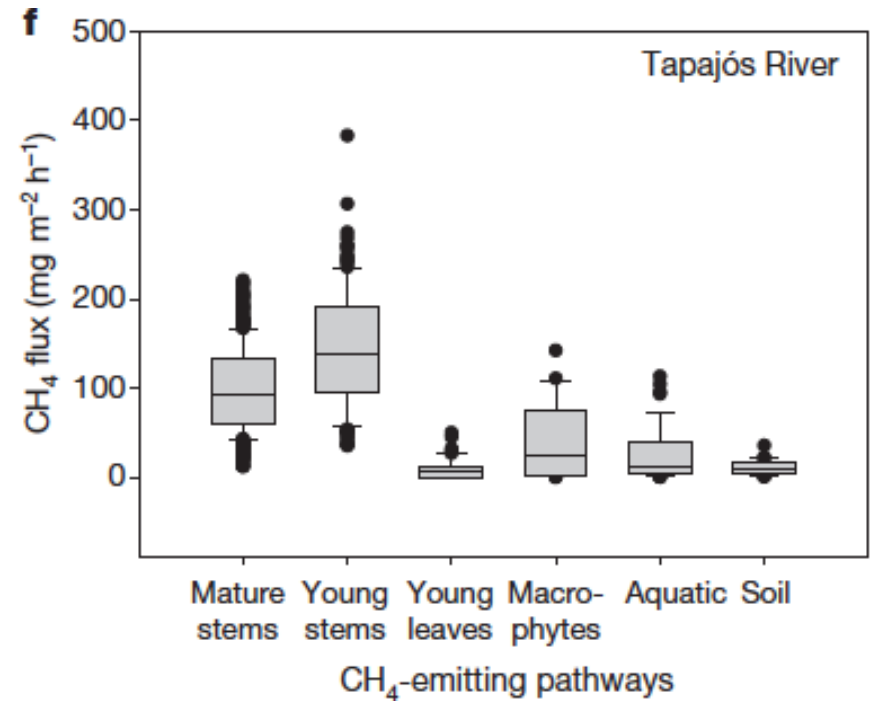
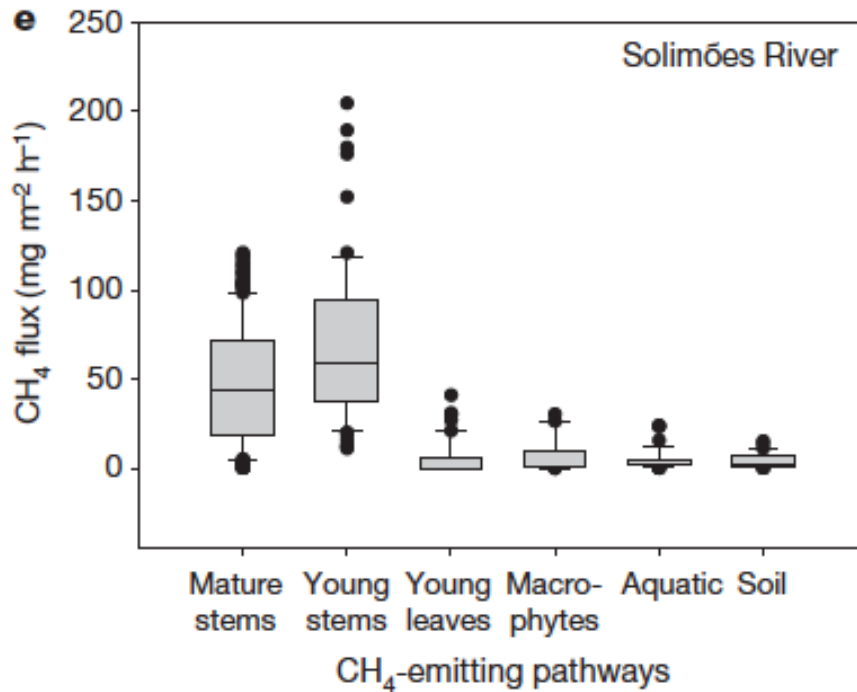
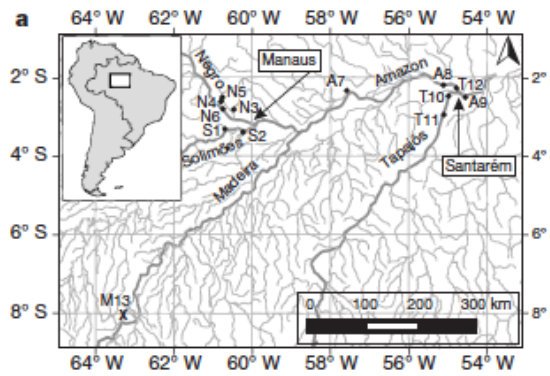
### Estimated annual global emissions of CH<sub>4</sub> by living plants in forests

Keppler et al 2008 *Nature*

Region	Annual CH <sub>4</sub> emission (Tg yr <sup>-1</sup> )	
	Mean	Range
Tropical forests	78.2	33.2 - 123
Temperate forests	17.7	7.1 - 28.4
Boreal forests	3	1.1 - 4.1



# CH<sub>4</sub> emissioon Amasoonase madaliku metsades



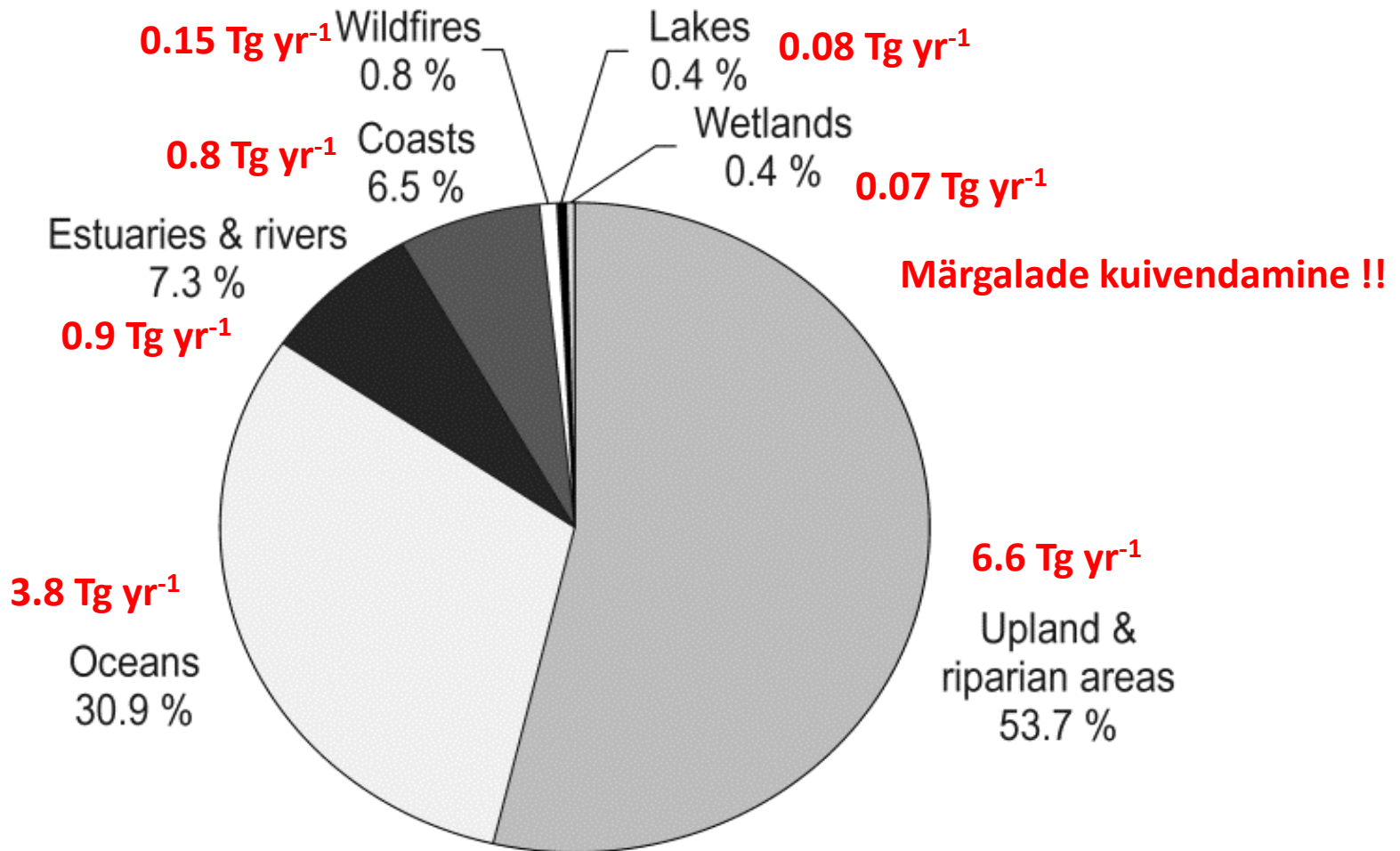
- Amasoonase madalikul 200 korda kõrgem CH<sub>4</sub> lendumine puutüvedest, võrreldes parasvöötme metsadega
- Puutüved emiteerivad ca 50% ökosüsteemi CH<sub>4</sub> koguemissionist
- Amasoonase metsade puutüvedest emissiooni arvestamine tähendab, et kuni 1/3 globaalsest CH<sub>4</sub>-st koguemissionist pärineb sellelt alalt.



# Naerugaasi looduslikud allikad

(hetkehinnang)

Allikas: U.S. EPA 2010. Methane and nitrous oxide emissions from natural sources, EPA 430-R-10-001



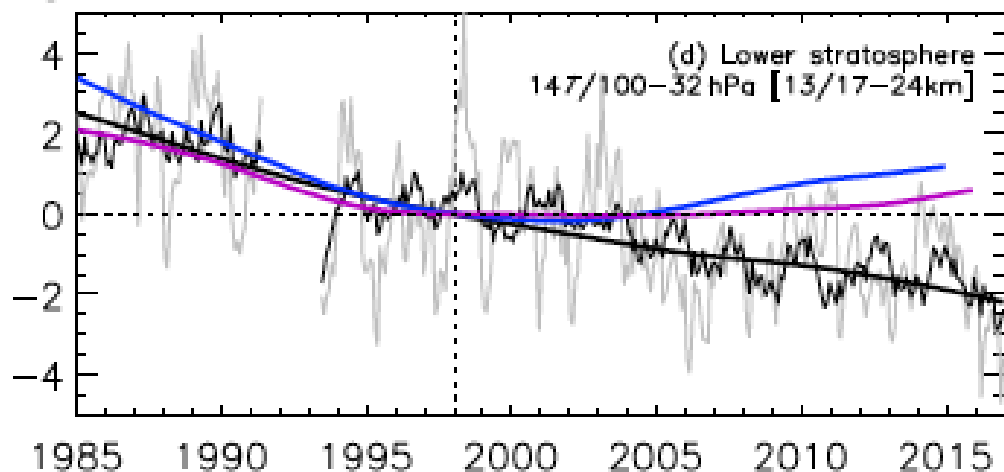
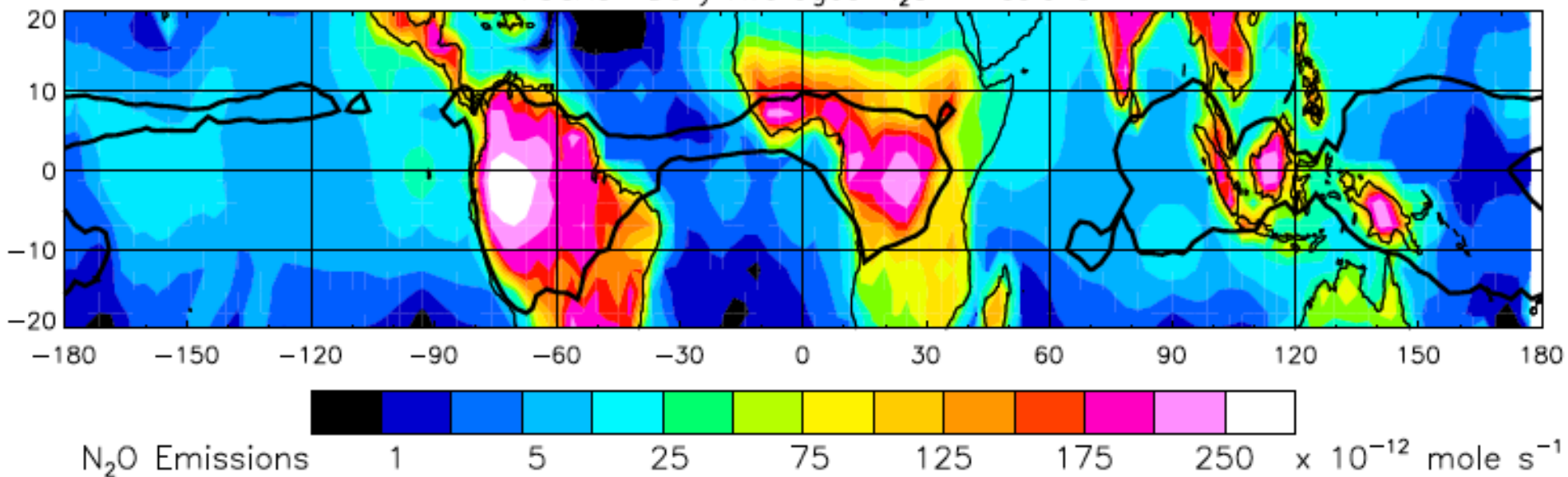
**N<sub>2</sub>O koguemissioon 12.3 Tg yr<sup>-1</sup>**

# Ööpäevakeskmisne N<sub>2</sub>O emissioon mõõdetuna EUMETSAT satelliidi IASI seadmega (5 X 5 °).

(Météo-France multi-scale Chemistry and Transport Model (MOCAGE))

Ricaud et al 2009 *ACP*

MOCAGE Daily Averaged N<sub>2</sub>O Emissions



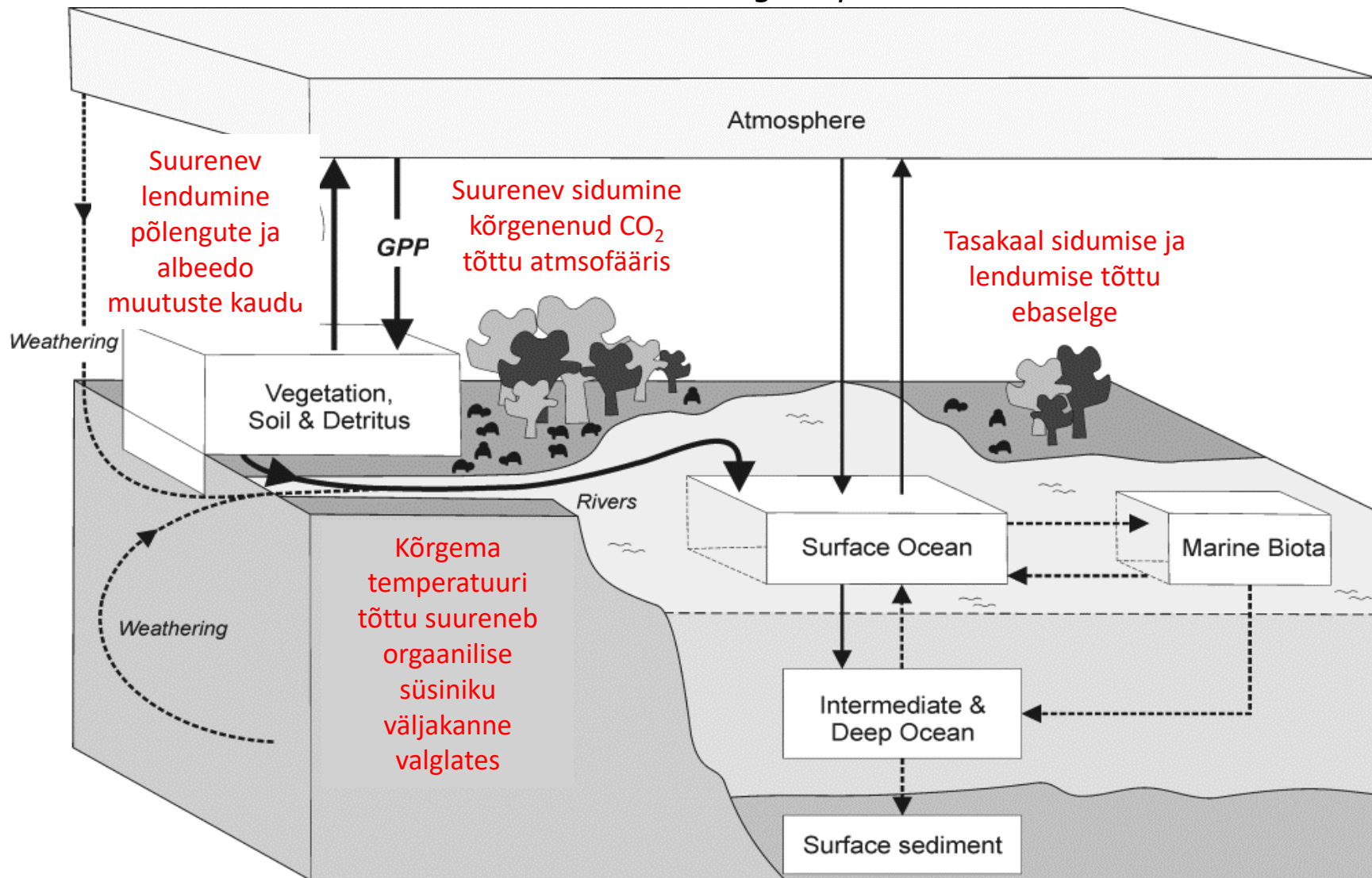
**Osooni kontsentratsiooni langus troposfääri ja stratosfääri piiril troopikas (30°P-30°L)**

Ball et al 2018 *ACP*

**N<sub>2</sub>O – ainus legaalne stratosfäärse O<sub>3</sub> hävitaja**  
**Troopikas >10 korda kõrgemad N<sub>2</sub>O vood**

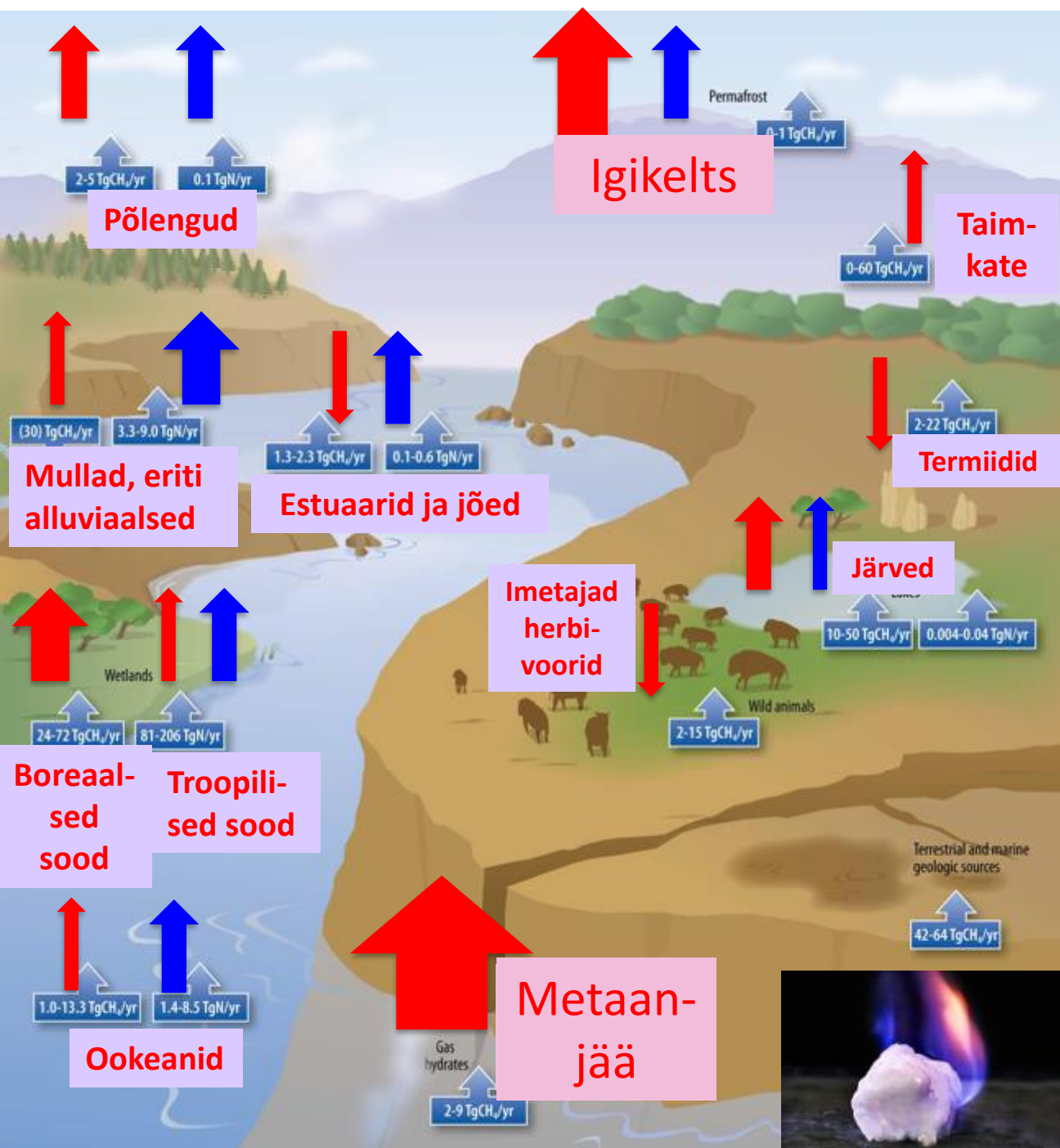
# Võimalikud CO<sub>2</sub> looduslike voogude muutused kliima soojenemise tagajärjel

IPCC 2007 Climate Change Report alusel



- > Fluxes remaining at pre-industrial level
- > Fluxes with anthropogenic increase (IPCC)
- > Fluxes with additional increase risk (this study)

**Suur osa CO<sub>2</sub> bilansist seni ebaselge!**



**Metaani**  
 (punased nooled) ja  
 naerugaasi  
 (sinised nooled)  
 voogude  
 võimalik  
 suurenemine  
 looduslikest  
 allikatest

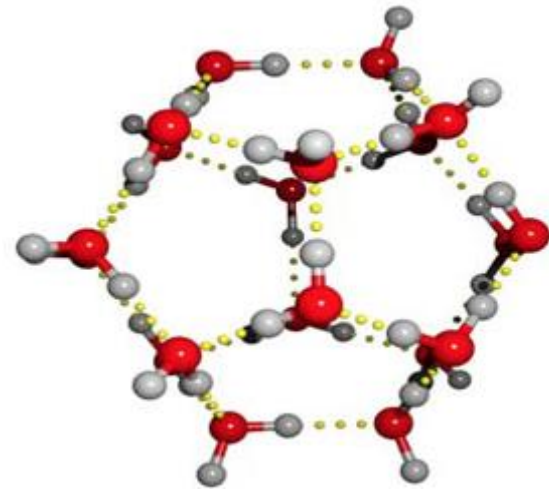
Tausta joonis: U.S. EPA 2010.  
 Methane and nitrous oxide  
 emissions from natural  
 sources, EPA 430-R-10-001



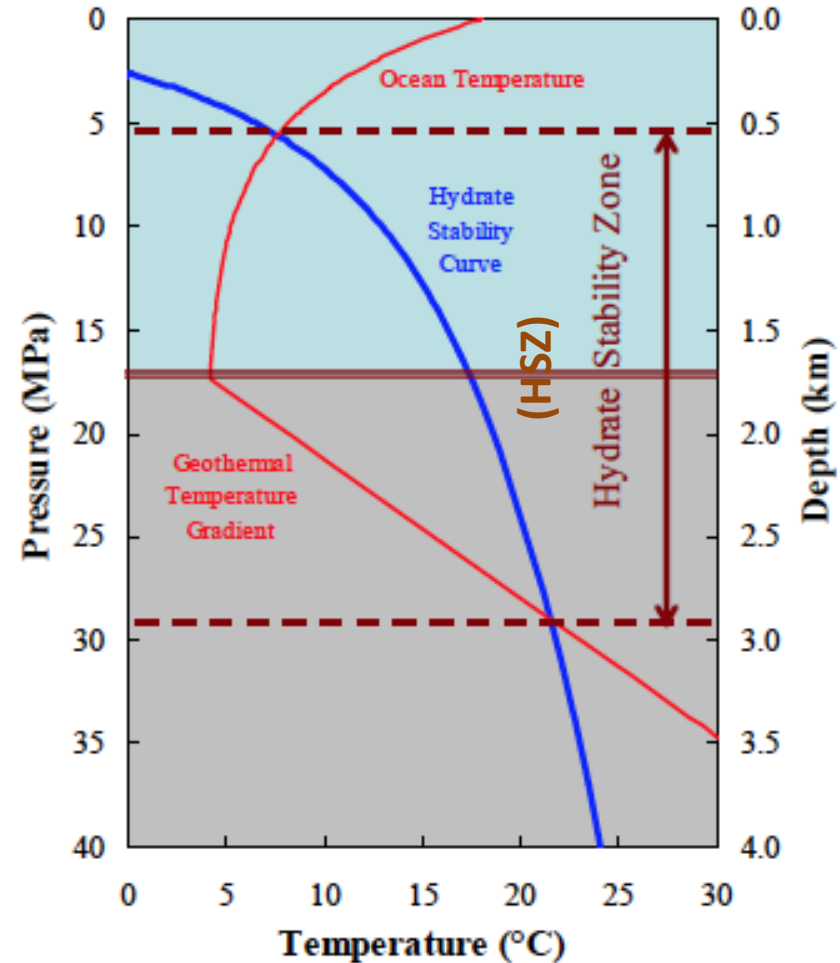
Small cage of Structure I gas hydrate cage

# Võimalik CH<sub>4</sub> eraldumine metaanjää sulamisel

Gas hydrates are an ice-like compound formed between water and a gas molecule such as CH<sub>4</sub>, under high pressure and at temperatures near the freezing point of water. Structure I is the preferred form for pure CH<sub>4</sub>, ethane, and carbon dioxide hydrates.



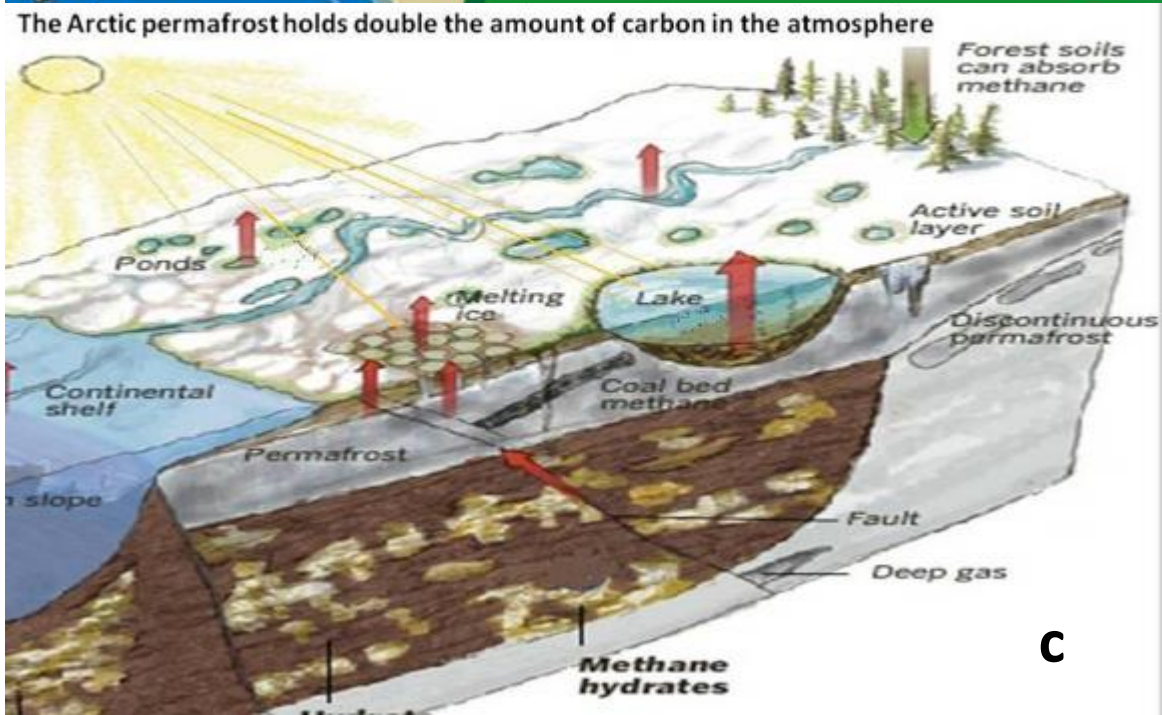
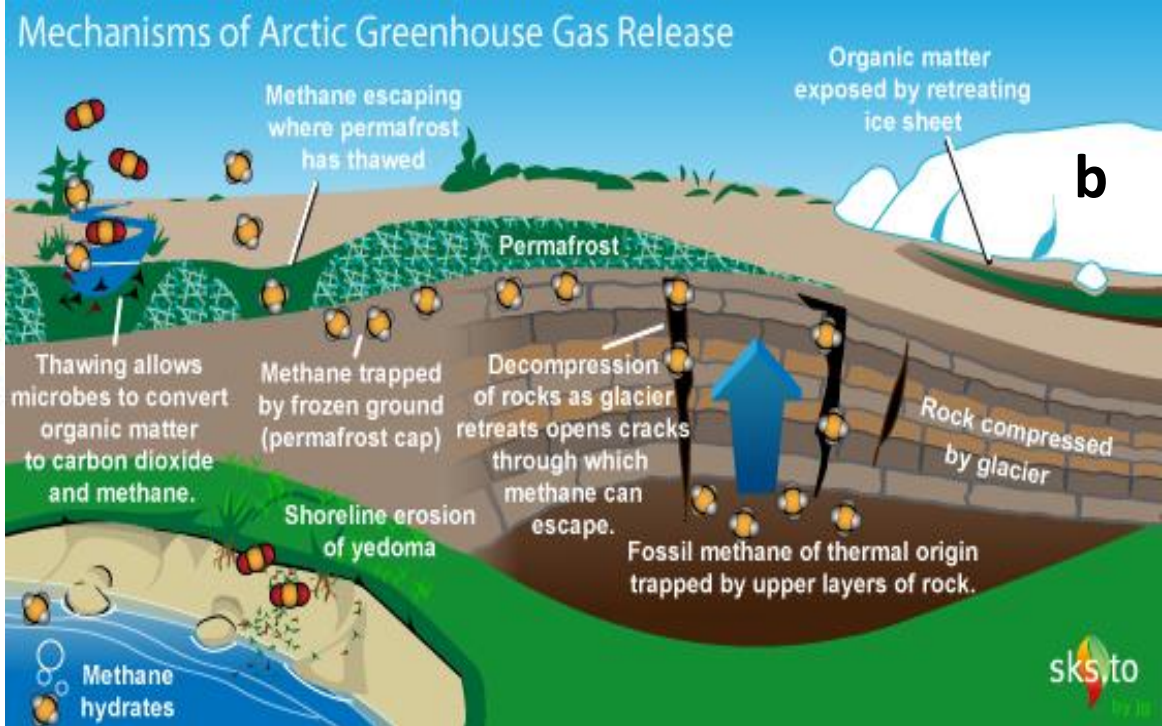
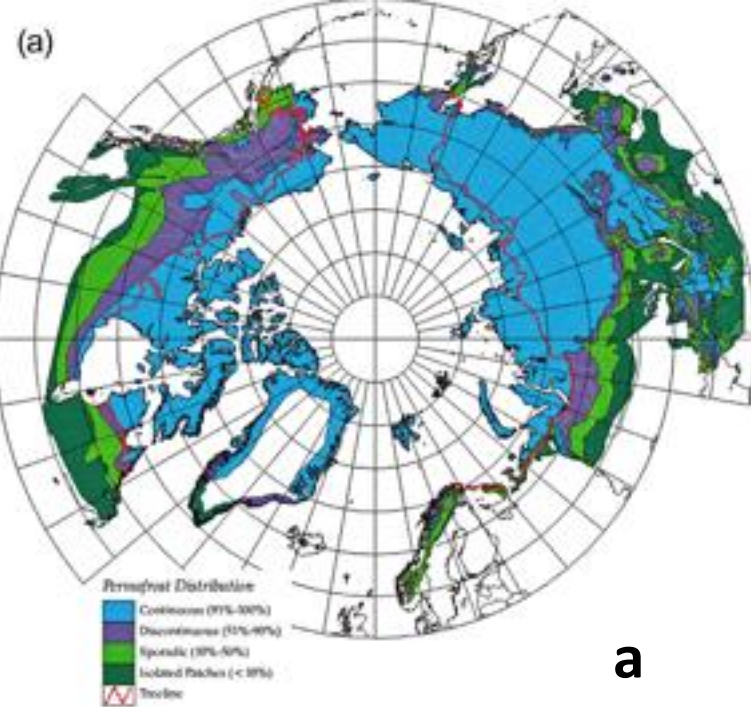
Water molecules are illustrated as red (oxygen) and gray (hydrogen) atoms, with hydrogen bonds indicated with yellow dotted lines



LOCATION OF GLOBAL GAS HYDRATES



CH<sub>4</sub> gas hydrates form & release within the HSZ

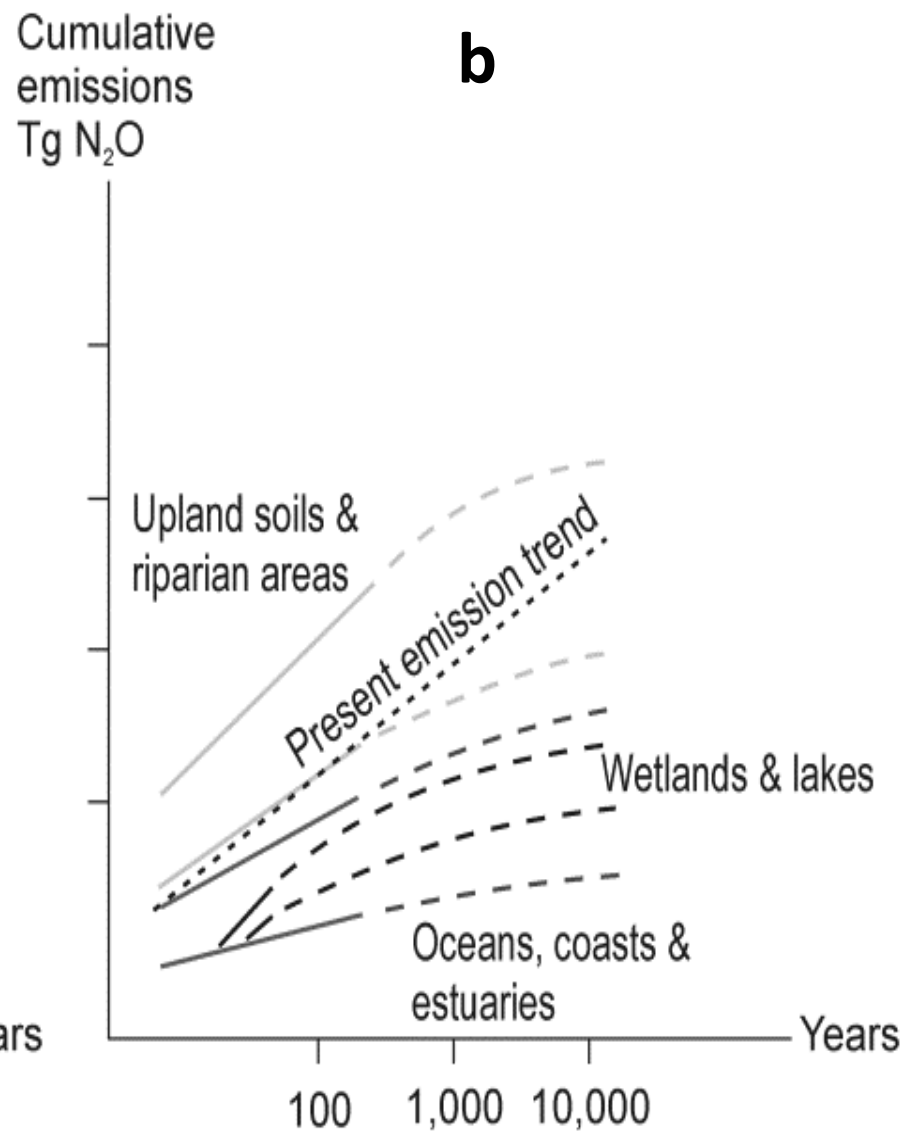
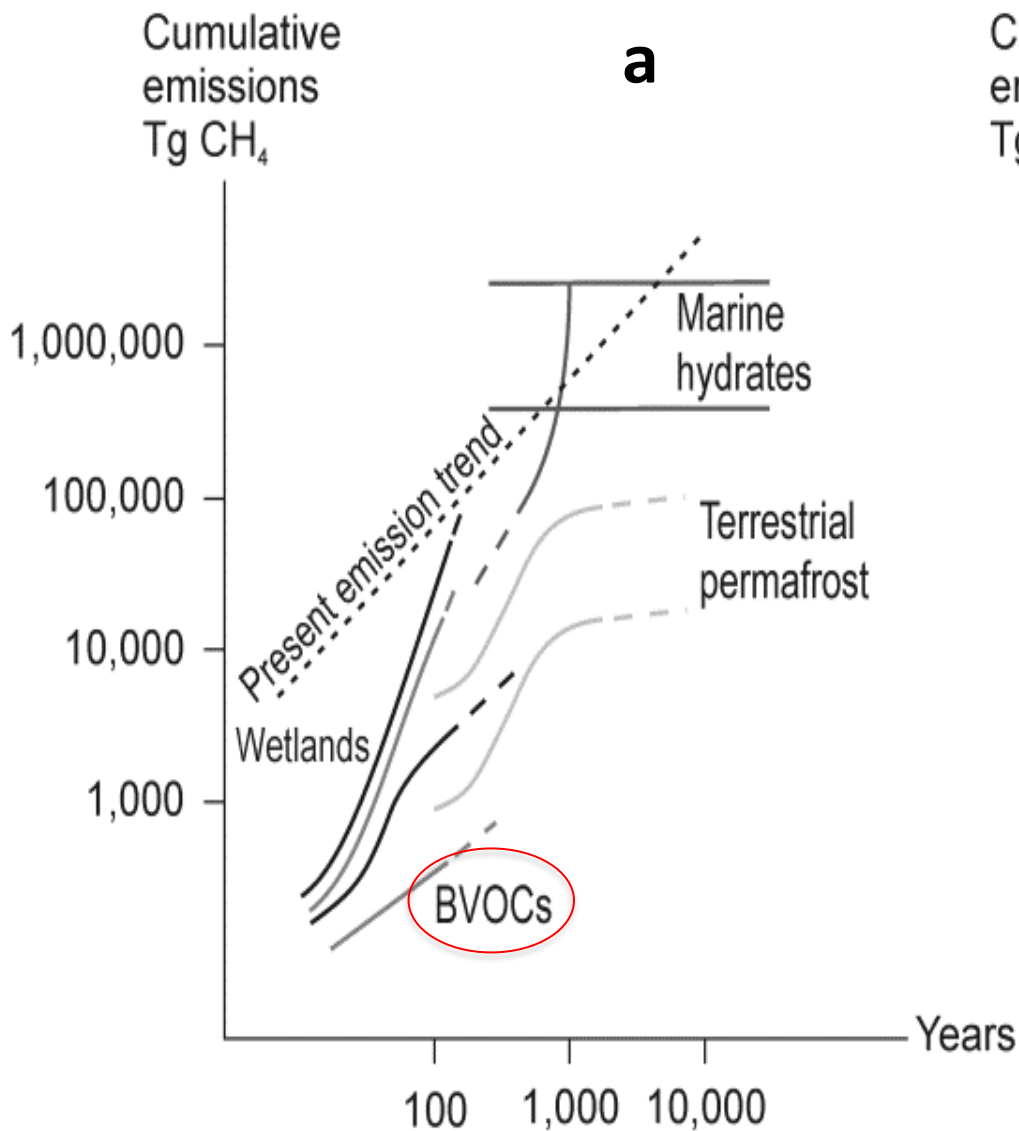


Igikeltsa levik  
põhjapoolkeral (a)  
ja võimalik CH<sub>4</sub>  
vabanemine  
sulavast igikeltsast  
(b,c)



# Võimalik CH<sub>4</sub> (a) ja N<sub>2</sub>O (b) emissioonide suurenemine looduslikest allikatest

O'Connor et al 2010 *Rev. Geophys.* alusel



## Kokkuvõtteks:

- Kaudse inimõju tõttu suureneb looduslikest allikatest tulenev KHG emissioon ja soojendab kliimat ka peale fossiilsete kütuste asendamist taastuvate energiaallikatega
- Ainsaks strateegiaks oleks muutuvatele kliimatingimustele kohanemine
- Probleem ei ole enam mitte niivõrd teaduslik vaid poliitiline



**Täna tähelepanu eest!**

