

Kliimateadlikkusest geoloogi pilgu läbi

Erik Puura

Tallinna Tehnikaülikooli ettevõtlusprorektor

Eesti Geoloogia Seltsi juhatuse esimees



Keskkonnaharidus
kliimateadlikkuse teel



Millest tuleb juttu?

I OSA: FAKTID JA JÄRELDUSED

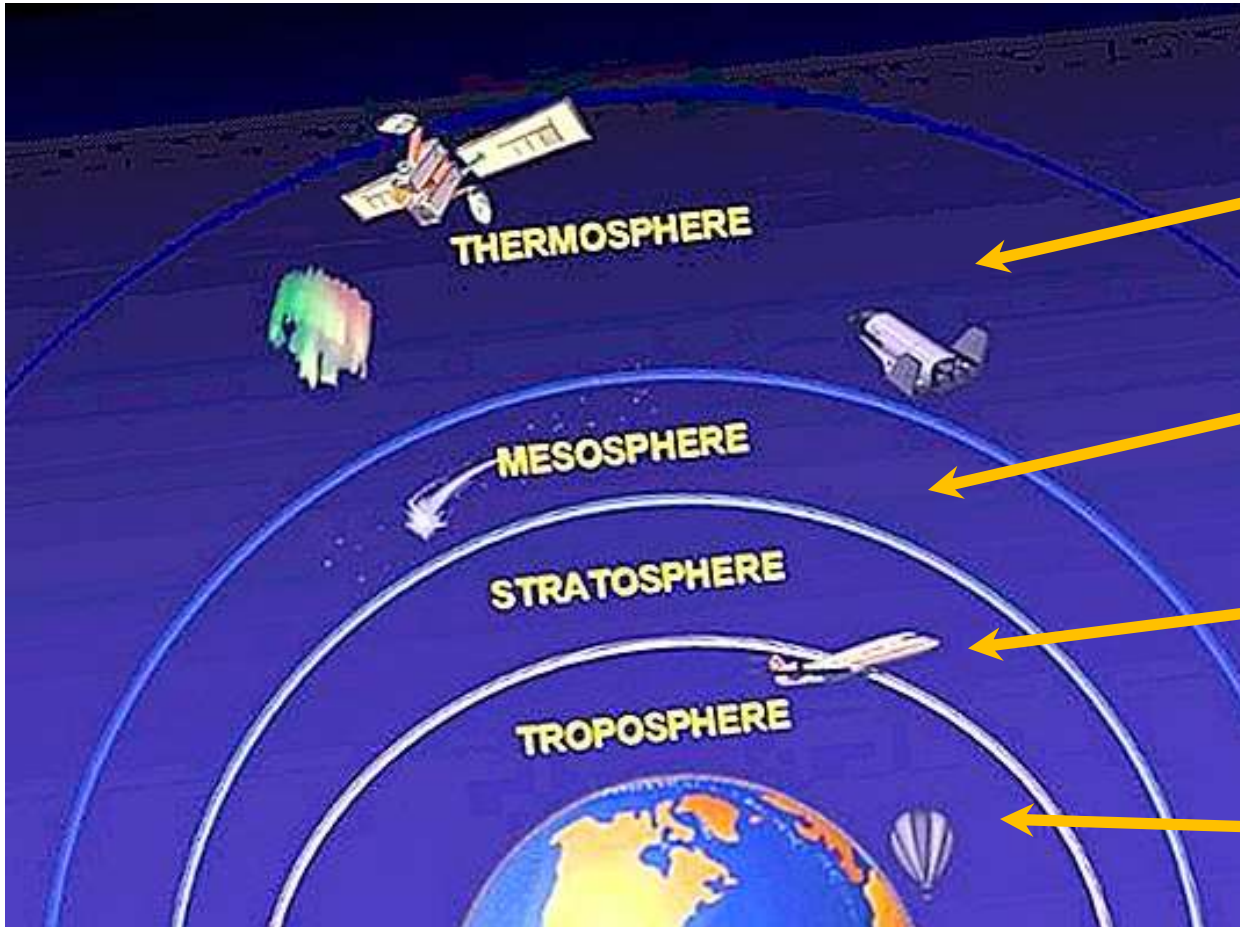
1. Atmosfäär on siinsamas meie lähedal
2. Miks ja kuidas õhu koostis on muutunud?
3. Kuidas õhu koostise muutused ülisuure enamuse teadlaste arvates mõjutavad loodust ja inimest?
4. Kas muutusi saab peatada ja tagasi pöörata? Erinevad ajaskaalad.
5. Ka vulkaanid võivad üllatada, aga me ei tea, millal

II OSA: MIKS ME TEGUTSEDA EI OSKA JA MIDA SAAME TEHA

6. Miks me ei oska tegutseda: 5 peamist põhjust
7. Kuidas suudab inimene energiasüsteeme muuta?
8. Mis sõltub Eestist ja igaühest meist? Kas peame tundma süümepiinu?
9. Ennustus, mis lähema 20 aasta jooksul maailmas₂ ja Eestis toimuma hakkab

I OSA: FAKTID JA JÄRELDUSED

1. Atmosfäär on siinsamas meie lähedal



Termosfäär 85-500 km
Temperatuur alumisel piiril -92°C
ülemisel piiril 1200°C

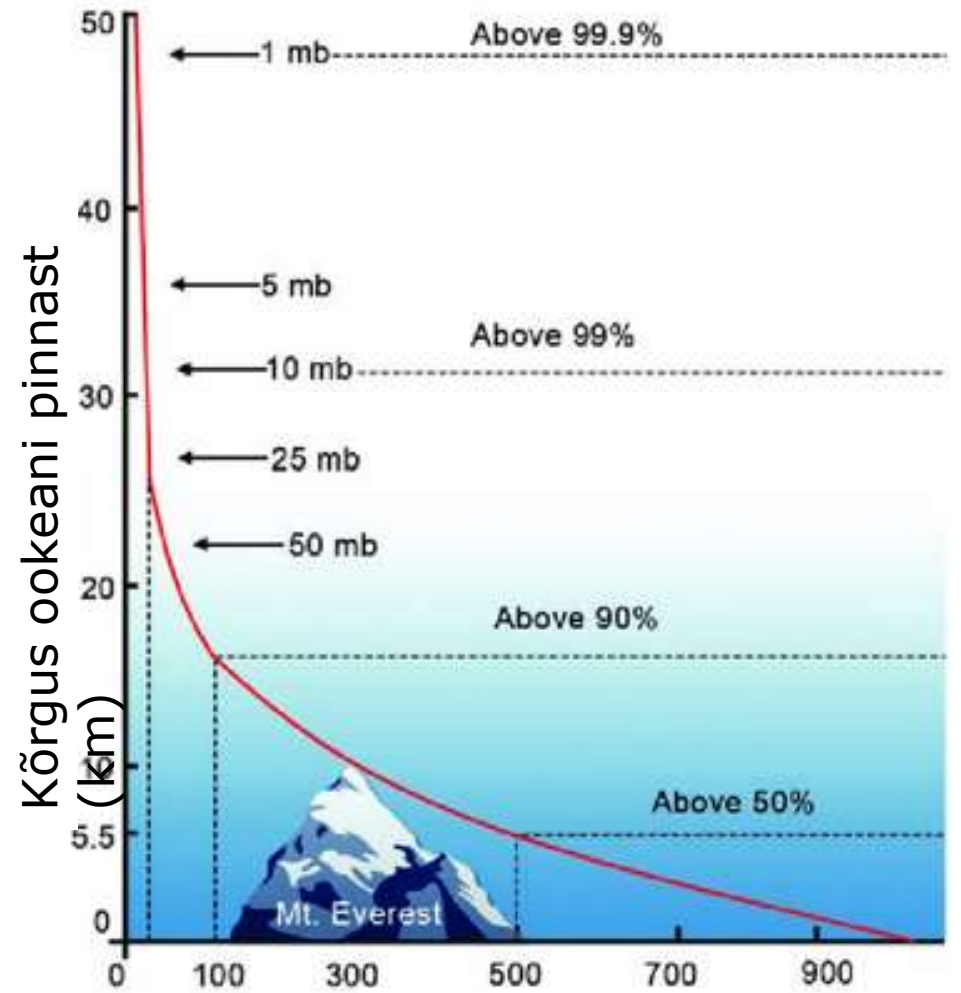
Mesosfäär 50-85 km
Temperatuur alumisel piiril -2°C
ülemisel piiril -92°C

Stratosfäär 11-50 km
Temperatuur alumisel piiril -56°C
ülemisel piiril -2°C

Troposfäär 0-11 km
Temperatuur alumisel piiril 15°C
ülemisel piiril -56°C

Ilmastikunähtused, pilved

Selline joonis paneb ette kujutama, et atmosfäär on 'kusagil



Õhurõhk
(hPa)

99% atmosfääri massist jääb
30 km kõrgusele merepinnast
(nagu Tallinnast Kloogani)

TAL
TECH

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

←————→ 6400
km
30
km

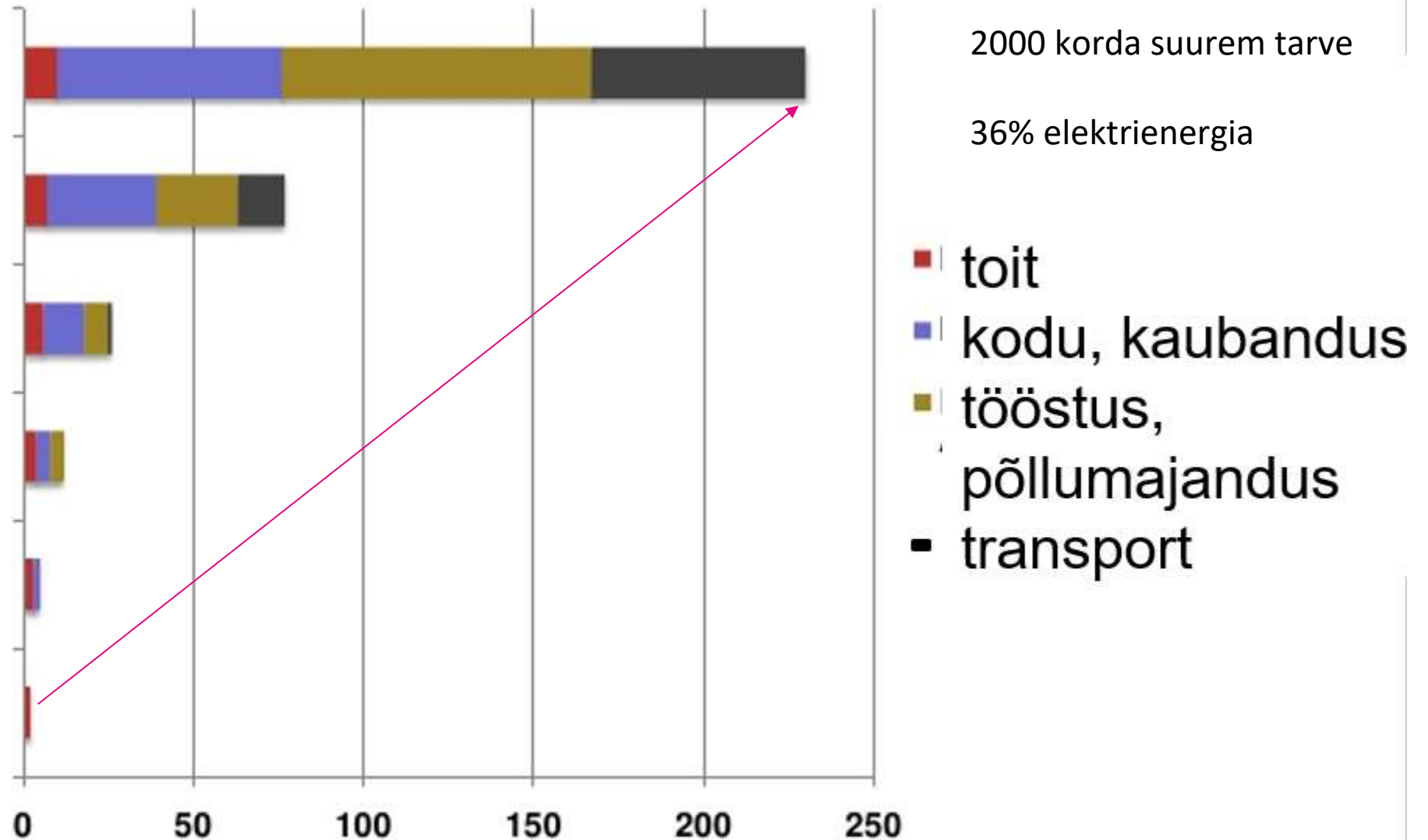
2. Miks ja kuidas õhu koostis on muutunud



Nafta, maagaas, kivisüsi, pruunsüsi, põlevkivi –
minevikus akumul eerunud päikeseenergia, mille moodustumisel viidi CO₂ atmosfäärist välja

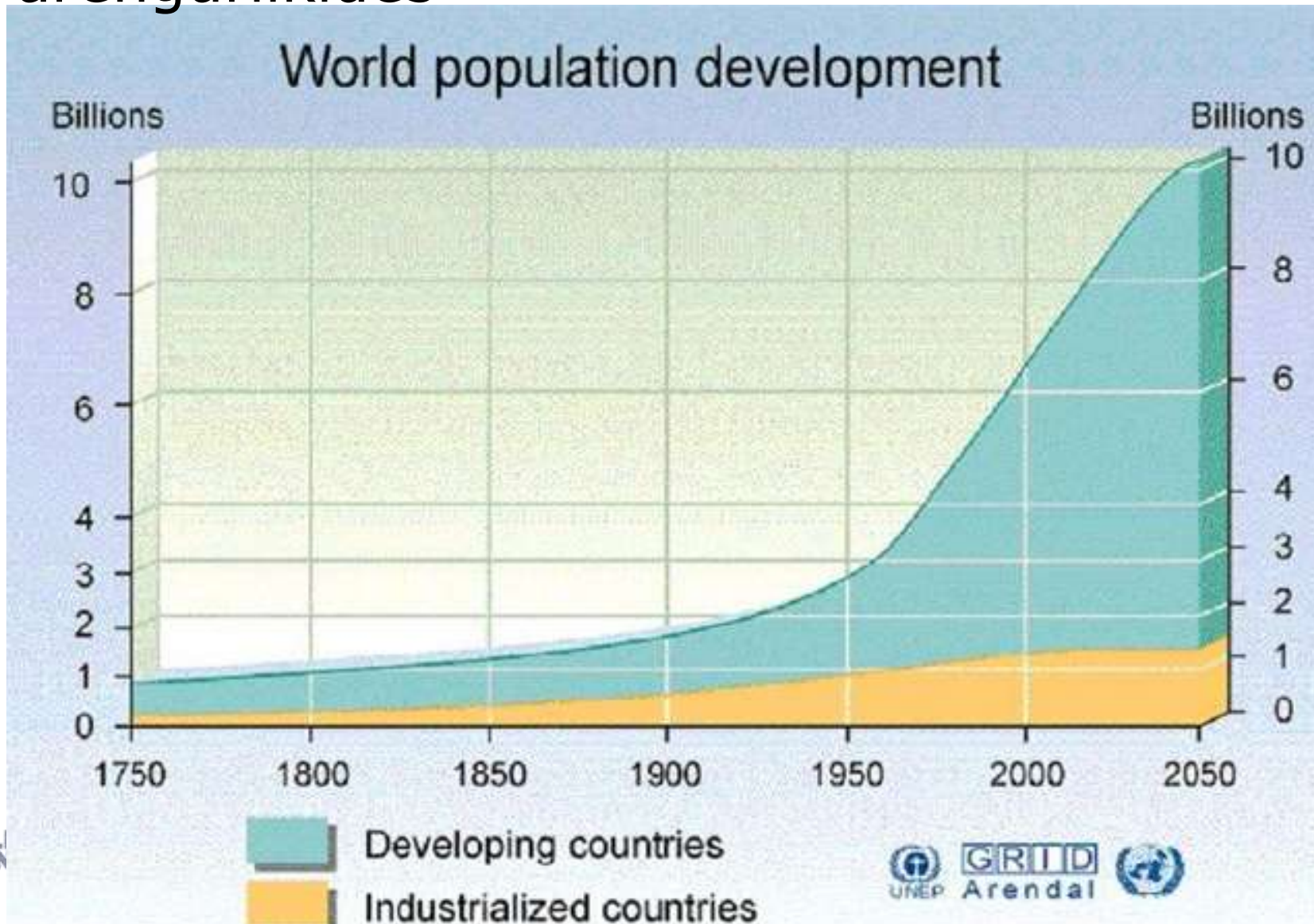


Ühe inimese energiatarve erinevates ühiskonna arengu järkudes



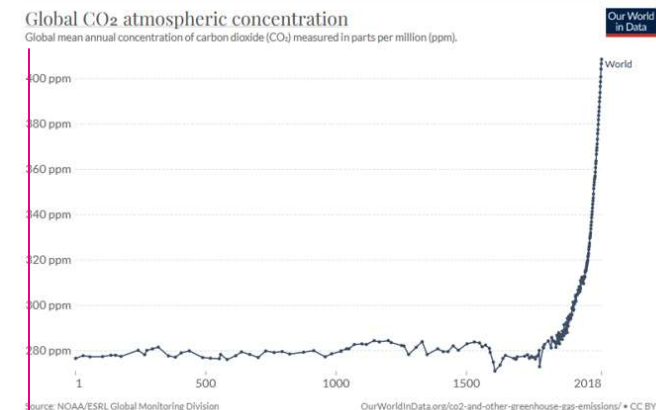
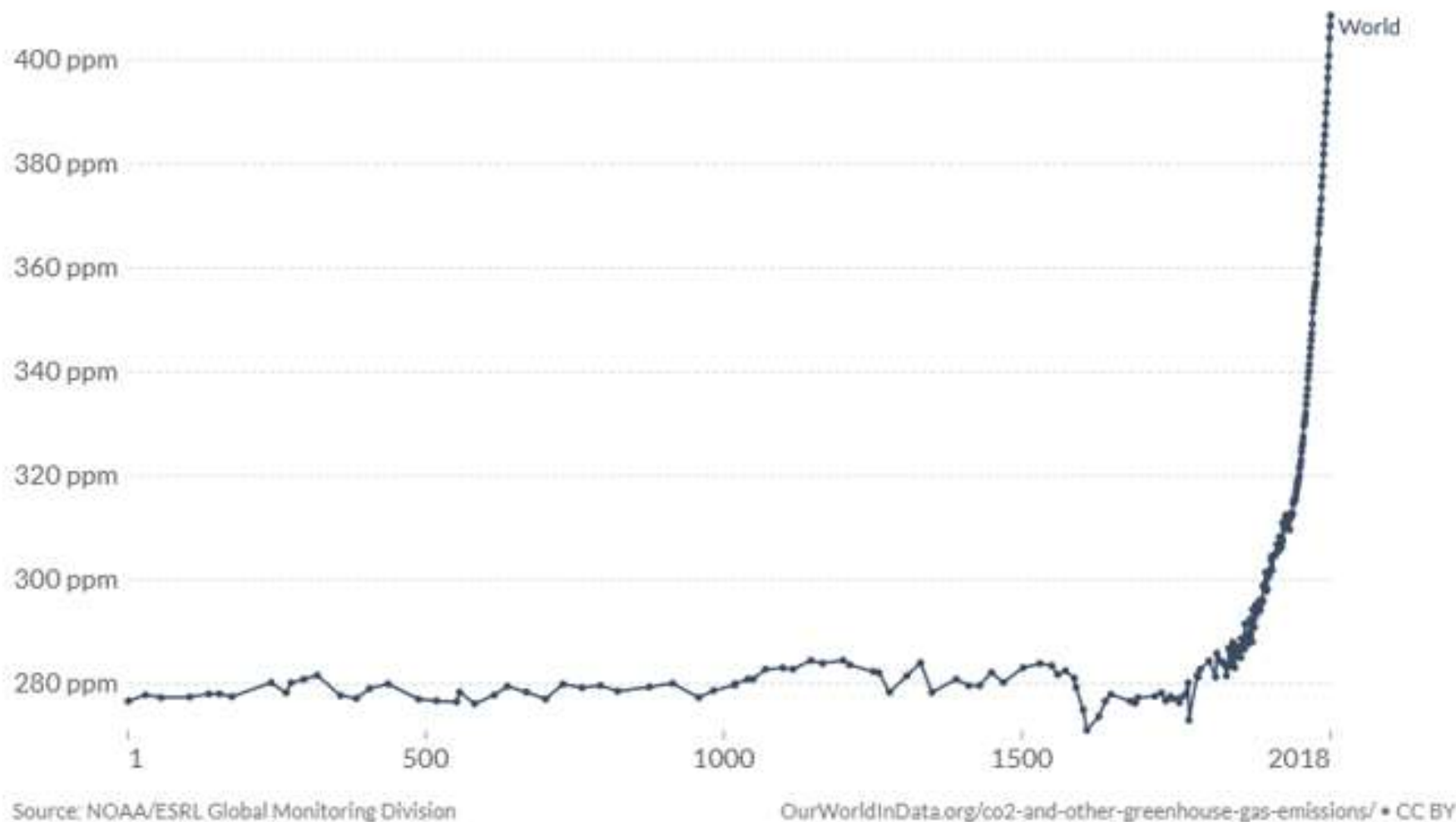
Inimese päevane energiatarve, tuh kcal

Inimeste arv kasvab jätkuvalt, eriti arenguriikides



Global CO₂ atmospheric concentration

Global mean annual concentration of carbon dioxide (CO₂) measured in parts per million (ppm).



Põletatud on nii palju, et CO₂ sisaldus õhus on viimaste aastakümnete jooksul 1.5-kordistunud

Kui palju CO₂ on atmosfääris?

Atmosfääri kogumass 5.15×10^{15} tonni

Iga ruumalaline 1 ppm CO₂ võrdub 2.13 Gt süsinikuga, järelikult atmosfääris on umbes 3300 Gt CO₂

Viimastel aastakümnetel on tulnud juurde 1100 Gt CO₂

Fossiilkütuste põletamine igal aastal: 35 Gt CO₂ (89% CO₂ emissioonidest)

Mis on Eesti põlevkivi põletamise osa?

Kui Eesti põletab aastas 10 Mt põlevkivi, siis tekib 10 Mt CO₂, ehk 0.03% maailma CO₂ emissioonidest

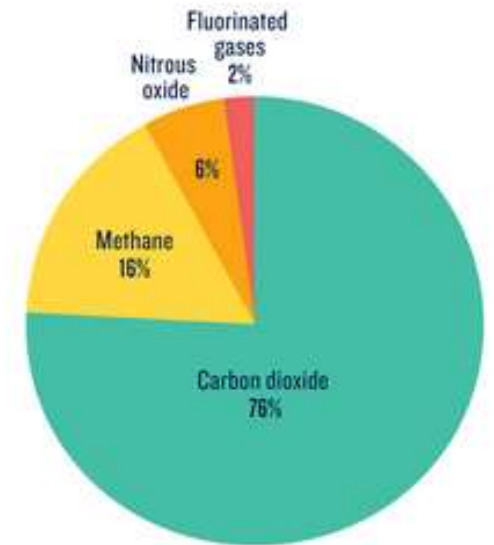
3. Kuidas õhu koostise muutused ülisuure enamuse teadlaste arvates mõjutavad loodust ja inimest?

Compound	Formula	Concentration in atmosphere ^[30] (ppm)	Contribution (%)
Water vapor and clouds	H ₂ O	10–50,000 ^(A)	36–72%
Carbon dioxide	CO ₂	~400	9–26%
Methane	CH ₄	~1.8	4–9%
Ozone	O ₃	2–8 ^(B)	3–7%

notes:

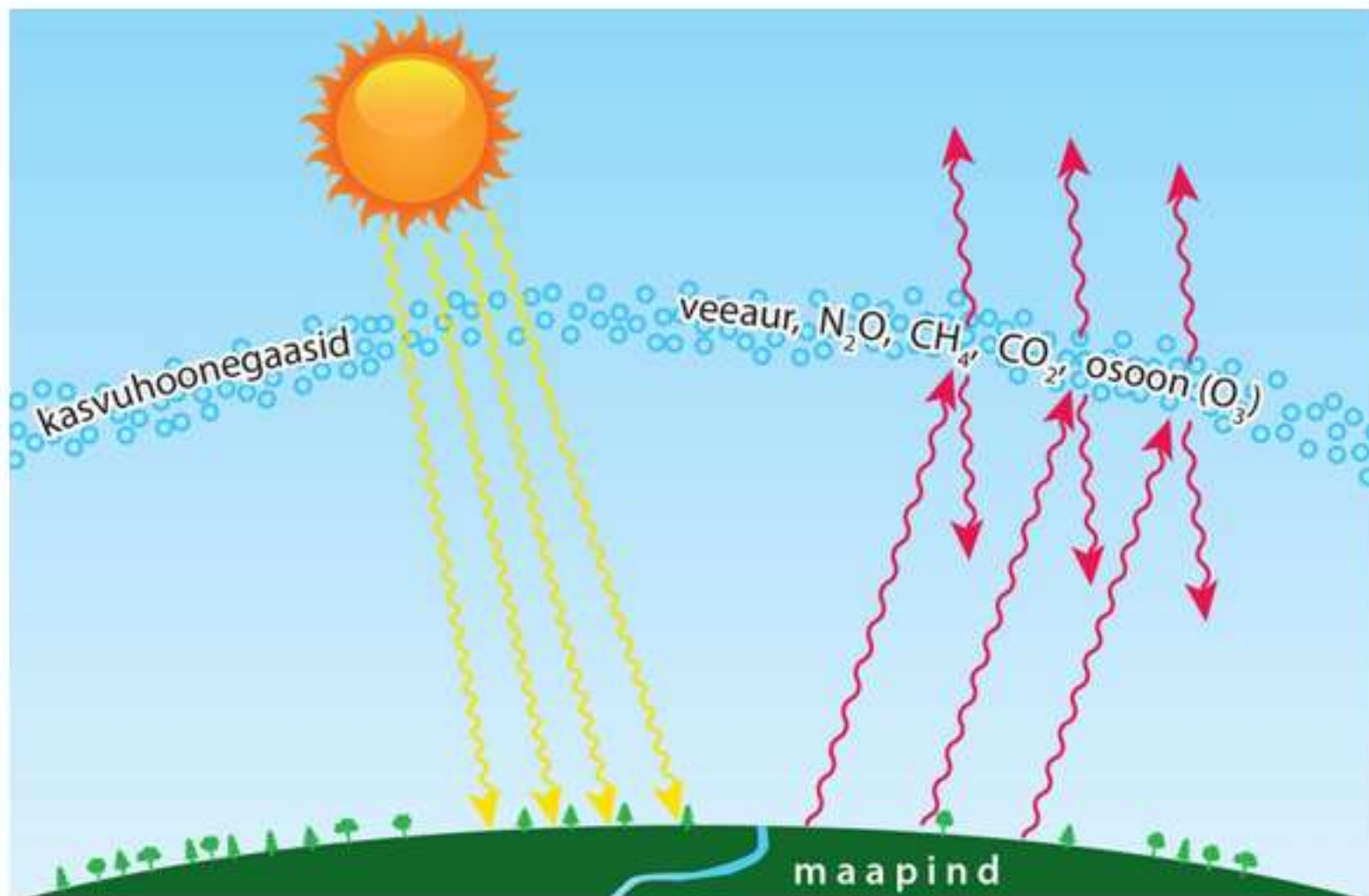
(A) Water vapor strongly varies locally^[31]

(B) The concentration in stratosphere. About 90% of the ozone in Earth's atmosphere is contained in the stratosphere.



juurde
tulevad

Süsinikdioksiid ei ole kõige peamine kasvuhoonegaas – selleks on veeaur, samuti takistavad päikesekiirguse maapinnale jõudmist pilved. Kliima muutub aga nende kasvuhoonegaaside tõttu, mis atmosfääri juurde tulevad



Jälle proportsioonide ja 'kihi' mõttes üks täiesti valesti kujundatud joonis

Aga mõte on selles, et gaasid, mille molekulis on 3 või enam aatomit, peegeldavad osaliselt maapinnalt peegeldunud ja suurema lainepikkusega kiirgust maapinnale tagasi

Seega peaksime lõpetama selliste gaaside lisandumise atmosfääri ja kui võimalik, siis

Mida tähendavad kliimamuutused Eestile?

Kliimateadlaste hinnangul jätkuval soojenemisel tähendab see Eestile eelkõige

Majanduslikud ja sotsiaalsed mõjud:

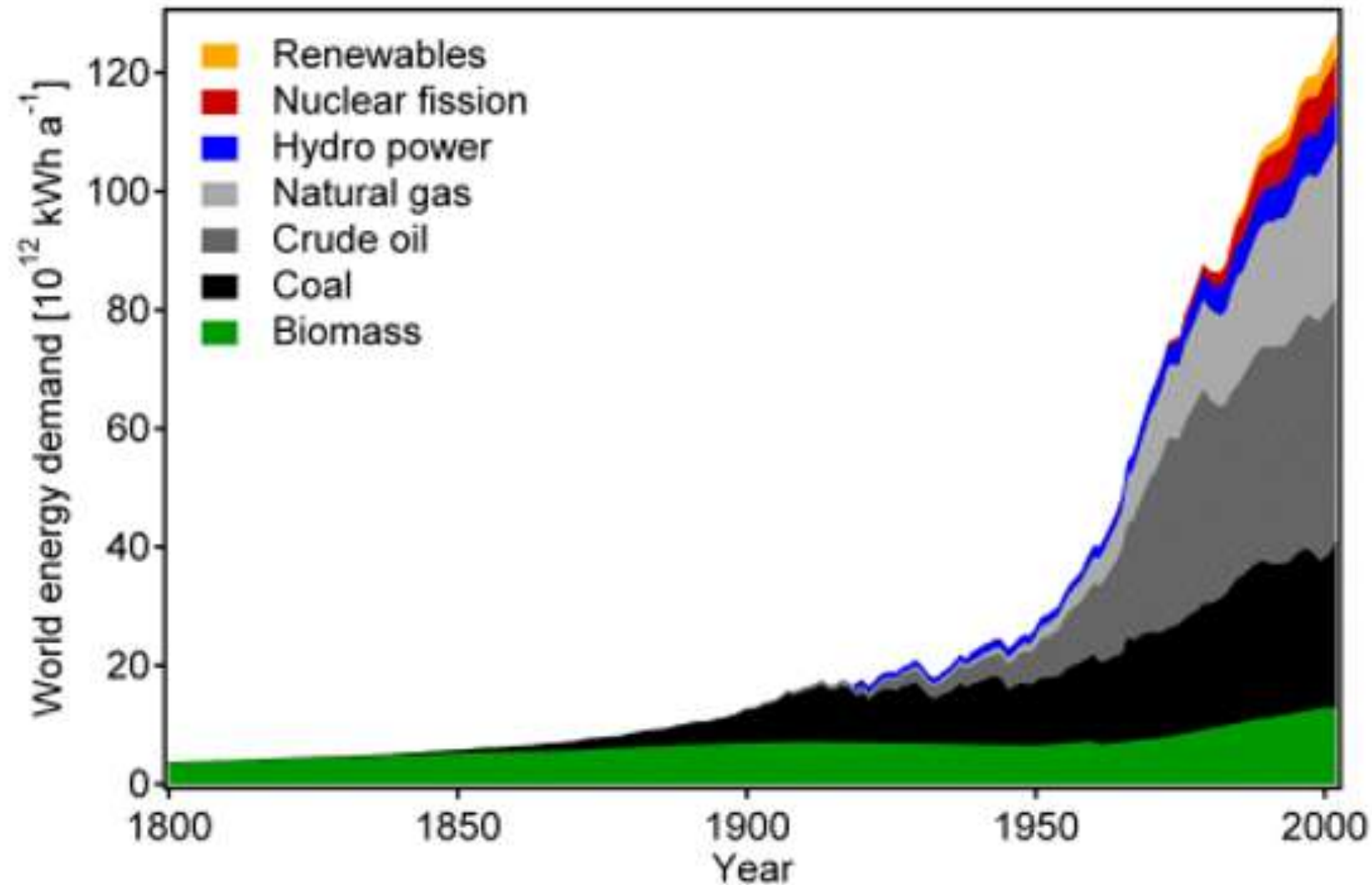
muutuv majandus, kliimapagulased

varasemaid kevadeid,
pehmemaid talvi,
suuremaid torme ja üleujutusi,
suureneb metsatulekahjude oht,
siia hakkavad kolima liigid, mille levila on hetkel tunduvalt lõunapool

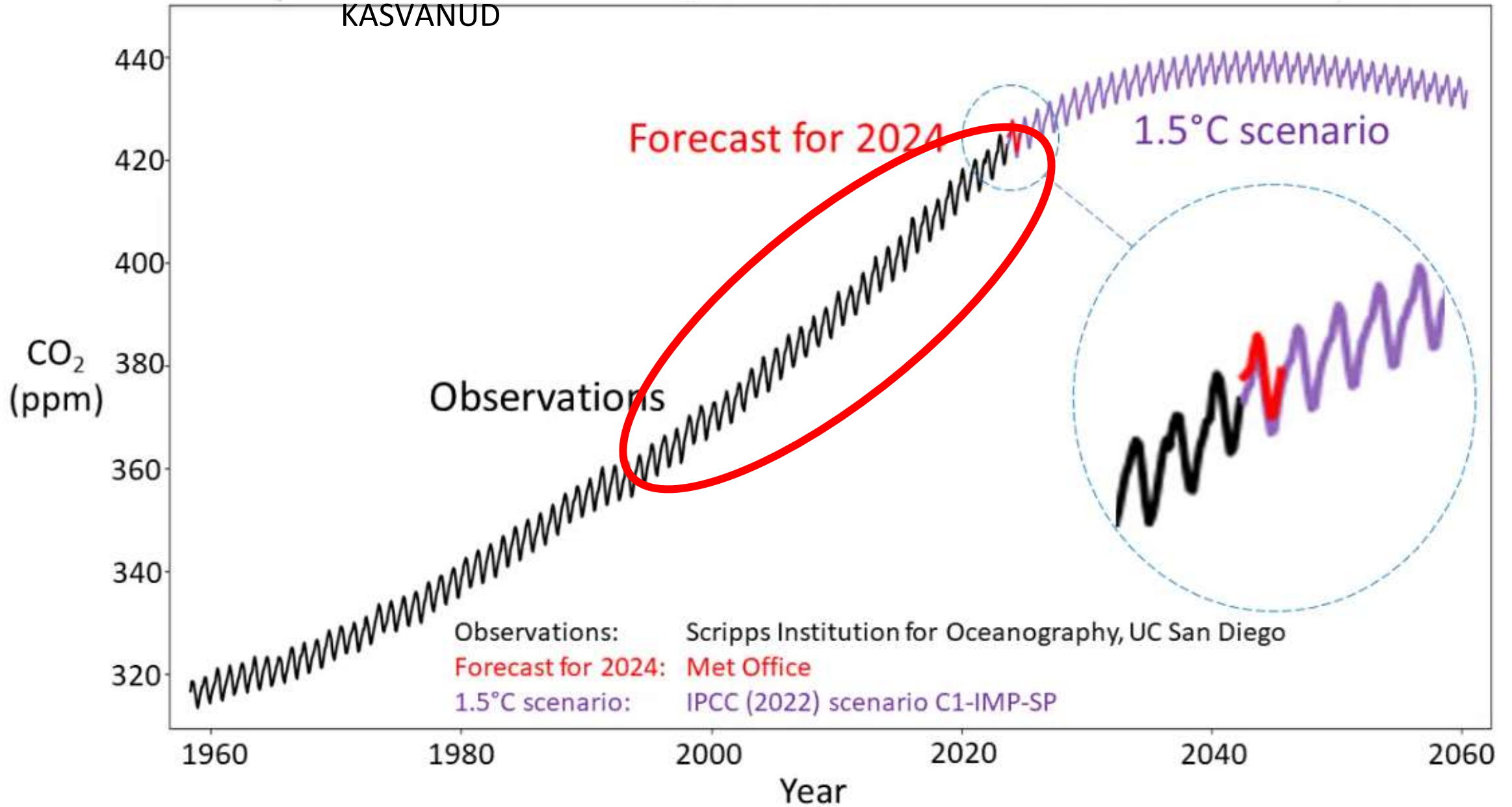
Rääkida saab ka positiivsetest mõjudest:
metsakasvu kiirenemine
turismipiirkonnana atraktiivsuse kasv jne.

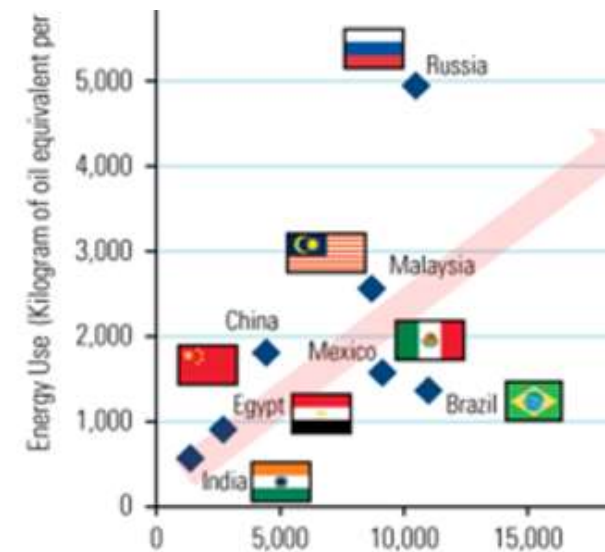
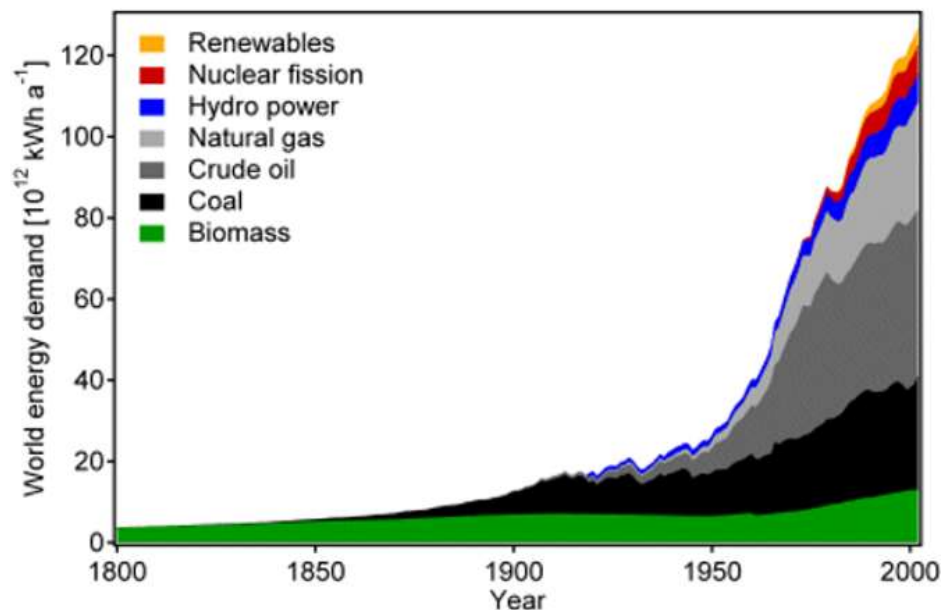
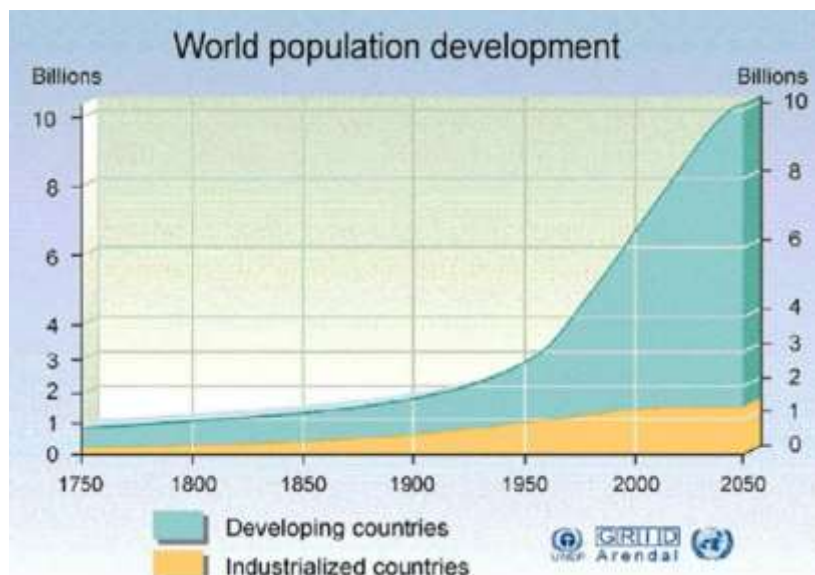
Probleemid Lõuna- ja Kesk-Euroopas, kus juba praegu on probleeme veevarudega ning suurte üleujutuste ja tormidega, süvenevad ning seal on summaarne mõju märkimisväärselt suurem kui Eestis.

4. Kas muutusi saab peatada ja tagasi p



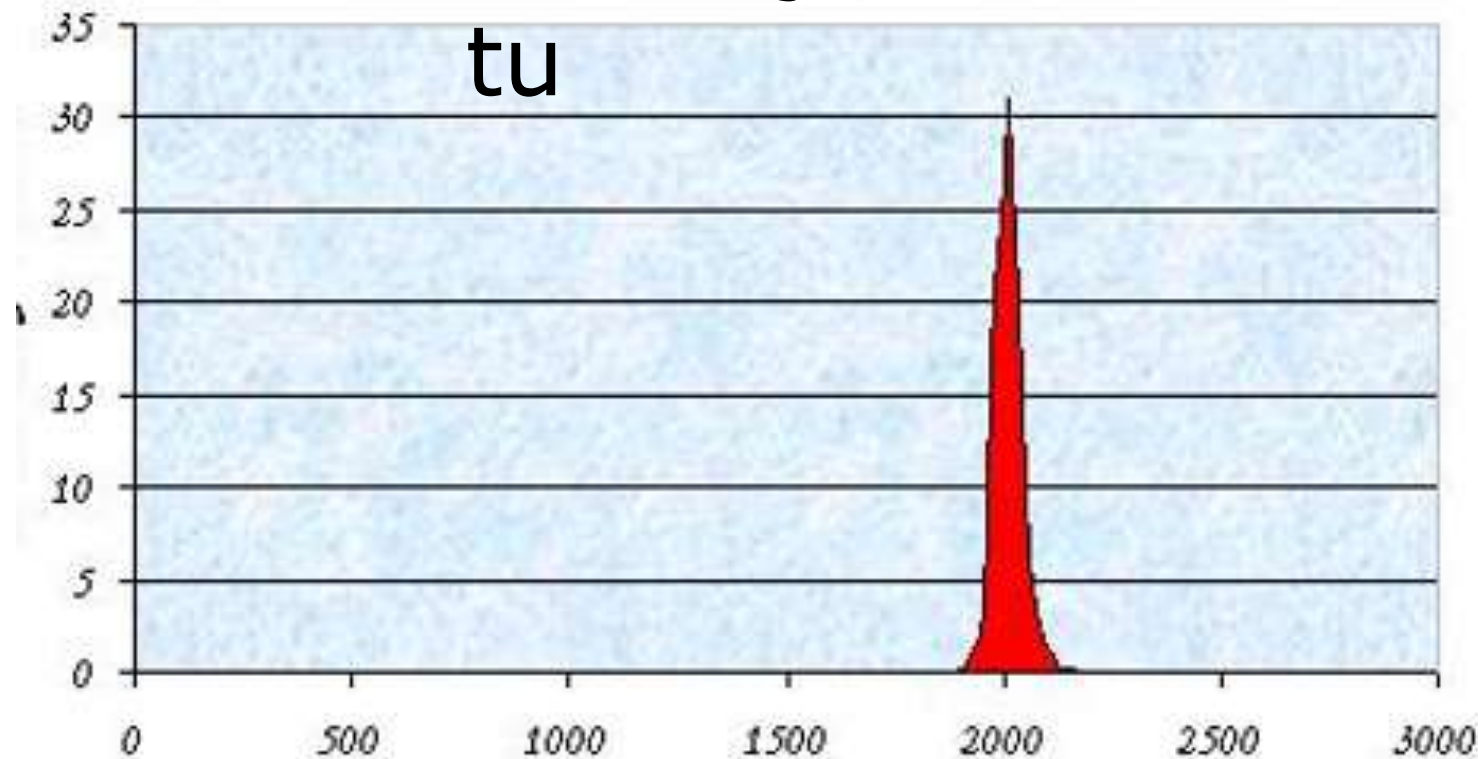
SELLE AJA JOOKSUL ON CO2 SISALDUS ATMOSFÄÄRIS JÄRJEST KASVANUD





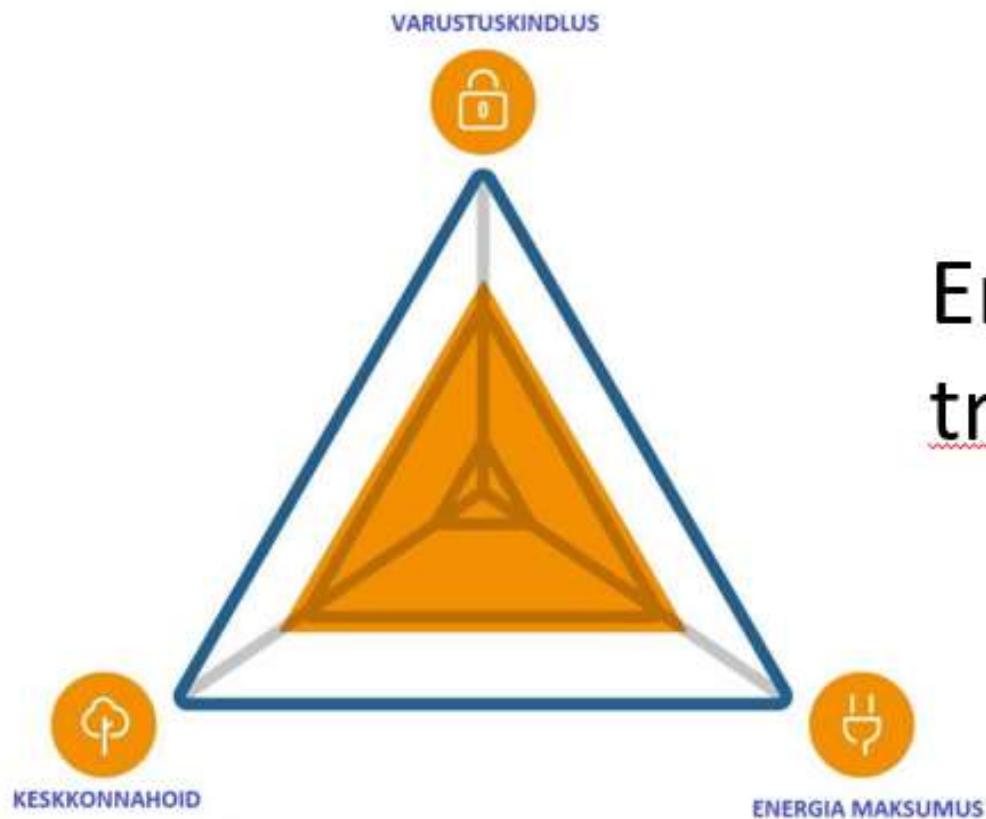
Kahjuks on põhjust olla rahvusvaheliste kokkulepete osas skeptiline...

Naftaajas tu



Pikemas vaates – kui naftaajastu tipp isegi nihkub, siis mitte oluliselt

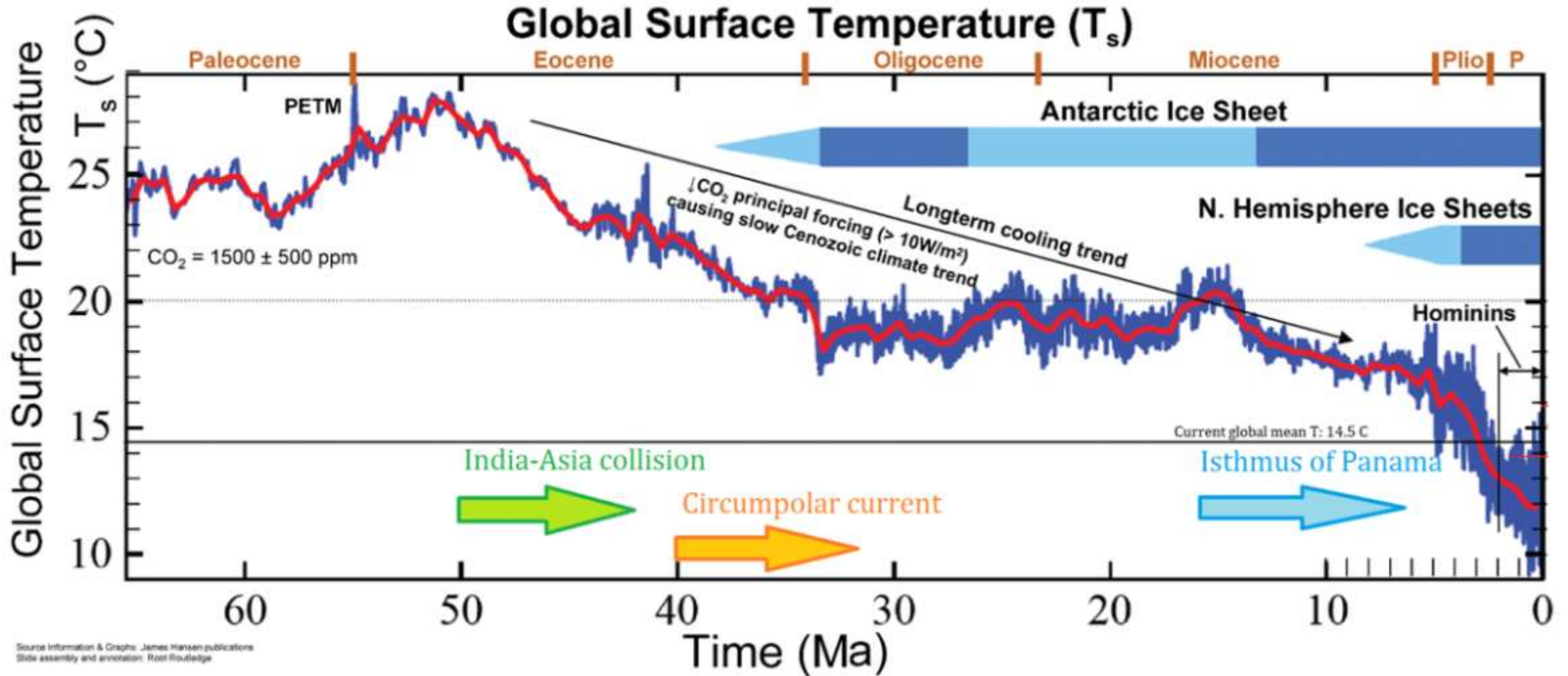
Mis tähendab, et loodusressursside omamise mõttes maailmapoliitika muutub



Energiasüsteemide trilemma

Eesti riik peab olema energiaga varustatud, majanduslikult tugev ning inimeste heaolu kõrge
Kui keskkonnaprotestid ei võimalda rajada uusi energiasüsteeme, siis suurenevad julgeolekuriskid

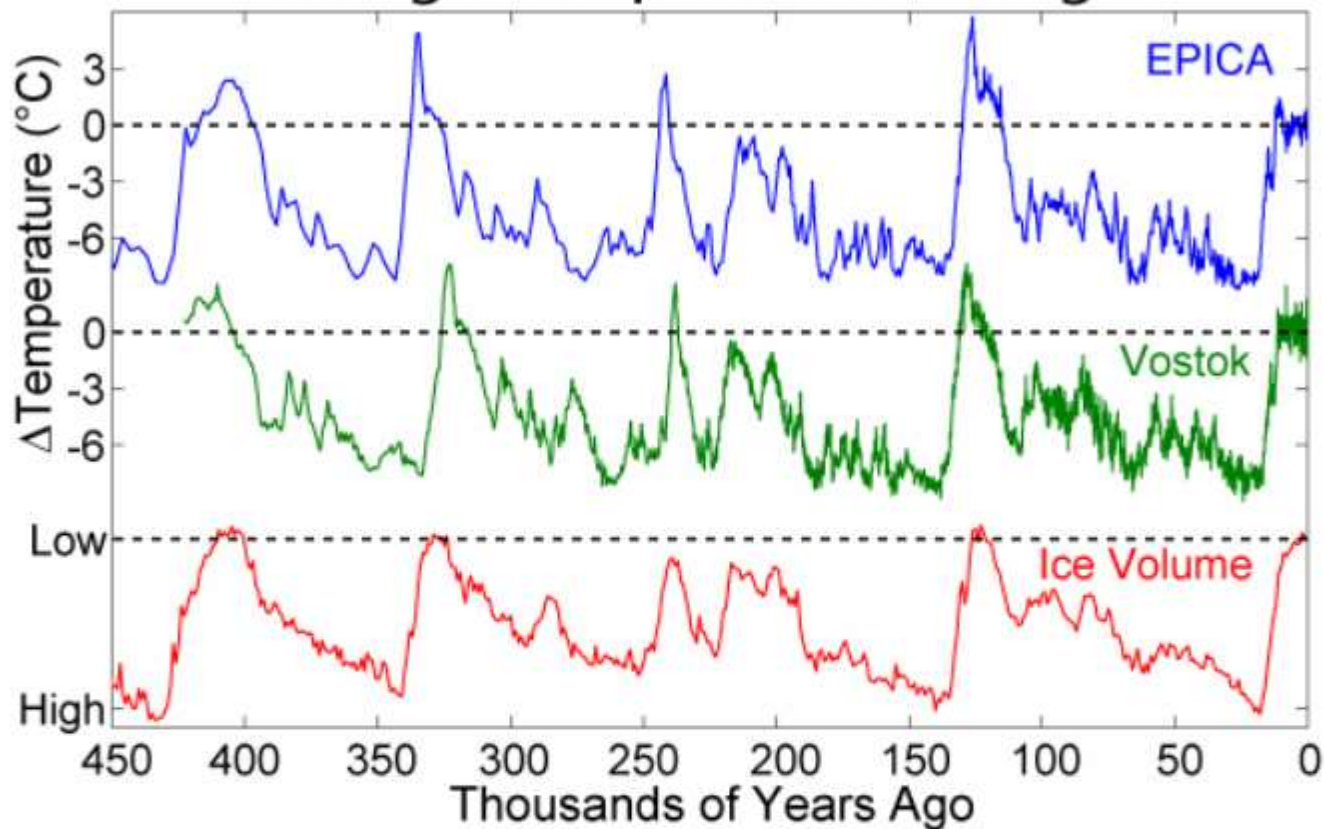
Geoloogias on tähtis mõista ajaskaalasid. Muutused kümnete miljonite aastate jooksul lähtuvad laamtektoonikast



Global average surface temperature over the past 70 million years.

Muutused kümnete tuhandete aastate jooksul lähtuvad Maa orbiidist ja pöörlemistelje kaldest/asendist

Ice Age Temperature Changes



Antarctic temperature changes during the last few glaciations compared to global ice volume. The first two curves are based on the deuterium (heavy hydrogen) record from ice cores (EPICA Community Members 2004, Petit et al. 1999). The bottom line is ice volume based on oxygen isotopes from a composite of deep-sea sediment cores (Lisiecki and Raymo 2005). The close coincidence of the curves is a validation of the results.

Milankovitchi tsüklid

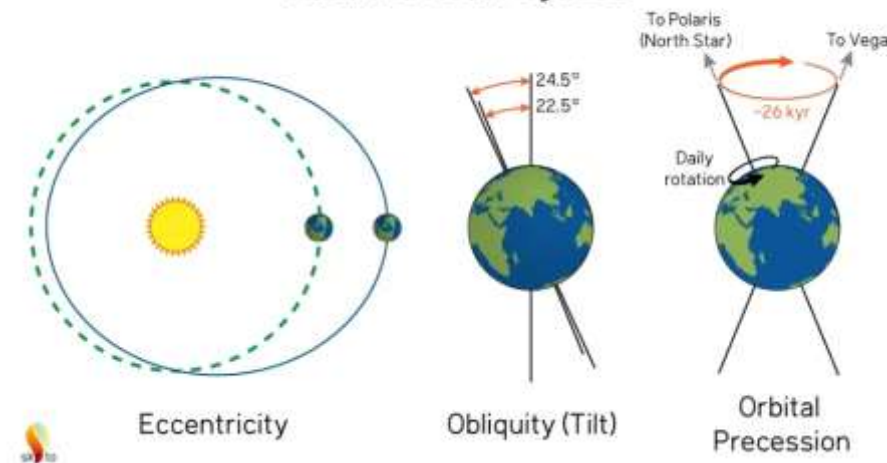
Kliima muutumises on olemas astronoomilised tsüklid. Milutin Milankovitchi (1879-1958) nime järgi tuntud teooria seletab viimase poole miljoni aasta jääaegade ja jäävaheaegade kliima tsüklilist muutumist Maa orbitaalse liikumise perioodiliste häiretega. Jäätumist või jää sulamist põhjustab jäätumisohtlike laiuskraadide keskmisest halvem või parem varustus kiirgusenergiaga.

Orbiidi kuju muutub 100 000 a. tsükliga.

Maa telje kalle muutub 41 000 a. tsükliga.

Pöörlemistelje asend muutub 23 000 a. tsükliga.

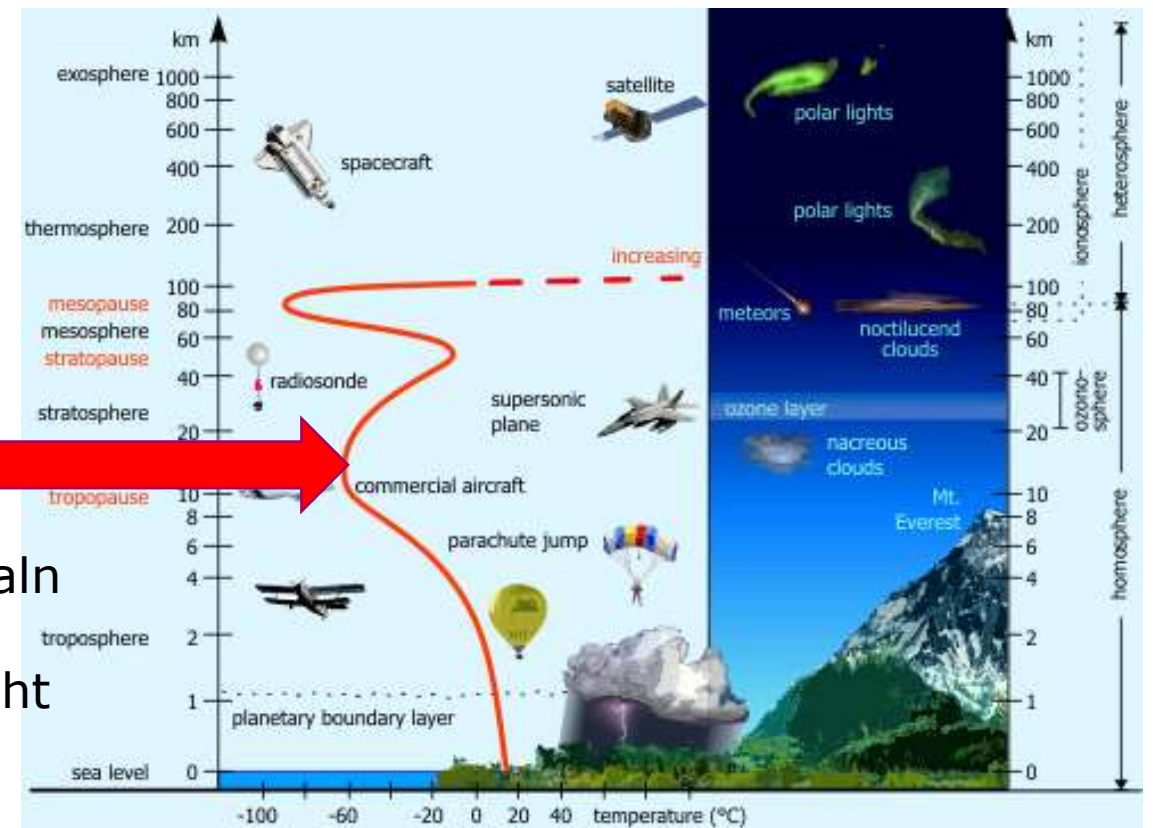
Milankovitch Cycles



5. Ka vulkaanid võivad üllatada, aga me ei tea, millal



Globaalne
tuhakiht



II OSA: MIKS ME TEGUTSEDA EI OSKA

6. Miks me ei oska tegutseda: 5 peamist põhjust

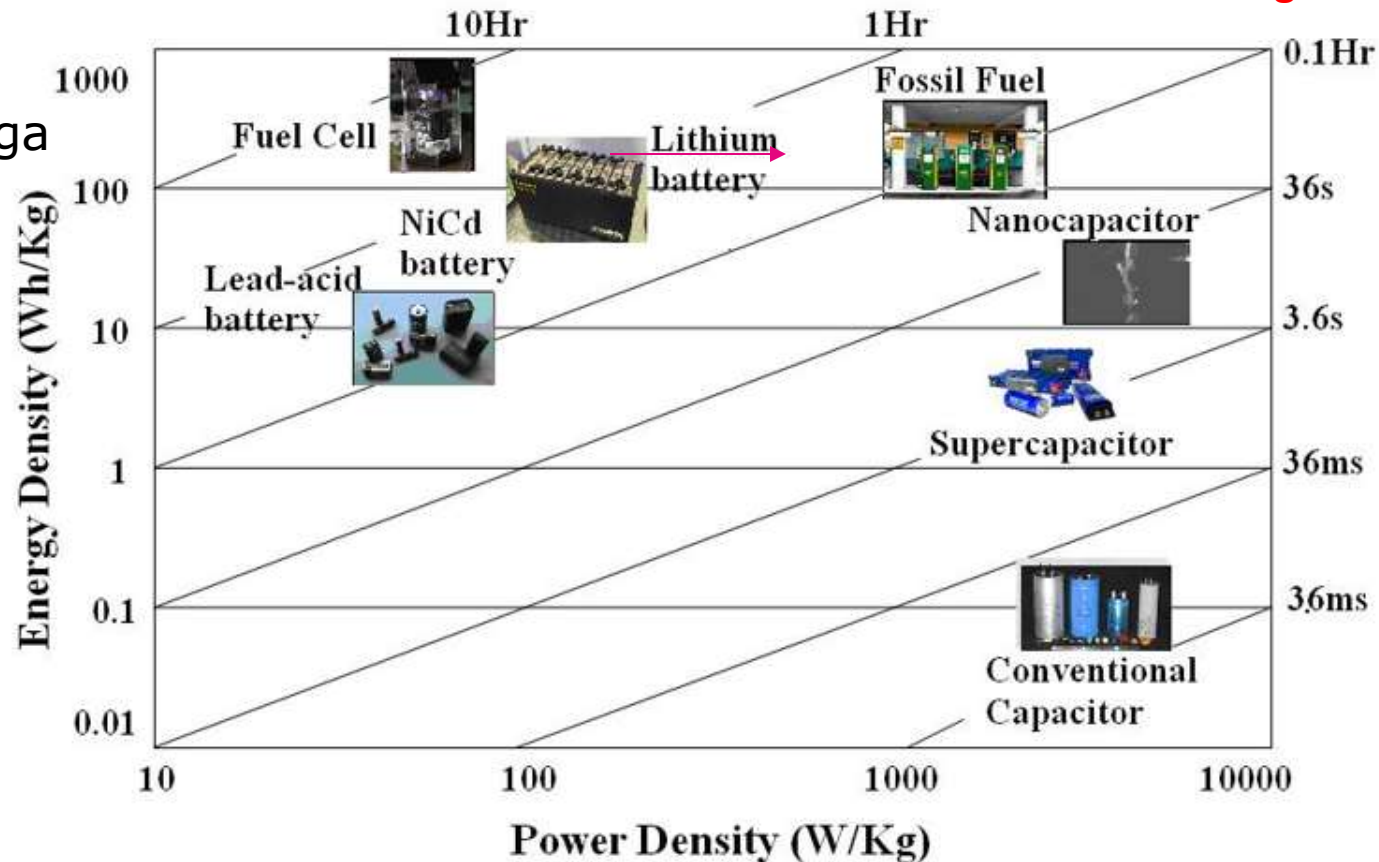
PÕHJUS 1: TEHNOLOOGILISED RASKUSED

Energia salvestamine

Inimese loodud salvestussüsteemid ei ulatu vedelkütustele lähedalegi

Orgaanilise aine põlemine

Pikemat aega energiat, aga vähe korruga



Keemiliste sidemete muutumise energiatihedus ja võimsustihedus on nii suur, et üliraske on alternative leida

Korruga palju energiat, aga lühikese aja

TAASTUVENERGIA LAHENDUSTELE ÜLEMINEKUKS VAJALIKKE METALLE EI JÄTKU KOGU MAAILMALE



Maailma suurim vasekaevandus USA-s



Koobaltikaevandus Kongos

PÕHJUS 2: RAHVUSVAHELINE POLIITIKA JA MAJANDUSLIK EBAVÕRDSUS

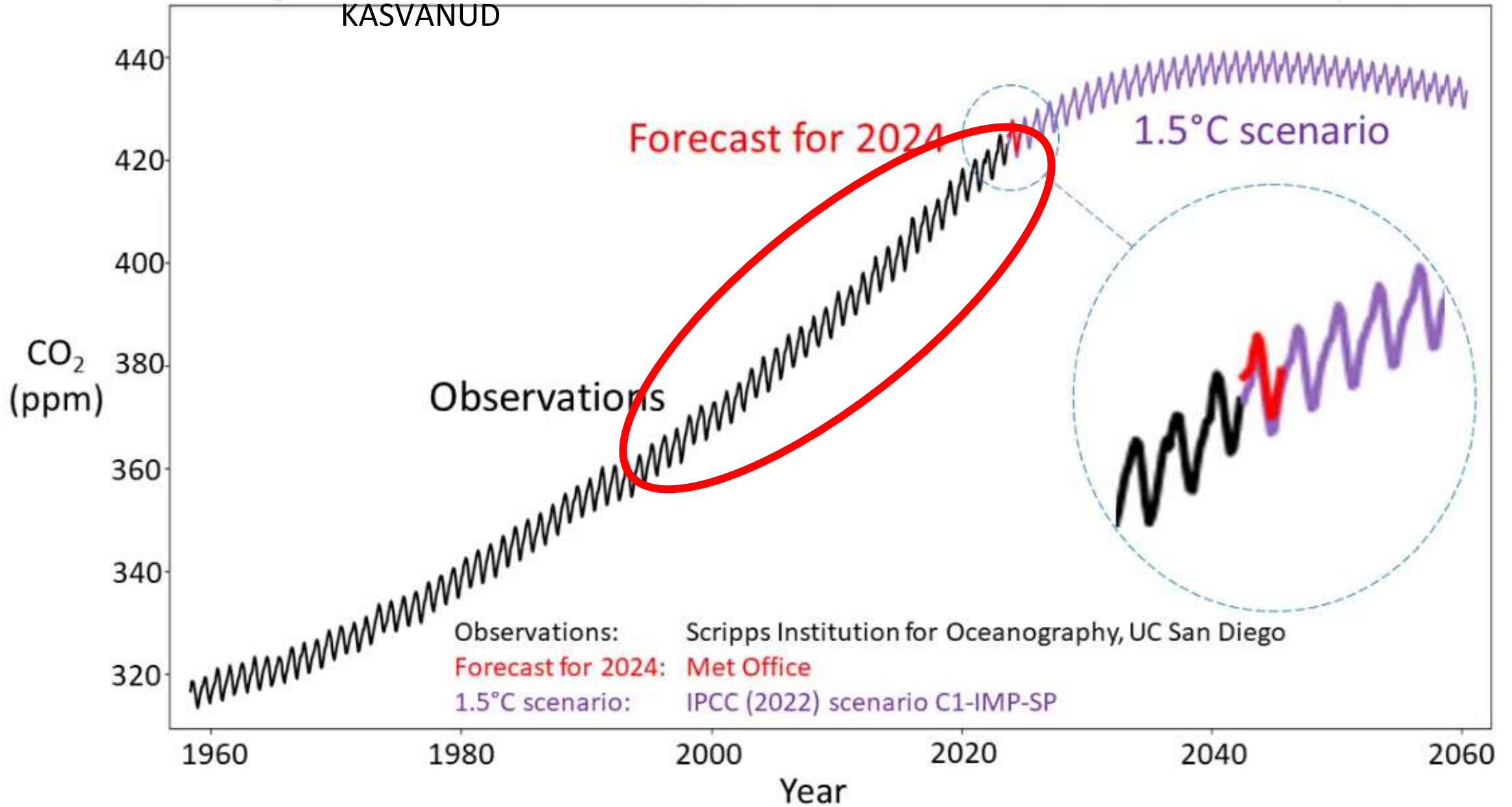
KLIIMAKONVERENTSE ON PEETUD 29

AASTAT

No.	Year	Name	Alternative name	Location	Country
1	1995	COP 1		Berlin	Germany
2	1996	COP 2		Geneva	Switzerland
3	1997	COP 3		Kyoto	Japan
4	1998	COP 4		Buenos Aires	Argentina
5	1999	COP 5		Bonn	Germany
6	2000	COP 6		The Hague	Netherlands
7	2001	COP 6-2		Bonn	Germany
8	2001	COP 7		Marrakech	Morocco
9	2002	COP 8		New Delhi	India
10	2003	COP 9		Milan	Italy
11	2004	COP 10		Buenos Aires	Argentina
12	2005	COP 11	CMP 1	Montreal	Canada
13	2006	COP 12	CMP 2	Nairobi	Kenya
14	2007	COP 13	CMP 3	Bali	Indonesia
15	2008	COP 14	CMP 4	Poznań	Poland
16	2009	COP 15	CMP 5	Copenhagen	Denmark
17	2010	COP 16	CMP 6	Cancún	Mexico

No.	Year	Name	Alternative name	Location	Country
18	2011	COP 17	CMP 7	Durban	South Africa
19	2012	COP 18	CMP 8	Doha	Qatar
20	2013	COP 19	CMP 9	Warsaw	Poland
21	2014	COP 20	CMP 10	Lima	Peru
22	2015	COP 21	CMP 11	Paris	France
23	2016	COP 22	CMP 12 / CMA 1	Marrakech	Morocco
24	2017	COP 23	CMP 13 / CMA 1-2	Bonn	Germany
25	2018	COP 24	CMP 14 / CMA 1-3	Katowice	Poland
26	2019	SB50		Bonn	Germany
27	2019	COP 25	CMP 15 / CMA 2	Madrid	Spain
28	2021	COP 26	CMP 16 / CMA 3	Glasgow	United Kingdom
29	2022	COP 27	CMP 17 / CMA 4	Sharm El Sheikh	Egypt
30	2023	COP 28	CMP 18 / CMA 5	Dubai	United Arab Emirates
31	2024	COP 29	CMP 19 / CMA 6	Baku	Azerbaijan
32	2025	COP 30	CMP 20 / CMA 7	Belém	Brazil
33	2026	COP 31	CMP 21 / CMA 8	TBC	TBC

SELLE AJA JOOKSUL ON CO2 SISALDUS ATMOSFÄÄRIS JÄRJEST KASVANUD



EMISSIOONIDE KASV ON PERIOODIL 1995-2024 TOIMUNUD PEAMISELT AASIAS, ERITI HIINAS

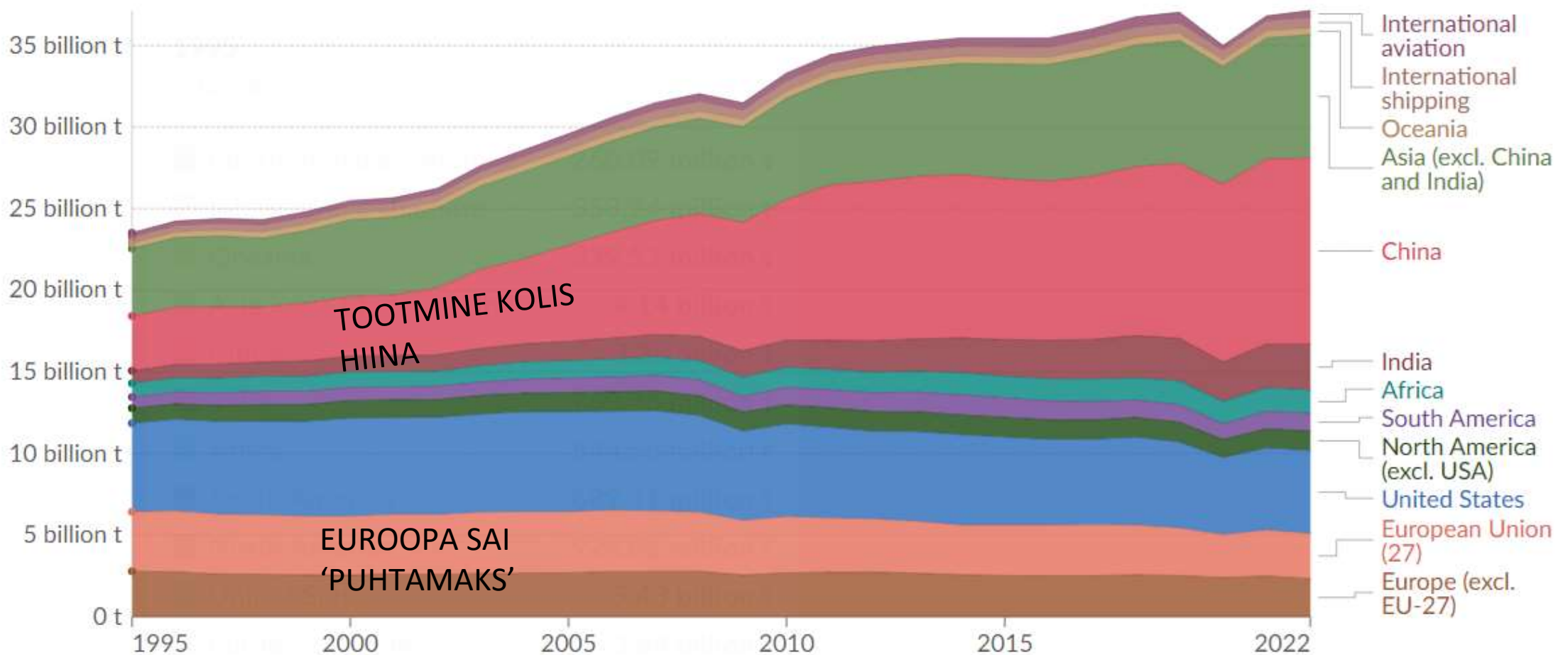
Annual CO₂ emissions by world region



Emissions from fossil fuels and industry are included, but not land-use change emissions. International aviation and shipping are included as separate entities, as they are not included in any country's emissions.

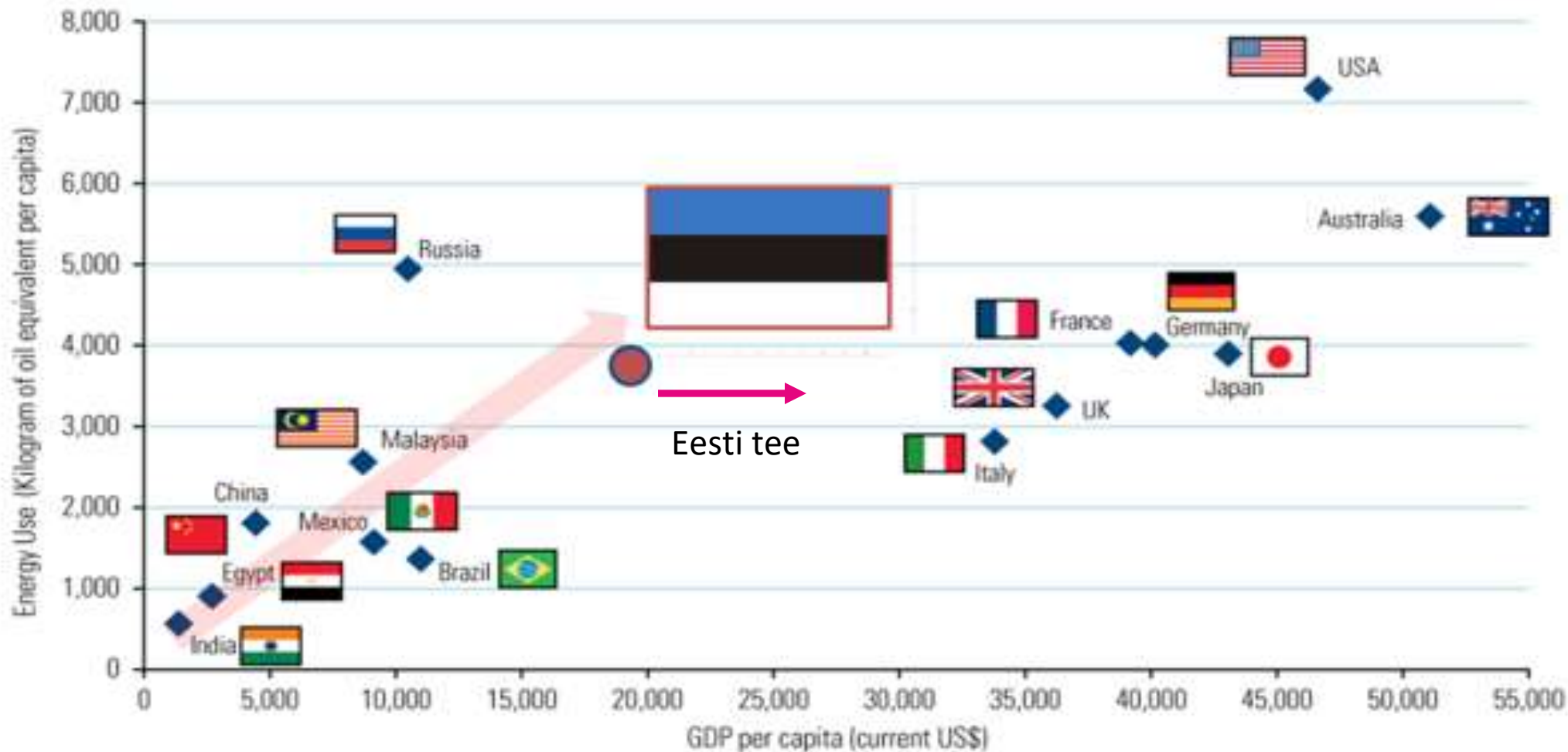
Table Chart

Settings



Huge Potential Increase in Energy Use From Emerging Markets

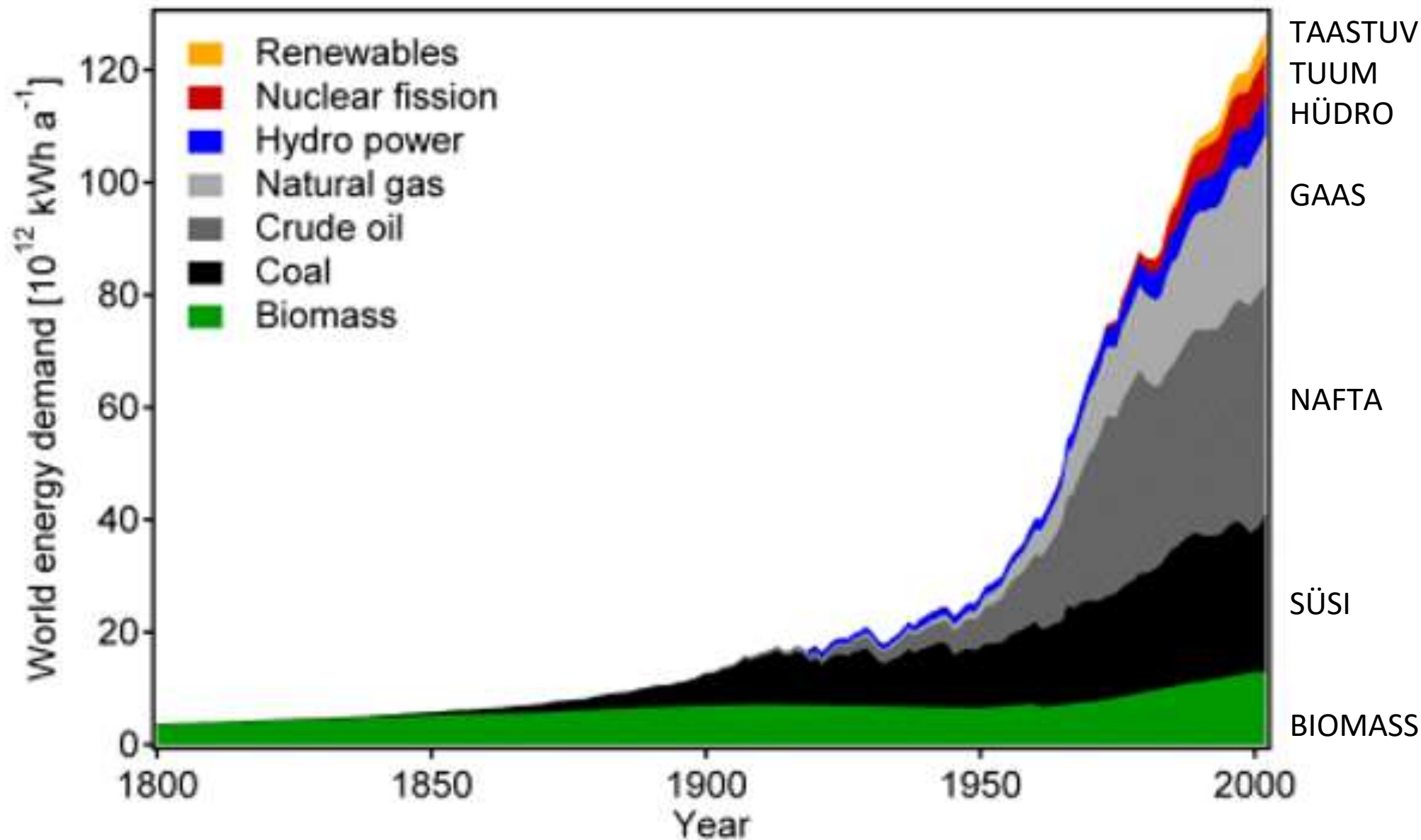
Energy Use Per Capita



TAL
TECH

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Kõik arenguriigid tahavad suurendada majanduslikku heaolu, mis tähendab energia tarbimise kasvu.



KÕIK KESKKONNAKATASTROOFID SEOSTATAKSE KLIIMAMUUTUSTEGA



**TAL
TECH**

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOO

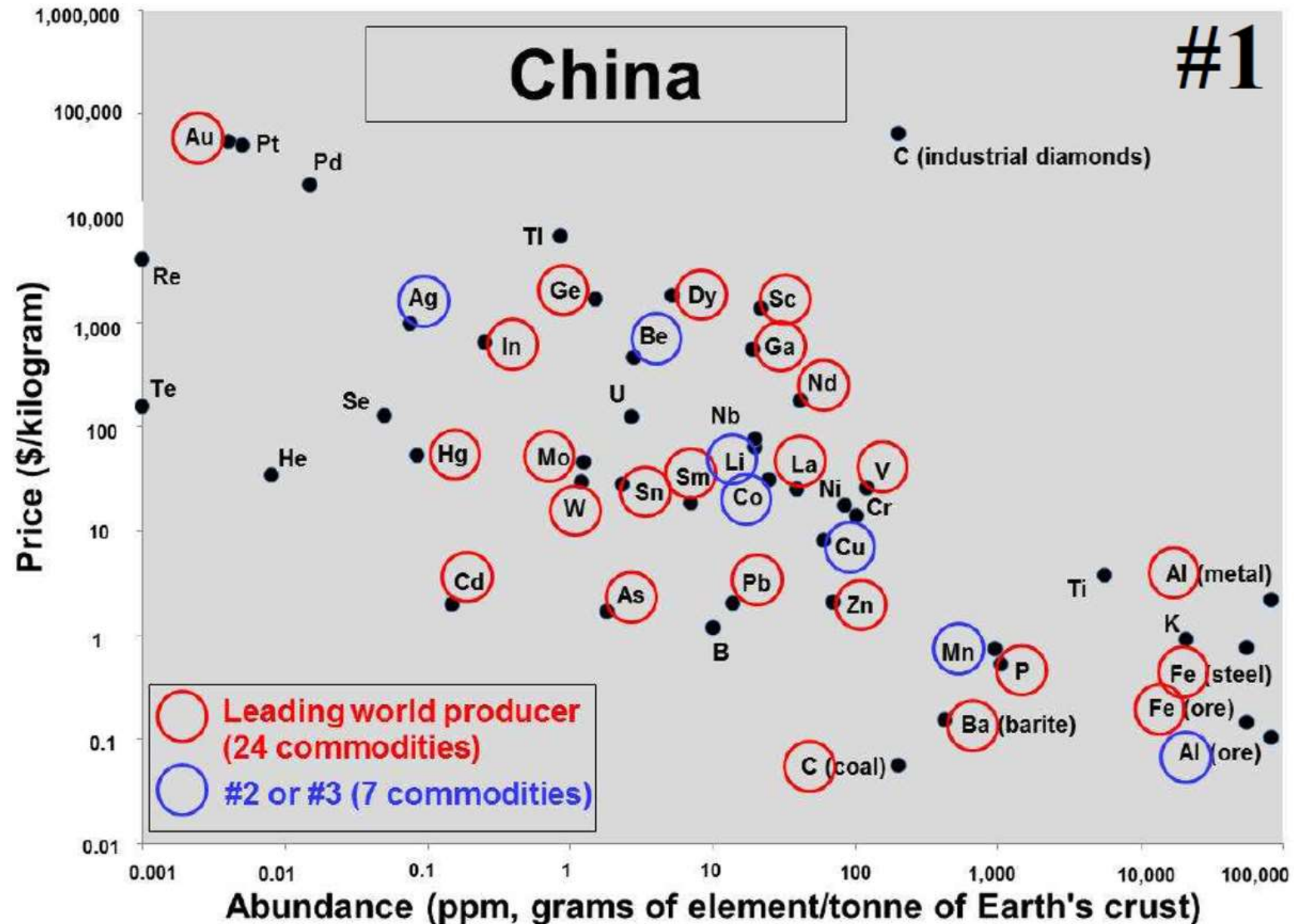


PÕHJUS 3: VÕITLUS LOODUSRESSURSSIDE JA RIKKUSE ALLIKATE EEST

Crude Oil Reserves in Billion Barrels (Gbbl)



Metallilised maavarad: Hiina ülisuurelt suurim omanik

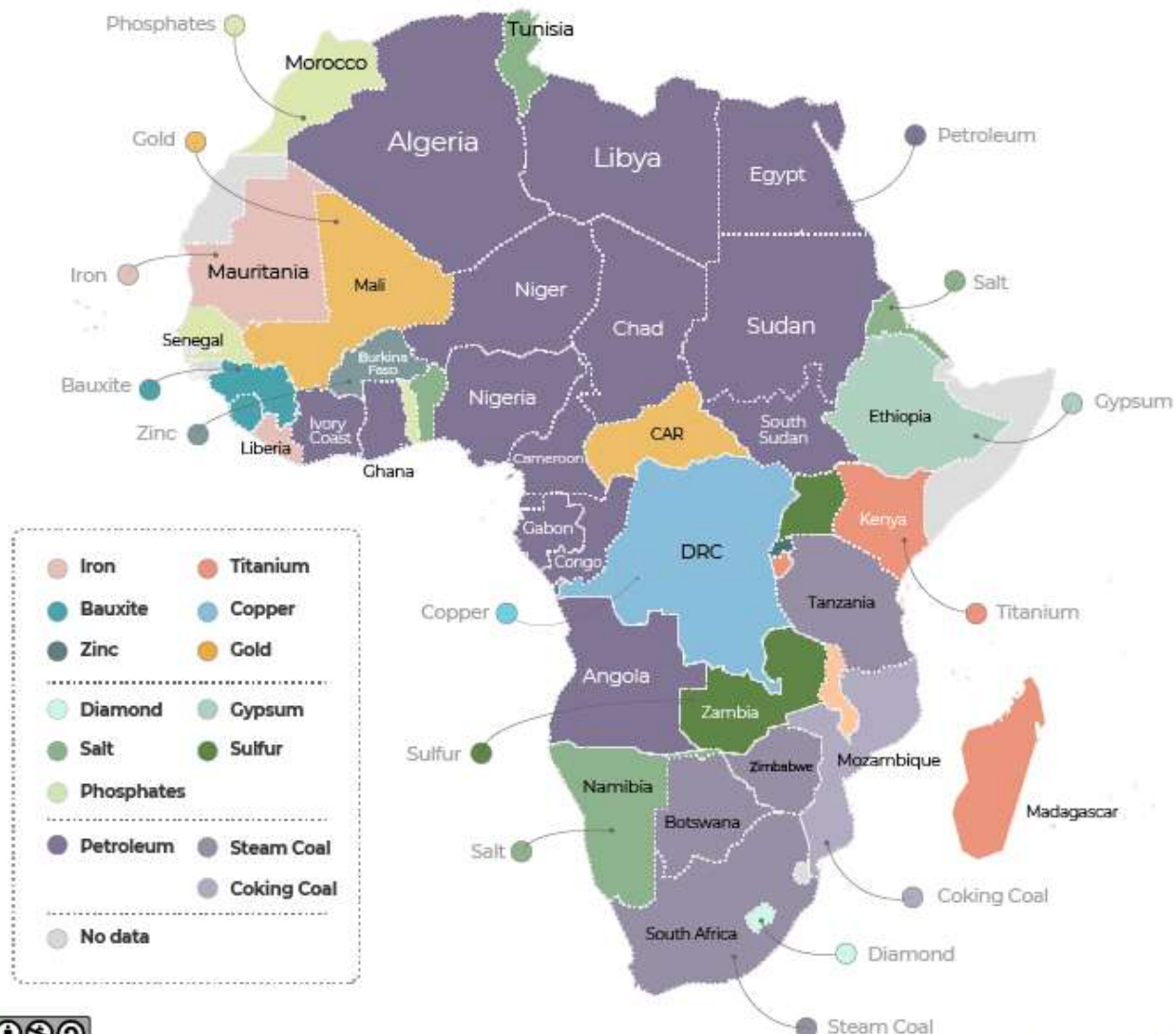


NATURAL RESOURCES

Top minerals per country

The most abundant resource for each African country per tonne of production.

Võitlus Aafrika metallimaardlate eest




UKRAINA SÕDA: ÜHTLASI VÕITLUS MAAVARADE EEST

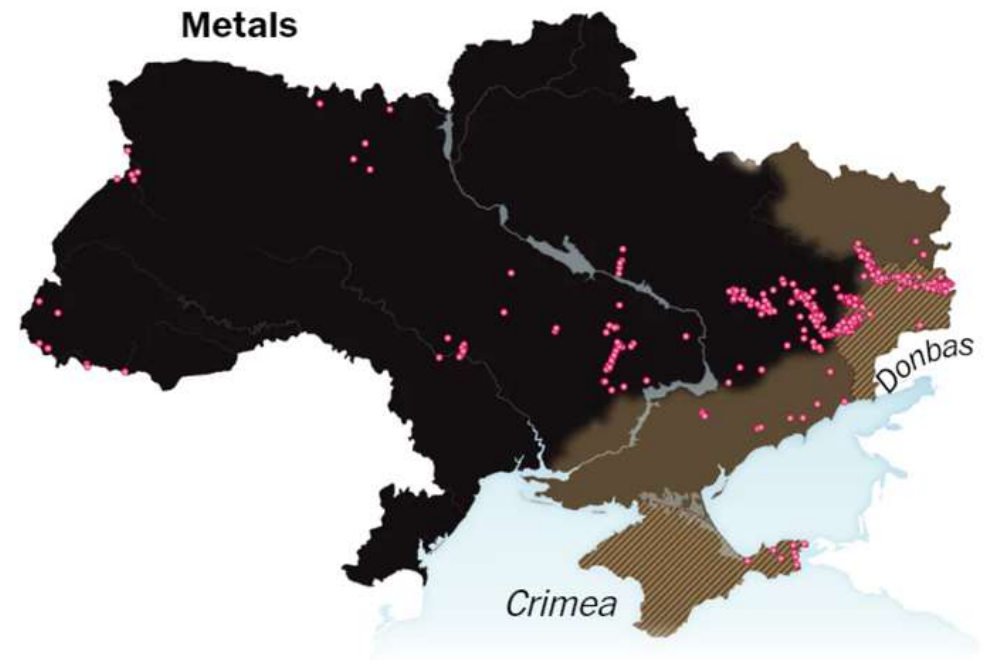
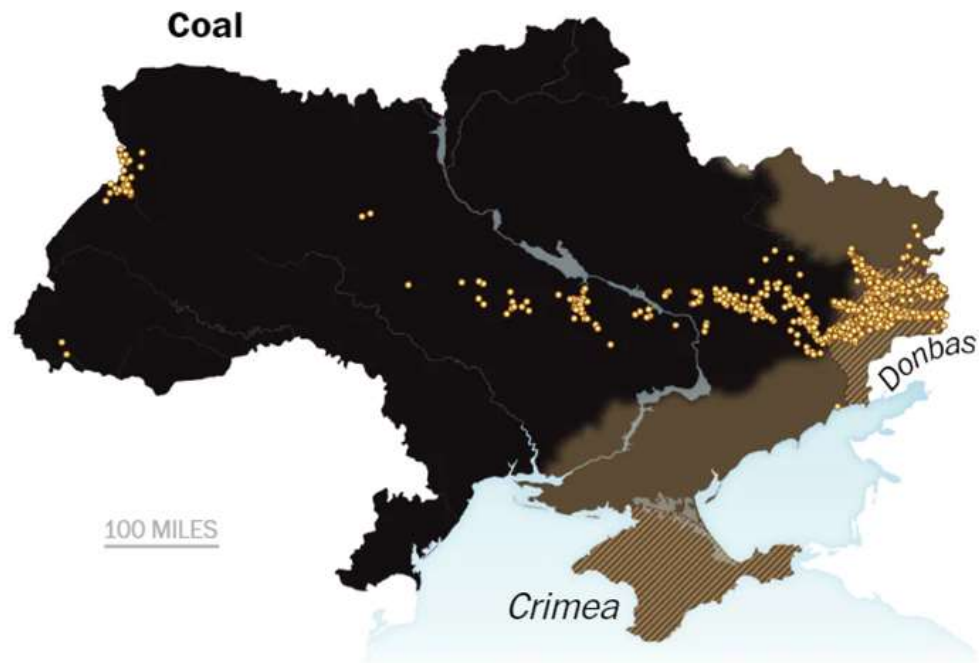
The Washington Post
Democracy Dies in Darkness

Subscribe

Ukraine's major resources

 Russian-controlled areas since Feb. 24

 Russia-annexed (Crimea) or separatist-controlled (Donbas) areas since 2014



**PÕHJUS 4: INIMESTE PÜÜD HEAOLU KASVU SUUNAS,
KLIIMAMUUTUSTEGA KAUPLEMININE ON MUUDETUD MAJANDUSHARUKS**



Every American Born Will Need...
3.02 MILLION POUNDS of minerals,
 metals, and fuels in their lifetime

1,832 lbs.
 BAUXITE
 (ALUMINUM)

55,461 lbs.
 CEMENT

10,685 lbs.
 CLAYS

251,998 lbs.
 COAL

1,018 lbs.
 COPPER

1.34 Troy oz.
 GOLD

18,317 lbs.
 IRON ORE

814 lbs.
 LEAD

1 lb.
 LITHIUM

12,720 lbs.
 PHOSPHATE ROCK

27,476 lbs.
 SALT

4 lbs.
 SILVER

1.36M lbs.
 STONE, SAND
 & GRAVEL

468 lbs.
 ZINC

+1.03M lbs.
 OTHER MINERALS,
 METALS & FUELS



USAs välja arvutatud
 maavarade kogused,
 mida iga sündinud laps
 oma eluajal vajab

Learn more: [MineralsEducationCoalition.org](https://www.MineralsEducationCoalition.org)

©2022 Minerals Education Coalition

Why the Emissions Trading Scheme is not working, and how to fix it

Emanuela Barbiroglio – Voxeurop

Published On: April 20th, 2021

Paljudes riikides läheb emissiooni-kaubanduse raha reostava tööstuse toetuseks või lihtsalt riigieelarvesse

“Billions of ETS subsidies were handed out to large polluting industries, while their CO₂ emissions didn’t decrease.” Some countries are not using it for climate purposes at all.

In general “it’s not a great picture”, says Stoefs.

“Often the money just goes to the general budget, which is a shame at a time when climate funding is lacking”.

**PÕHJUS 5: INIMESED JA ETTEVÕTTED ON ÜLE KÜLVATUD
MAKSUDE, KÄSKUDE JA KEELDUDEGA,
PANNES NEID ENNAST HALVASTI TUNDMA, NING ON
ARUSAAMATU, KUIDAS SEE MAAILMA PÄÄSTAB –
KUIDAS SEELÄBI SAAVUTADA USALDUST?**

MOODUSTUNUD ON INIMESTE GRUPID ERINEVATE NÕUDMISTEGA, MILLEST KEEGI POLE RAHUL VALITSEMISEGA

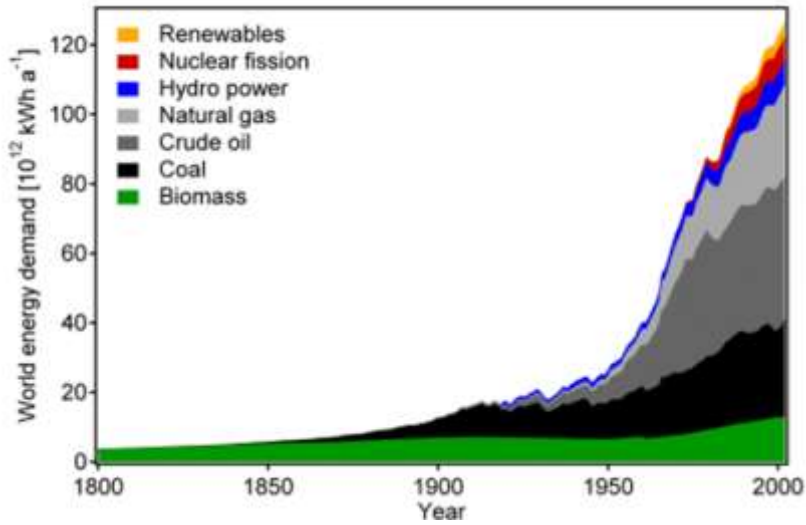




Saksamaal liimisid protestijad ennast autosalongi põranda külge. Töötajad lülitasid tuled ja kütte välja. Siis hakkasid tulema kaebused: nad ei saanud pissil käia ja toitu tellida ning pidid sööma Volkswageni poolt pakutud toitu. Ühel protestijal läks käsi paiste ning oli raskusi arsti kutsumisega, arst saatis ta haiglasse, kus ta jätkas näljastreiki.

6. Mida teha, kuidas suudab inimene süsteeme muuta?

Globaalne



Regionaalne vaade



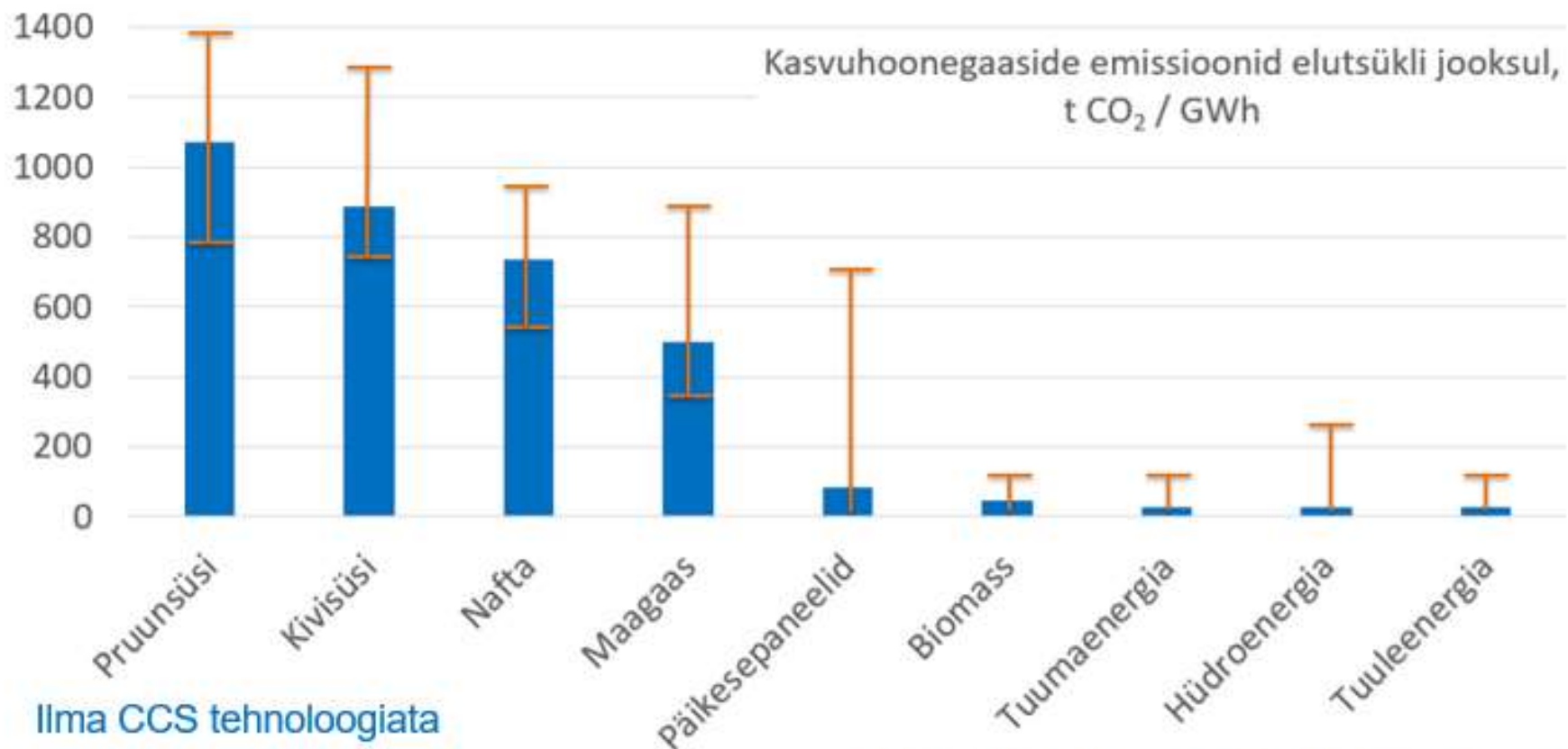
Eesti vaade



730 miljonit ilma



Keskkonnasäästlikkus



Allikas: WNA Report (2011) Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources



Keskkonnamõjud lisaks kasvuhoonegaasidele

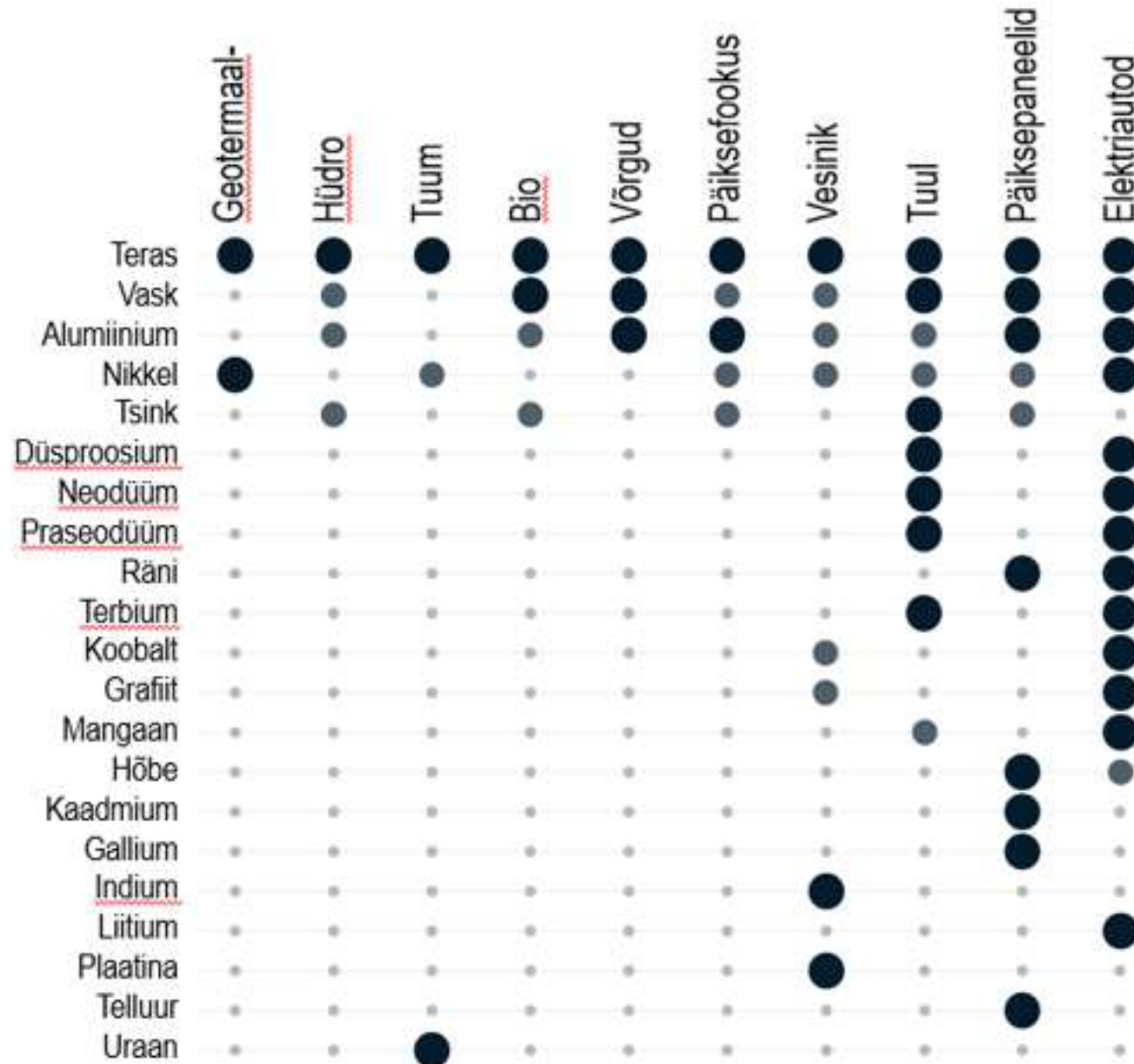
Pruunsüsi, kivisüsi, põlevkivi: vee- ja õhureostus, maakasutus, jäätmed

Nafta, maagaas: plahvatuste, põlengute ja lekete riskid (nt Deepwater Horizon 2010)

Päikesepaneelid, tuulegeneraatorid, keemilised salvestid: jäätmete taaskasutus (liitiumi näide)

Tuumaeenergeetika: suurõnnetuste riskid (nt Fukushima 2011), jäätmed, psühholoogilised riskid

Hüdroenergeetika: maakasutus (Kolme Kuru tamm, 2003, 1000 km², 1.3 miljonit inimest)



Vajadused materjalide järele teel madala süsinikuheitmetega tehnoloogiate suunas

Kaevandada on paratamatult vaja ning kaevandamisega kaasnevate keskkonnamõjudega tuleb leppida

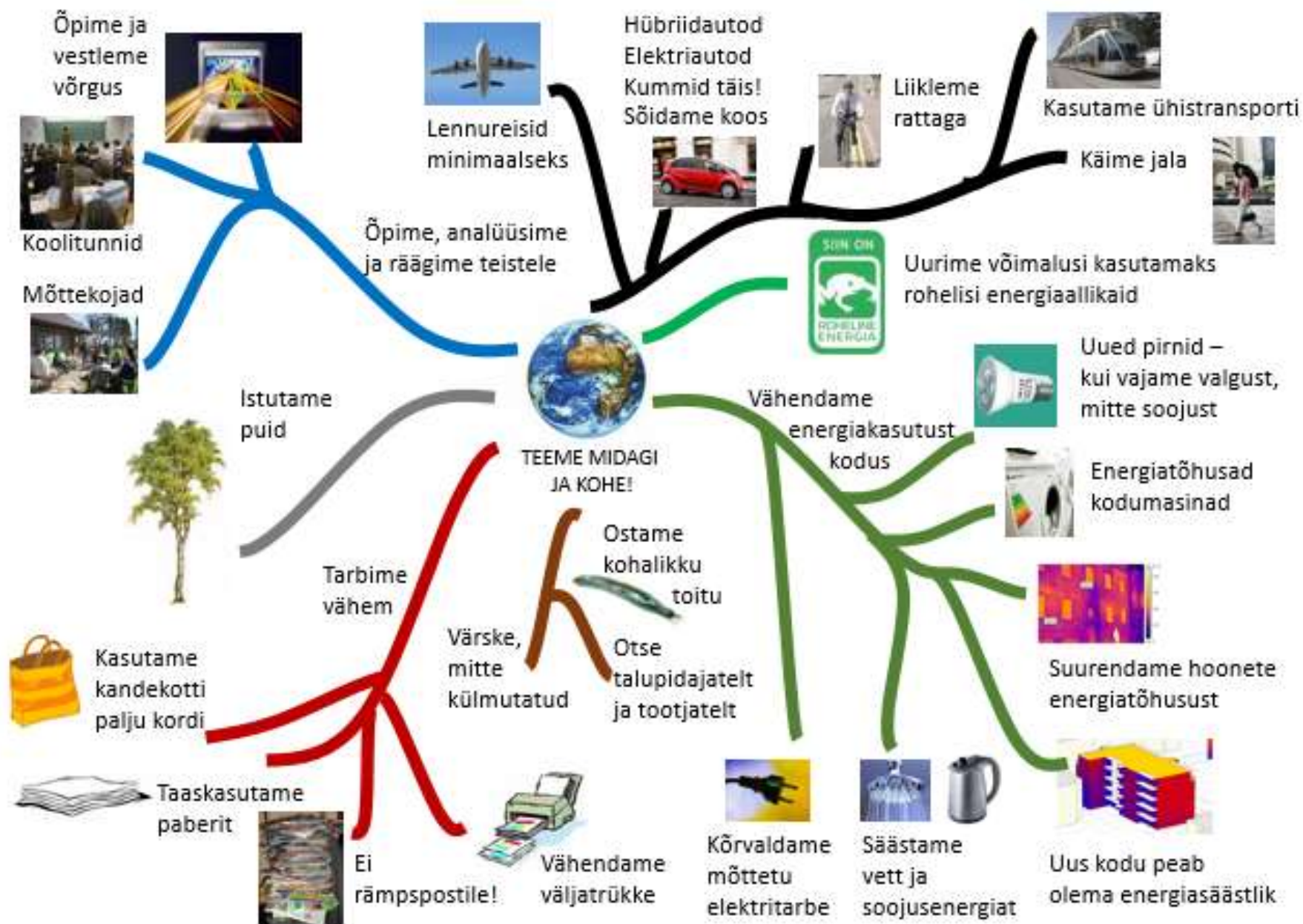
Allikad: Critical raw materials for strategic technologies and sectors on the EU, A foresight study, European Commission, Mar 9, 2020;

The role of critical minerals

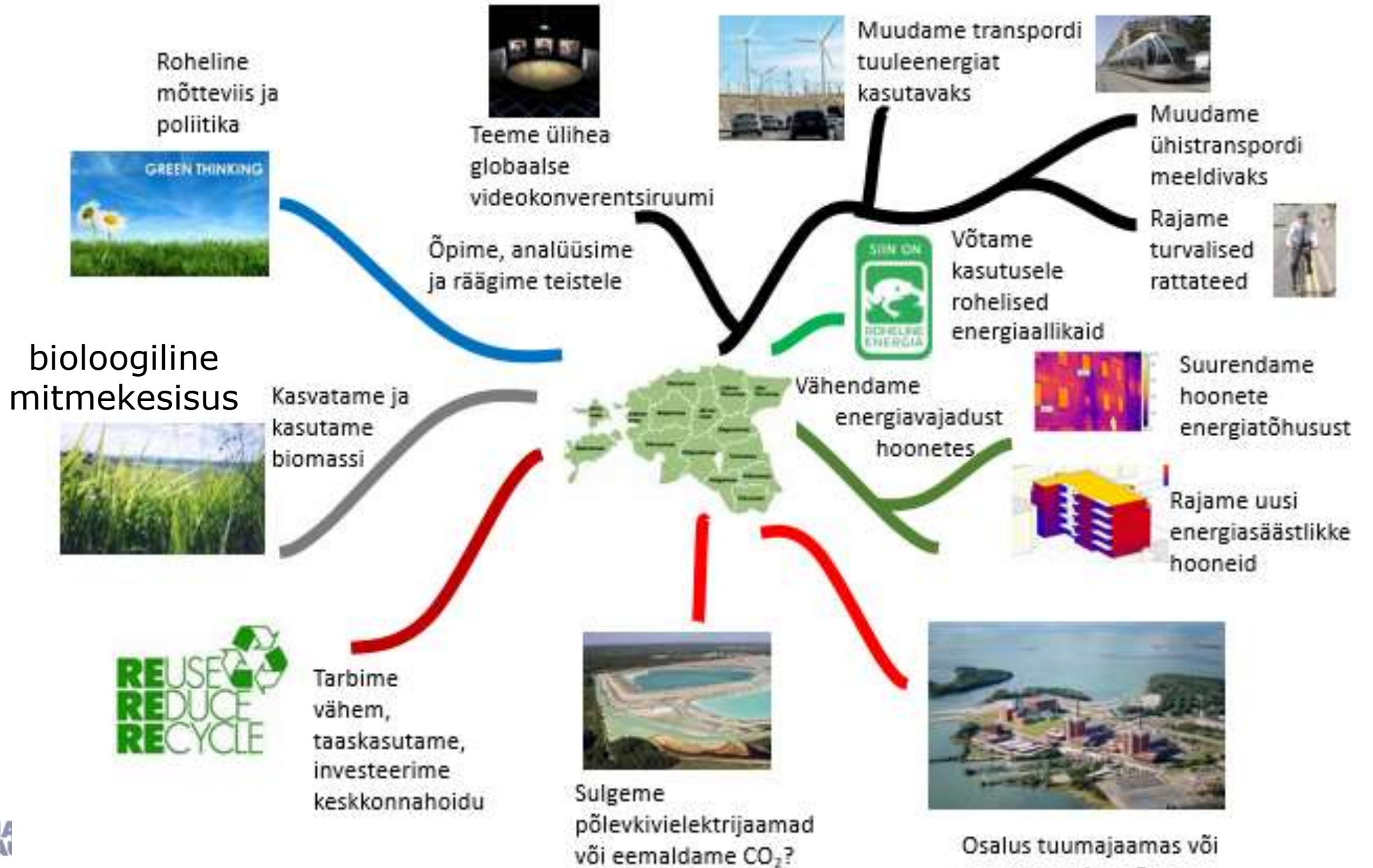
In clean energy transitions, IEA, May 2021; McKinsey analüüs

7. Mis sõltub Eestist ja igaühest meist? Kas peame tundma süümepiinu?

Igaüh
e
tasan
d



Riigi tase



TALTECHI ROHESTRATEEGIA

ARENDUSSUUNAD

1. Puhas, taskukohane ja varustuskindel energia
2. Ringmajandus
3. Energia- ja ressursitõhus ehitamine ja renoveerimine
4. Saastevaba keskkond ning transport
5. Tervislik ja keskkonnahoidlik toidusüsteem
6. Kliimaneutraalsed ja targad linnad ning mobiilsus
7. Rohepöörde majandusmudelid
8. Digi-rohetehnoloogiline kaksikpööre

ROHEOSKUSED ÕPPESSE

ÜLIKOOLILINNAK EESKUJULIKUKS

8. Ennustus, mis lähema 20 aasta jooksul maailmas toimuma hakkab

- Sõdadel ei ole täiel määral võitjaid ega kaotajaid, konfliktid jäävad vinduma
- Kliimakokkulepete realiseerimisel on raskused: arenenud riikides head taastuvenergeetika lahendused ei tule piisava kiirusega peale, arenevad riigid jätkavad fossiilsete kütuste kasutamist, ohus riigid nõuavad raha
- Hiina mõjuvõim üha suureneb, Venemaa jätkab mõjuvõimu saavutamist, sõjad ja sõjaolukorrad
- Pagulus – pürgimine heaoluriikidesse - järjest suureneb, kliimapagulus on alguses rohkem jutumärkides, aga muutub reaalsemaks
- Finantsmajanduses tekivad suured 'võnked', mida prognoosida ei oska
- Iga looduskatastroofi (välja arvatud maavärinad ja vulkaanipursked) seostatakse kliimamuutustega
- Noorema põlvkonna protestilained koguvad hoogu, tarbimiskäitumine muutub, aga aeglaselt
- Veel ei toimu ilmastikuga midagi sellist, mille tagajärg oleks nii suur, nagu COVIDi pandeemia puhul nägime, pigem riigid ja riikide liidud 'piidlevad' ja 'veenavad' üksteist omakasust lähtuvalt

8. Ennustus, mis lähema 20 aasta jooksul Eestis toimuma hakkab

- Üha rohkem hakatakse rääkima kliimamuutustega kohastumisest
- Peale paari jätkuvat ebaõnnestumist suudetakse arendada uusi taastuenergeetika võimsusi ja salvestussüsteeme; tuumajaam? 50-50
- Noored on targad ja uute ettevõtete sektor mängib riigi majanduses järjest suuremat rolli
- Sisepoliitiline ebastabiilsus jätkub, võimuliidud on ettearvamatud
- Nii üksikisikute kui organisatsioonide tasandil levib üha tugevamini keskkonnahoidlik mõtteviis
- Inimesed muutuvad energiavarustuse osas tundlikumateks ning mõtlevad rohkem hinnale ja tagavaravariantidele
- Nutivahendite ülekasutus muutub järjest tugevamaks terviseprobleemiks, ärevushäired suurenevad
- IT lahenduste energiatarve järjest kasvab
- Vaieldakse edasi ja vaidluste põhienergia kulub peamiselt väikestele teemadele

KOKKUVÕTE – MIDA TE TEGELIKULT JUBA AMMU TEATE

Majandus on inimese lõputute vajaduste ning lõplike keskkonnaressursside vahekorra väljendus.

Inimene ökosüsteemi mõttes on ainus loom, kelle isu süües järjest kasvab.

Kõht saab küll korraks täis, aga kirg muude mugavuste ja naudingute järele on lõpmatu.

Selle juurde käib ka osade inimeste kirg omada ülemvõimu teiste inimeste üle. Kambatunne suurendab võimuahnust.

Olukord võib muutuda siis, kui kõigil tekib ühine väga suur häda. Siis kutsutakse teadlaseid appi.



**TAL
TECH**

AITÄH
KUULAMAST!

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

Tel 620 2002 (E-R 8.30–17.00)

taltech.ee