

Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00



Maapallon energiavarat
Tkt Tuomo Suntola

Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

Maapallon energiavarat

Tkt Tuomo Suntola

1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehtot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

Maapallon energiavarat

Tkt Tuomo Suntola

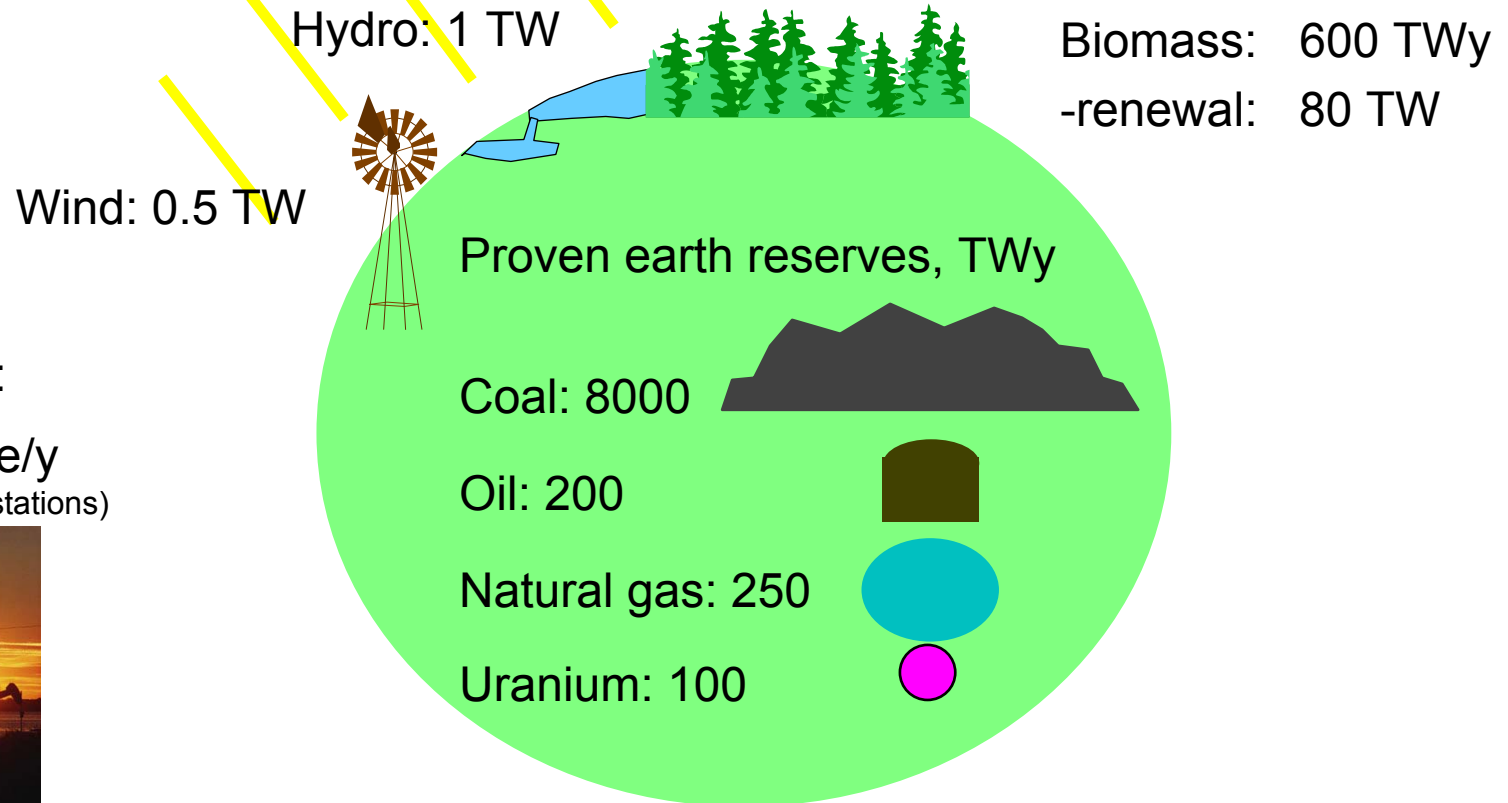
1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehdot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

Global energy sources and reserves

Annual solar insolation:

100 000 TW = 80 000 Gtoe/y

(=> 100 million nuclear power stations)



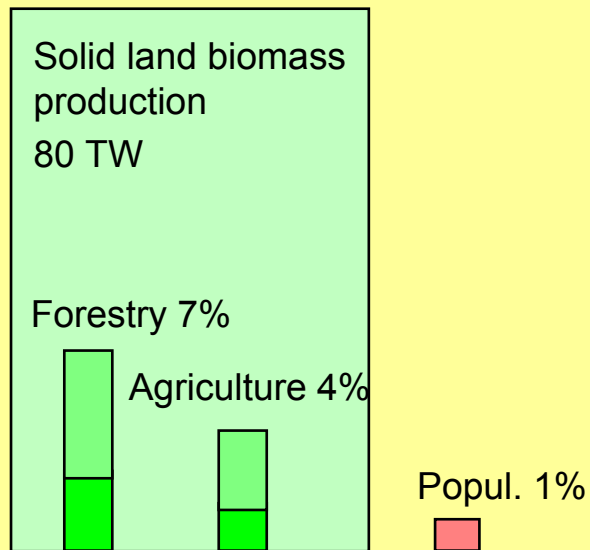
Energy production:

15 Twy/y = 12 Gtoe/y

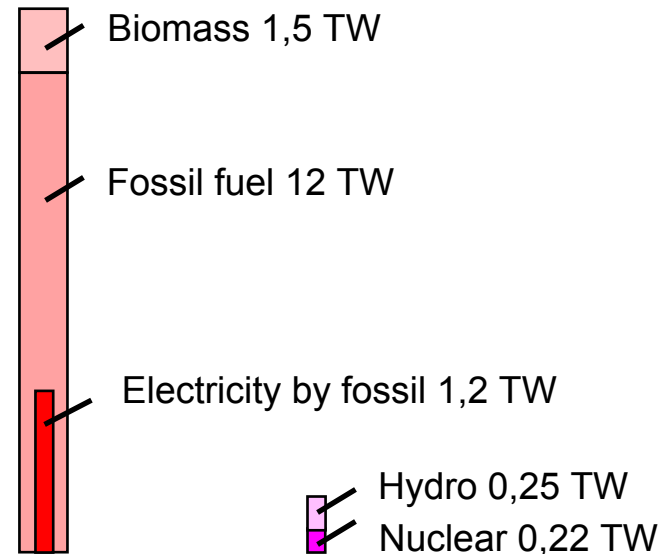
(=> 15000 x 1 GW power stations)



Global energy balances



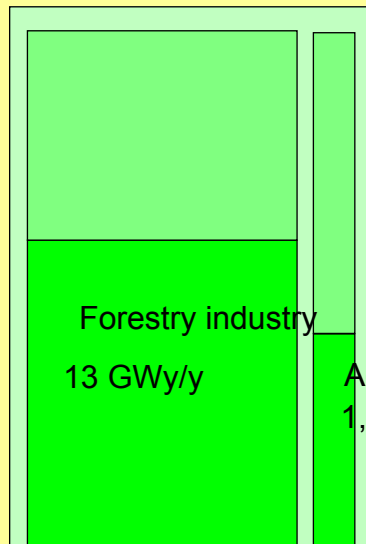
Solid land biomass production:
0,1 % of solar insolation



Energy production:
0,01 % of solar insolation

Energy balances in Finland

Biomass production
28 GWy/y

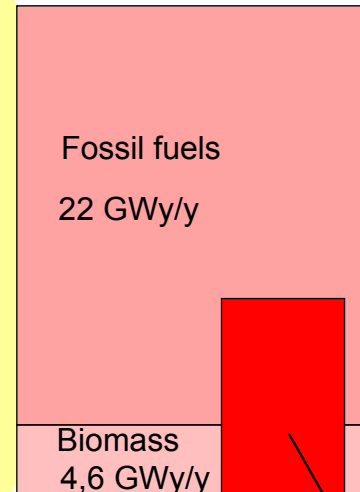


Agriculture
1,6 GWy/y

Population
0,5 GWy/y

Solid land biomass production:
0,1 % of solar insolation

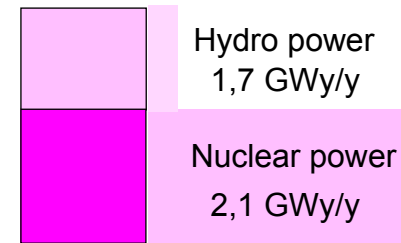
Energy production
35,4 GWy/y



Fossil fuels
22 GWy/y

Biomass
4,6 GWy/y

Combustion based electricity 3,1 GWy/y



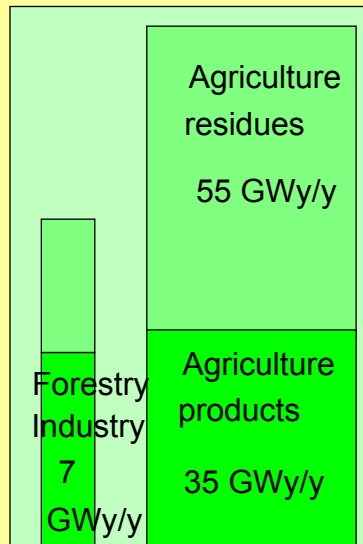
Hydro power
1,7 GWy/y

Nuclear power
2,1 GWy/y

Energy production:
0,15 % of solar insolation

Energy balances in France

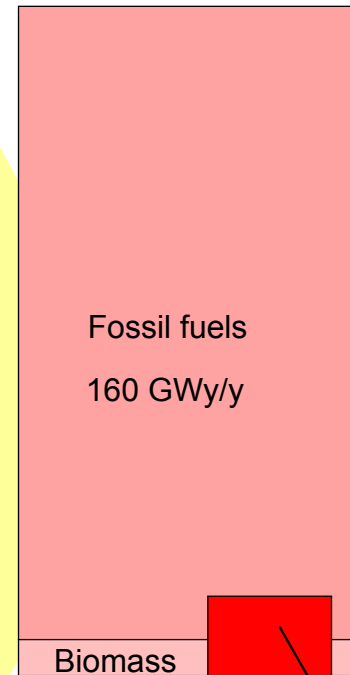
Biomass production
120 GWy/y



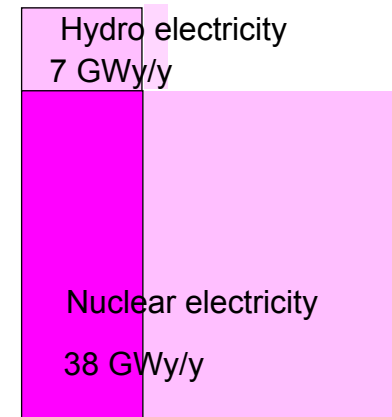
Population
5 GWy/y

Solid land biomass production:
 $120 \text{ GWy/y} = 0,2 \% \text{ of solar insolation}$

Energy production 280 GWy/y



Combustion based electricity 7 GWy/y



Energy production:
 $280 \text{ Gwy/y} = 0,45 \% \text{ of solar insolation}$

Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

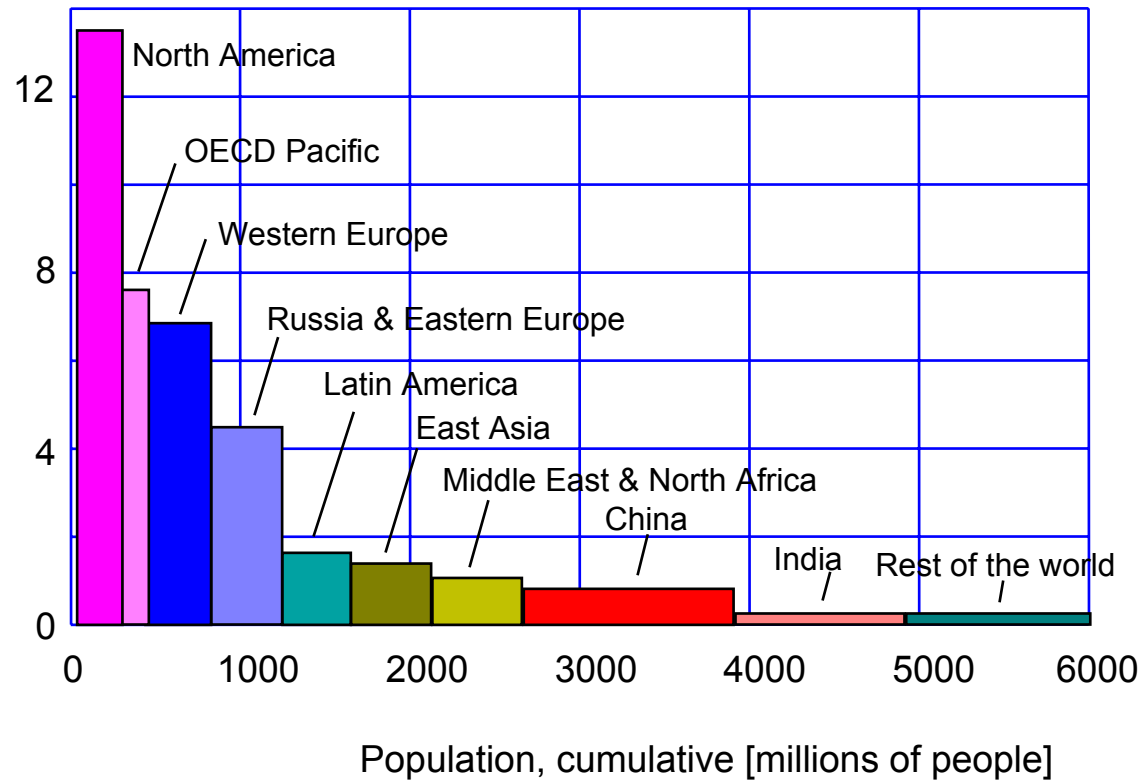
Maapallon energiavarat

Tkt Tuomo Suntola

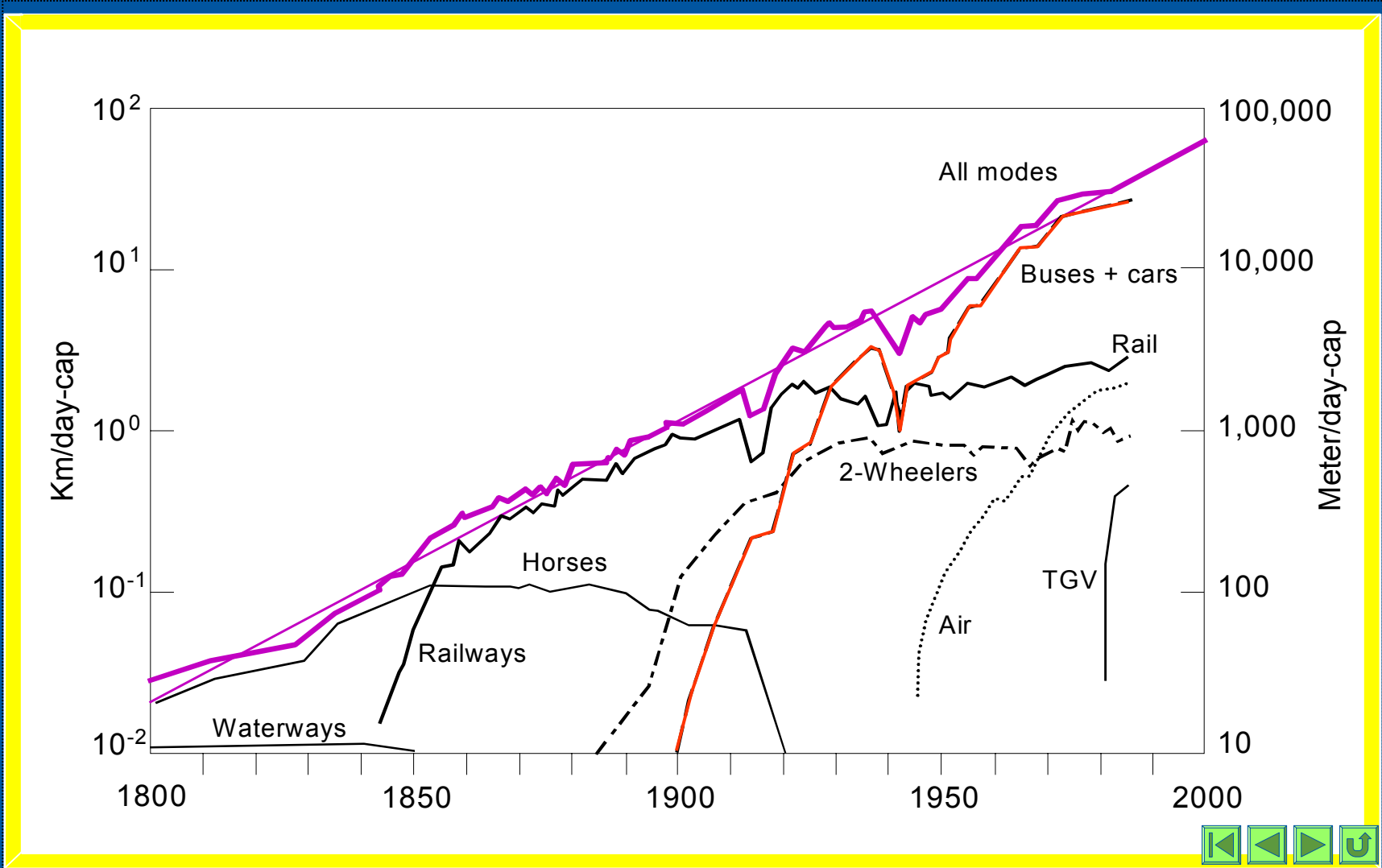
1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehdot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

World Electricity Demand by Regions

Consumption of electricity
MWh / year / capita



France – Mobility by Travel Mode (passenger-kilometers per day per person)

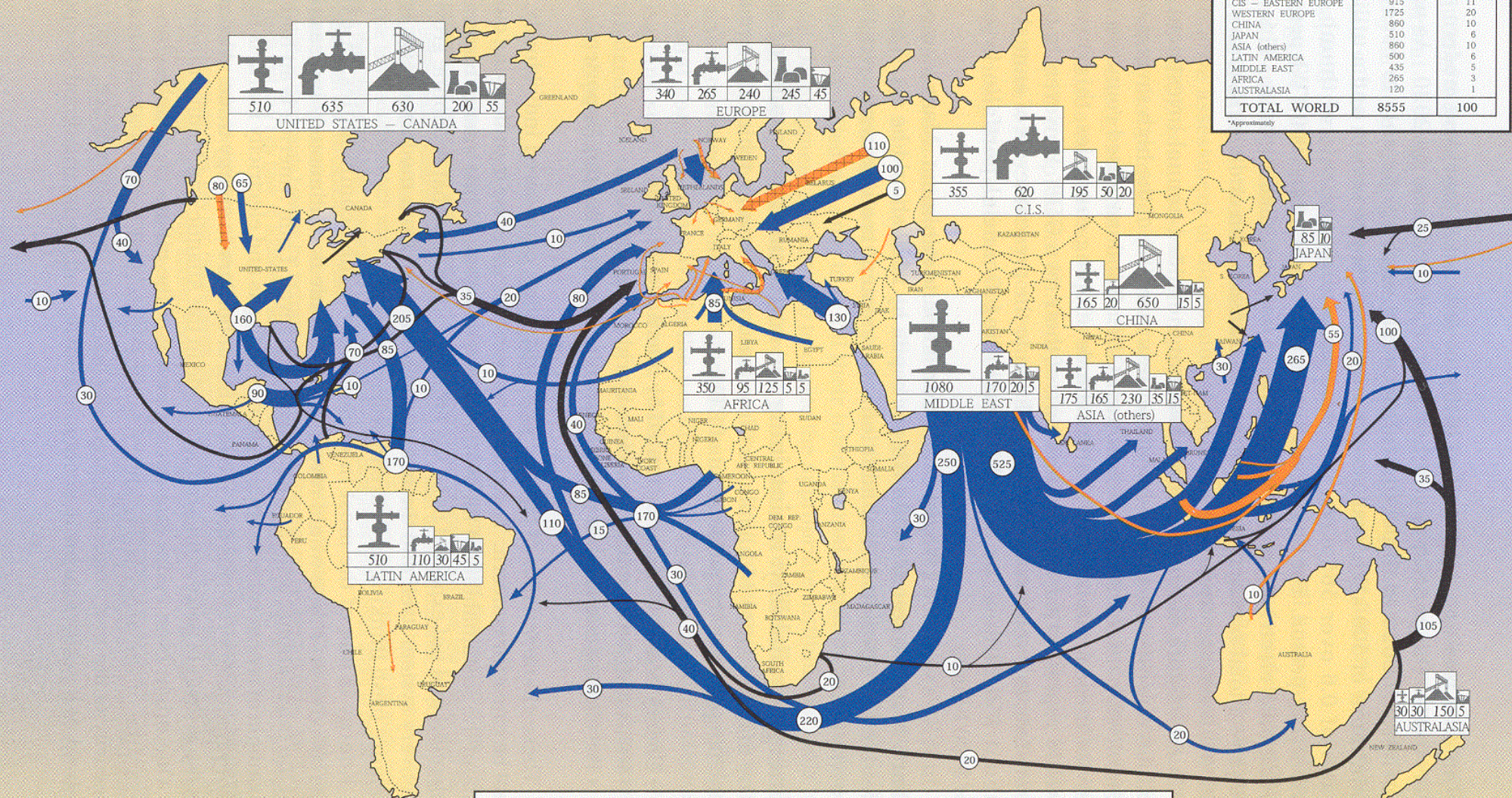


ENERGY WORLDWIDE IN 1998

PRIMARY ENERGY CONSUMPTION*

Areas	Consumption (Million tonnes oil equivalent)	Share (%)
UNITED STATES - CANADA	2365	28
CIS - EASTERN EUROPE	915	11
WESTERN EUROPE	1725	20
CHINA	860	10
JAPAN	510	6
ASIA (others)	860	10
LATIN AMERICA	500	6
MIDDLE EAST	435	5
AFRICA	265	3
AUSTRALASIA	120	1
TOTAL WORLD	8555	100

*Approximately



PRIMARY ENERGY PRODUCTION

(Million tonnes oil equivalent)



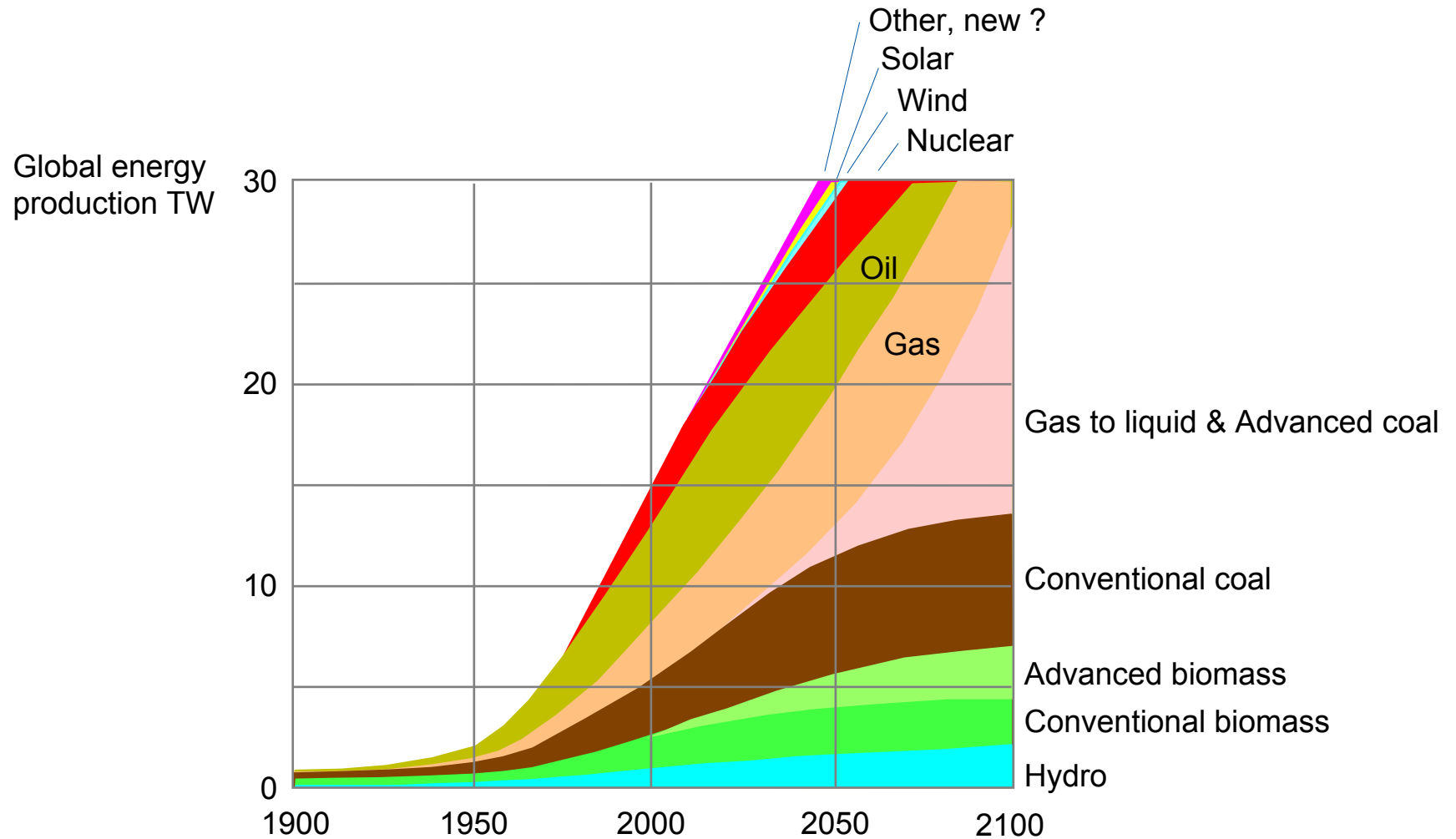
*1000 kWh = 0.26 toe for nuclear production
**1000 kWh = 0.086 toe for hydroelectricity

TRADE FLOWS WORLDWIDE

Petroleum →
Natural gas →
Coal →

Gas line →
Liquefied natural gas →

Primary energy scenario for 1900 - 2050



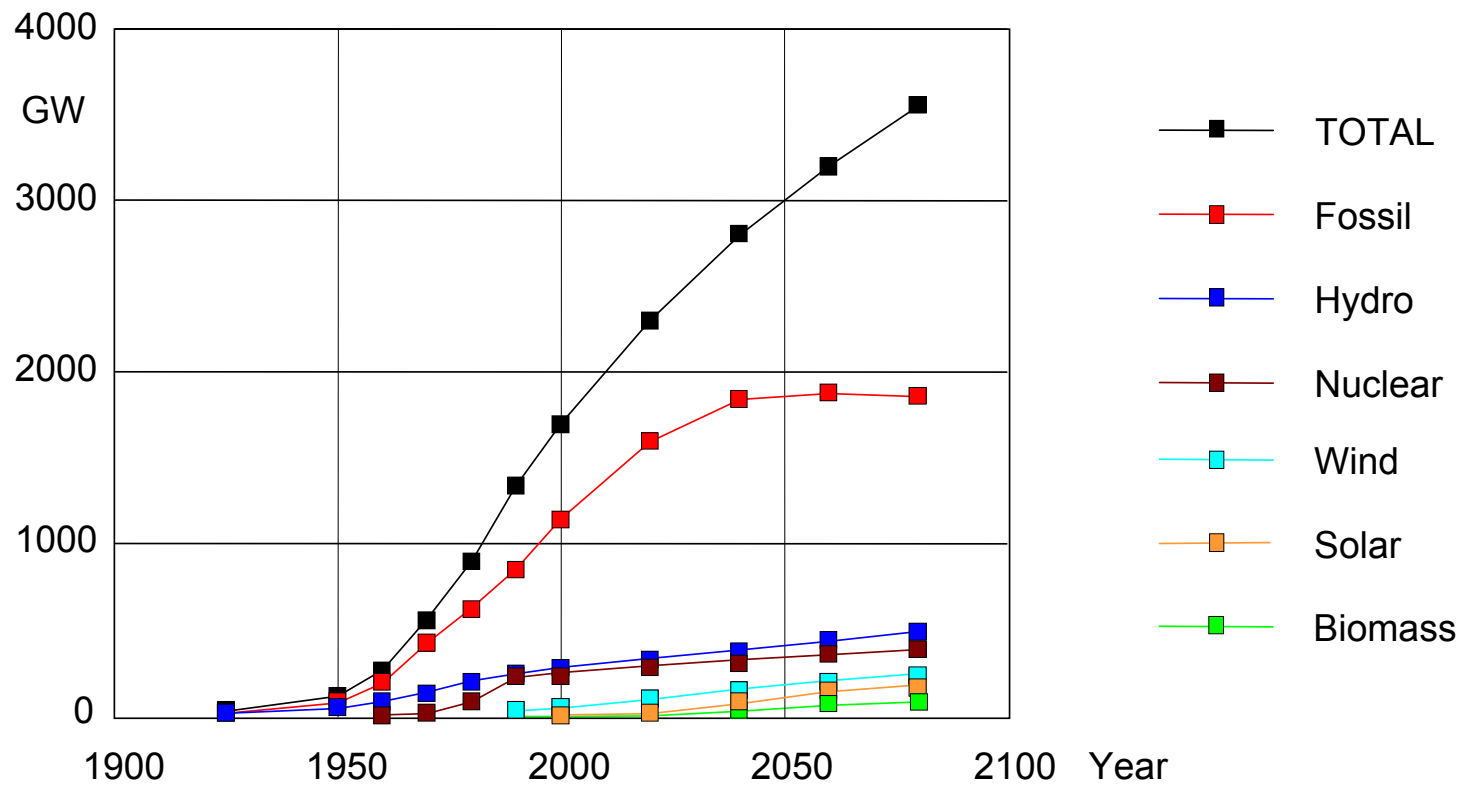
Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

Maapallon energiavarat

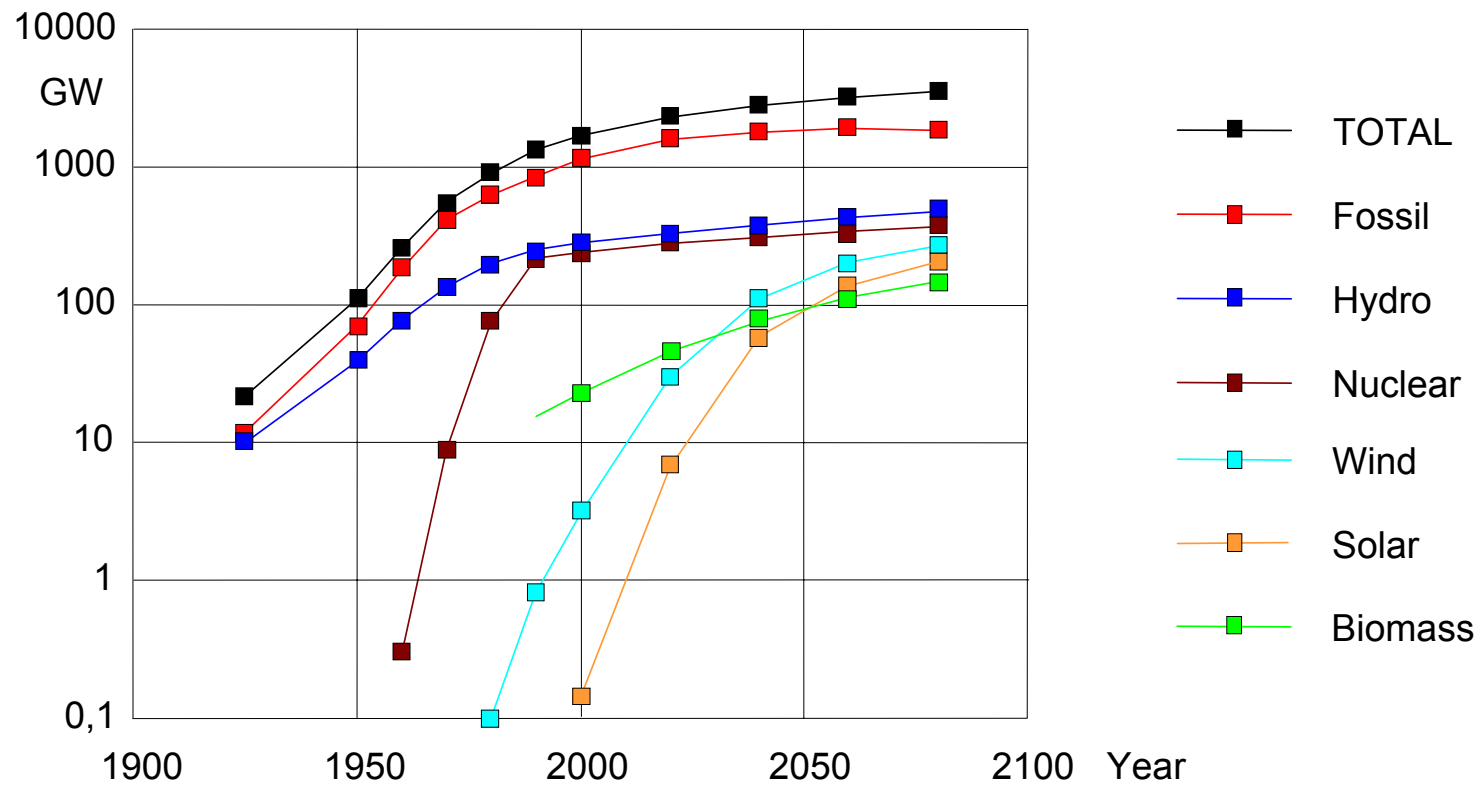
Tkt Tuomo Suntola

1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehdot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

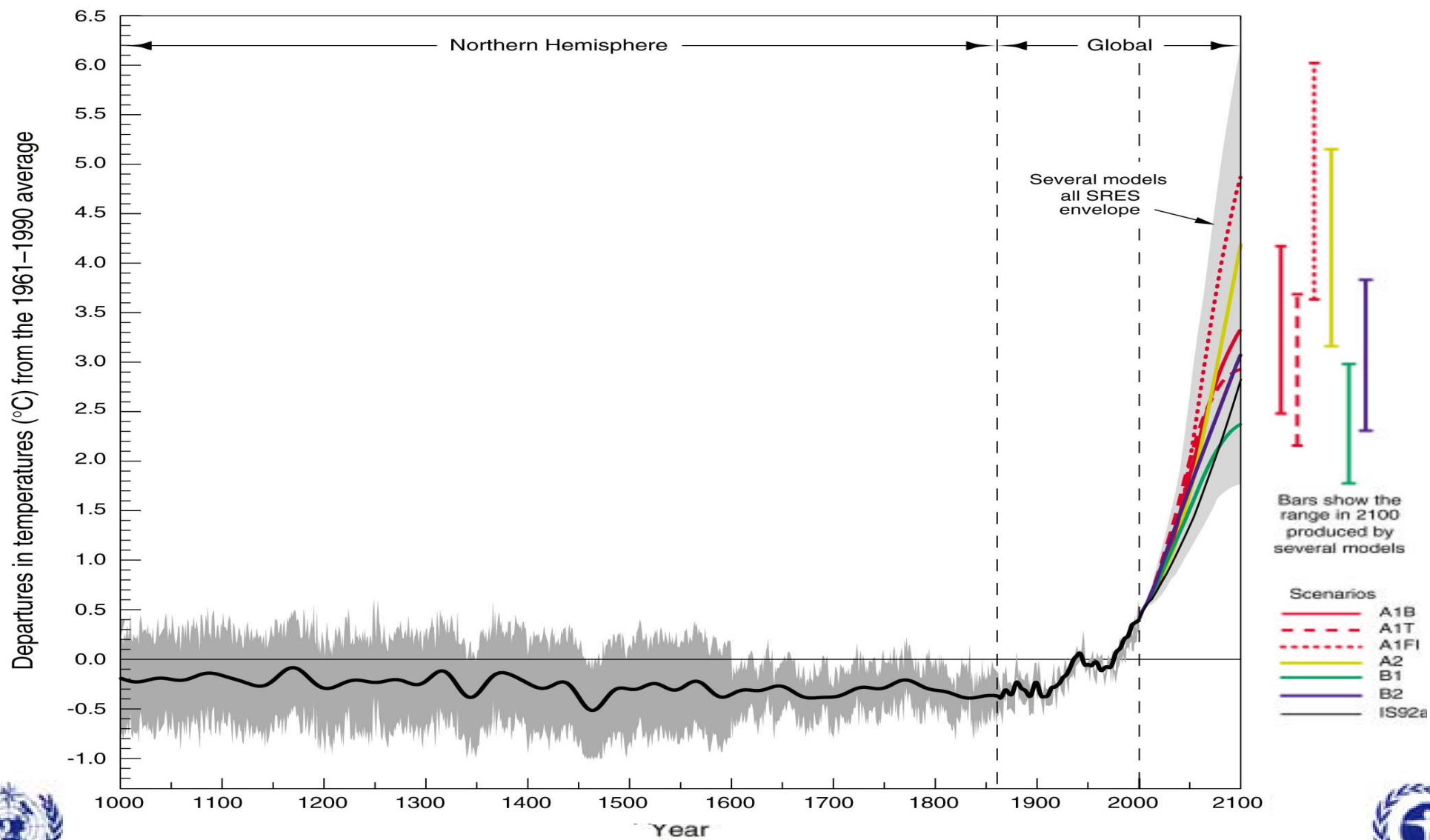
Global production of electricity 1900 - 2100



Global production of electricity 1900 - 2100



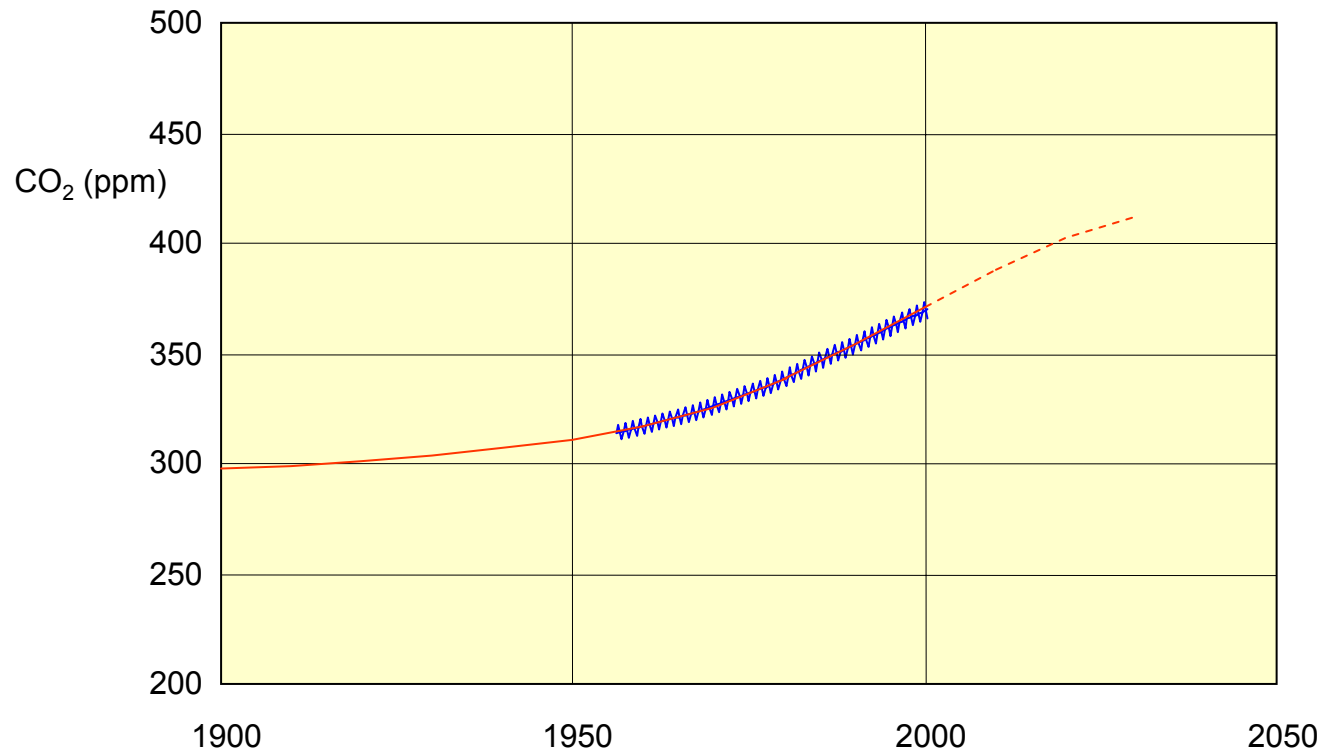
Global Mean Temperature Change



T. Suntola



Mauna Loa measurement on atmospheric CO₂ content



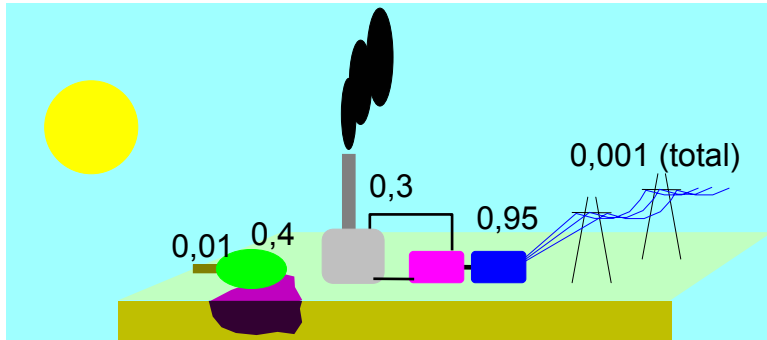
Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

Maapallon energiavarat

Tkt Tuomo Suntola

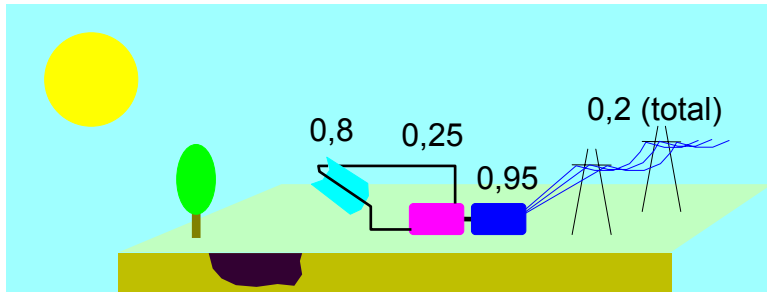
1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehdot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

Alternatives for solar insolation to electricity conversion



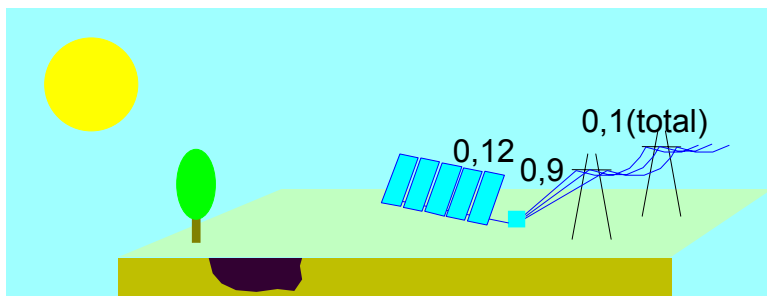
Biomass / fossil fuels

Sun - biomass - (fossil fuels) - combustion - turbine - generator - power grid



Solar thermal

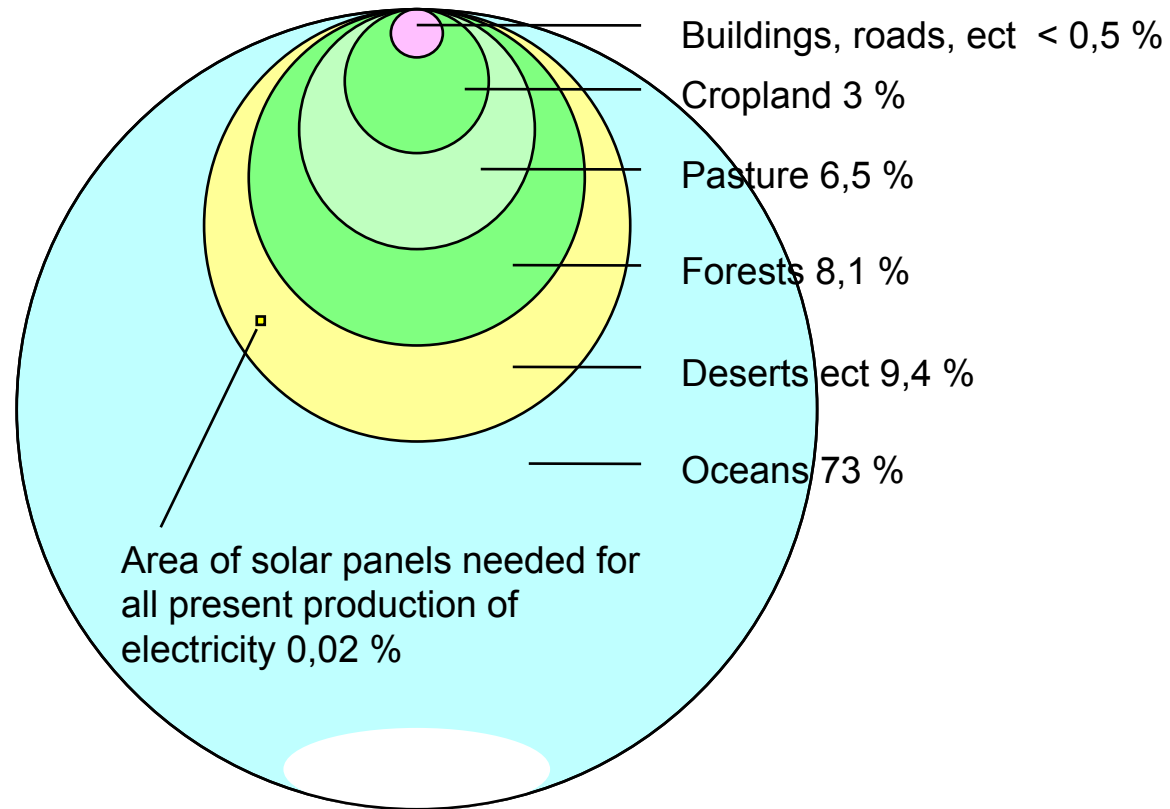
Sun - heat collector - turbine - generator - power grid



Photovoltaic

Sun - solar panels - inverter - power grid

Distribution of the earth area



Luonnonfilosofian seura
Tieteiden talo 2.10.2003 klo 18.00

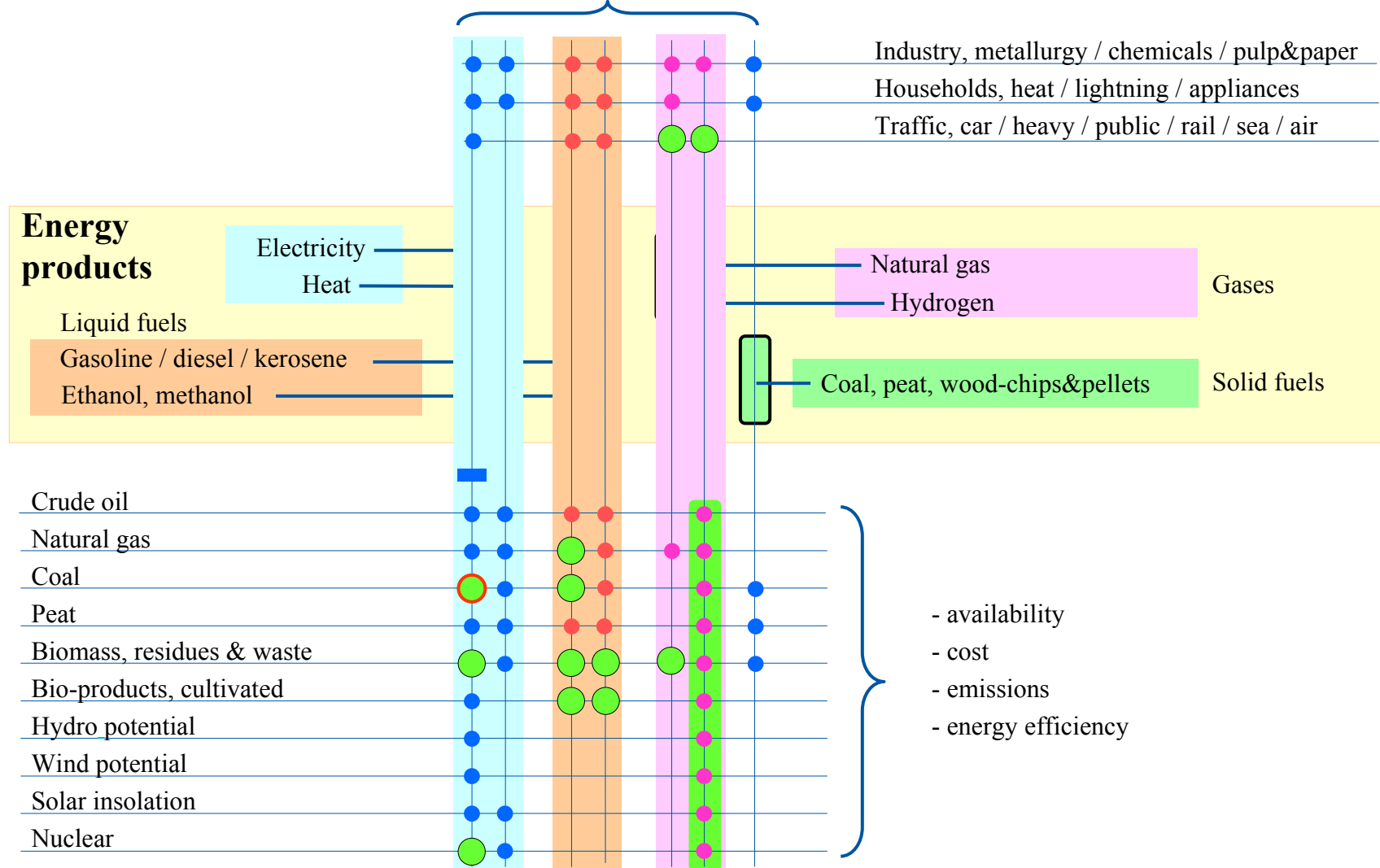
Maapallon energiavarat

Tkt Tuomo Suntola

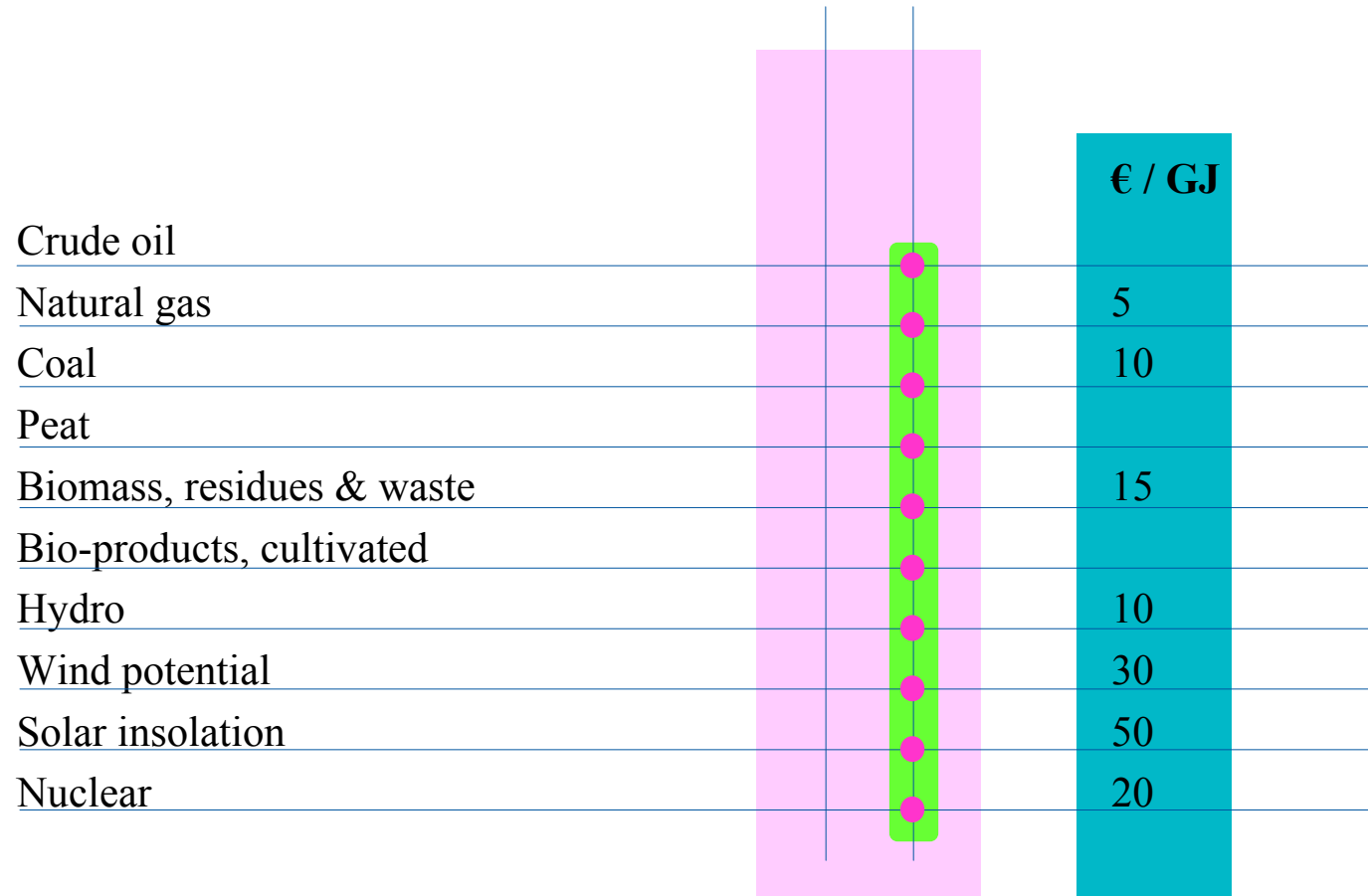
1. Energiavarastojen inventaario, luonnon energiavirrat ja tuotettu energia
2. Energian käytön jakautuminen, saatavuus ja tuotantotarpeet
3. Sähkön tuotannon reaalivaihtoehtot, ilmastouhat
4. Auringon energian hyödyntämismvaihtoehtoja
5. Energian tie primäärilähteestä käyttökohteeseen, vetyteknologia
6. Hiilen kierto maapallon ekosysteemeissä

Energy products: from source to end-user

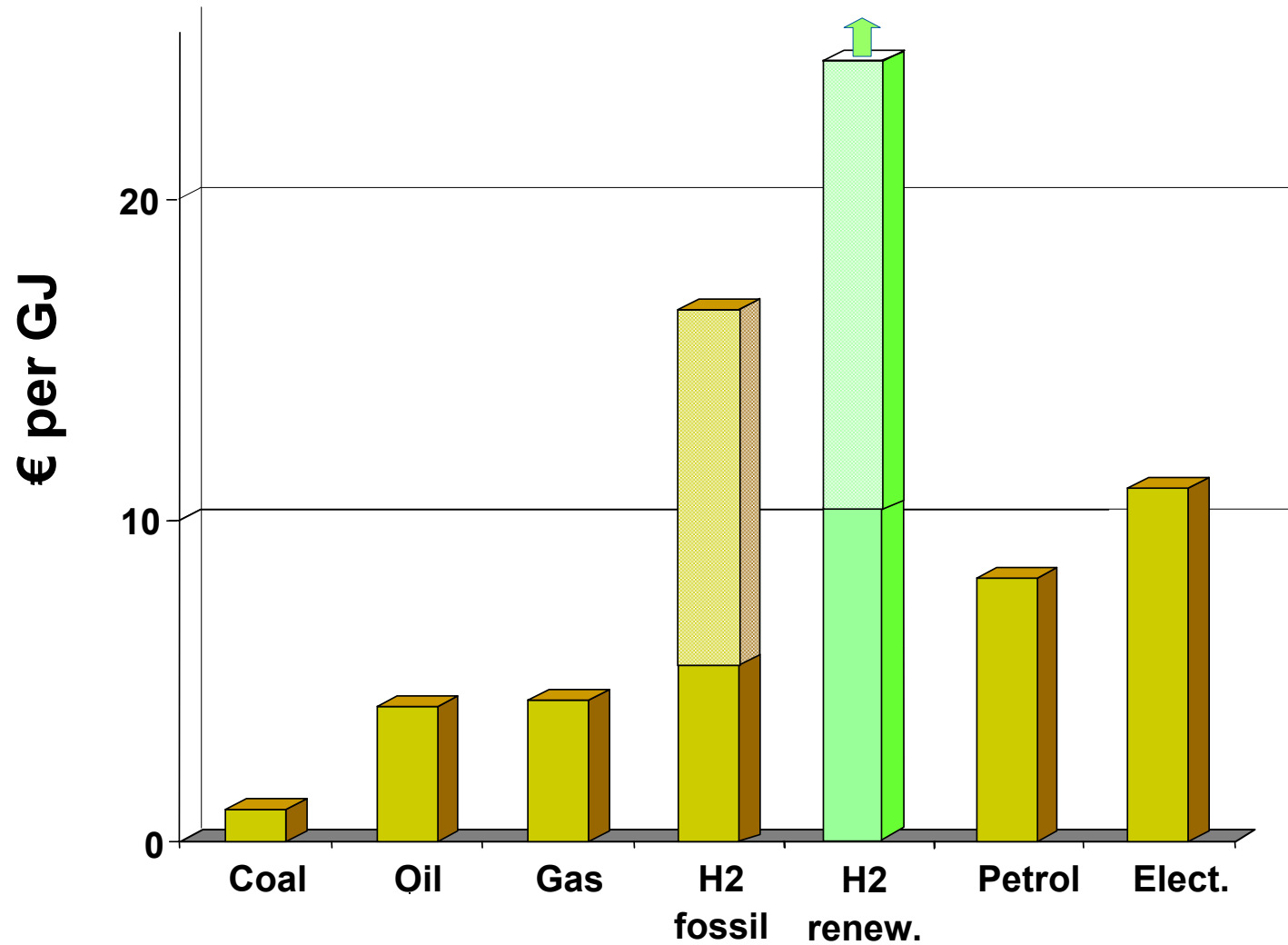
- Availability, convenience, cost, emissions, energy efficiency



Hydrogen production



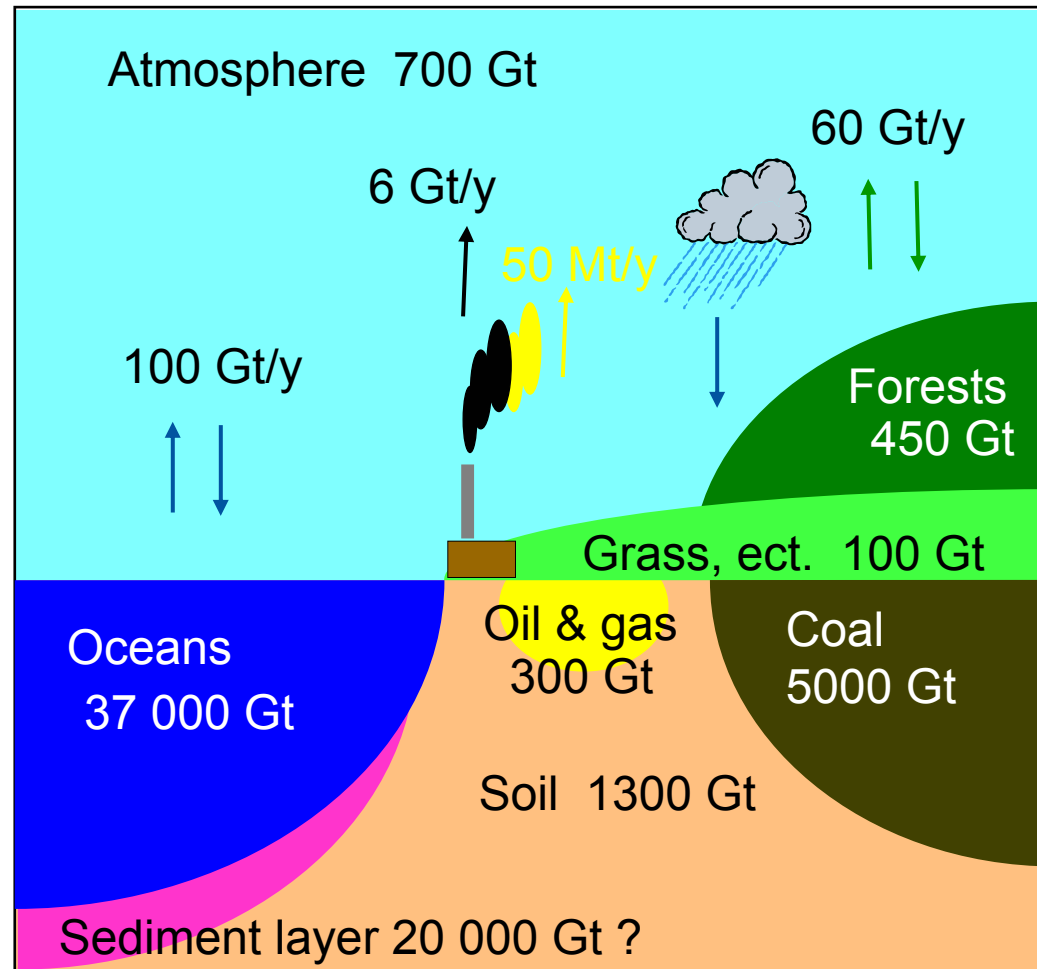
Energy cost comparison



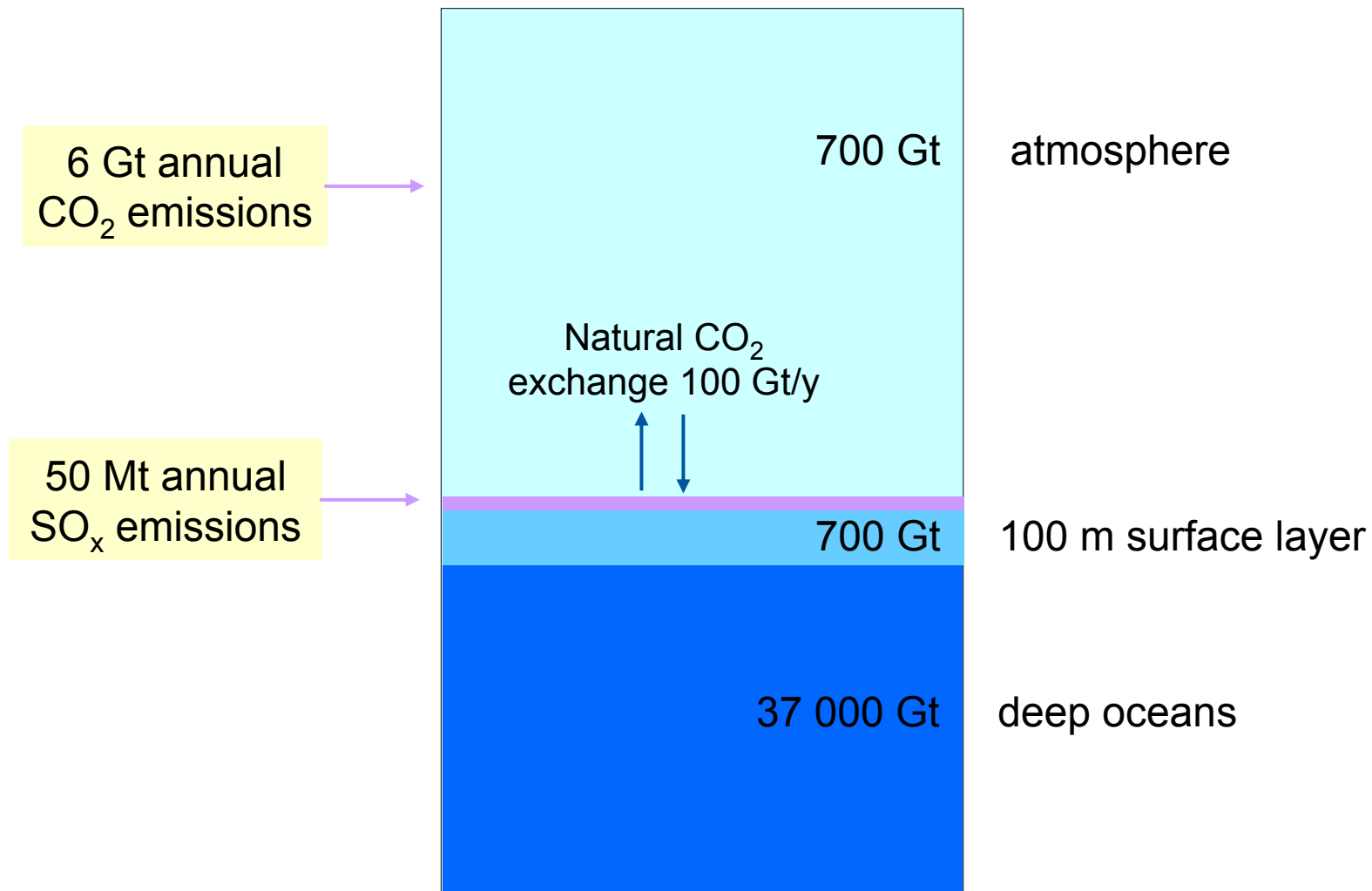
Combustion energies of selected substances

		mol.w.	kJ/mol	kJ/g=GJ/ton	toe / ton	MWh / ton
Hydrogen	H ₂	2	285,8	142,90	3,52	39,69
Methane	CH ₄	16	890,8	55,68	1,37	15,46
Carbon	C	12	393,5	32,79	0,81	9,11
Methanol	CH ₃ OH	32	726,1	22,69	0,56	6,30
Carbon monoxide	CO	28	283,0	10,11	0,25	2,81
toe				40,61		11,28

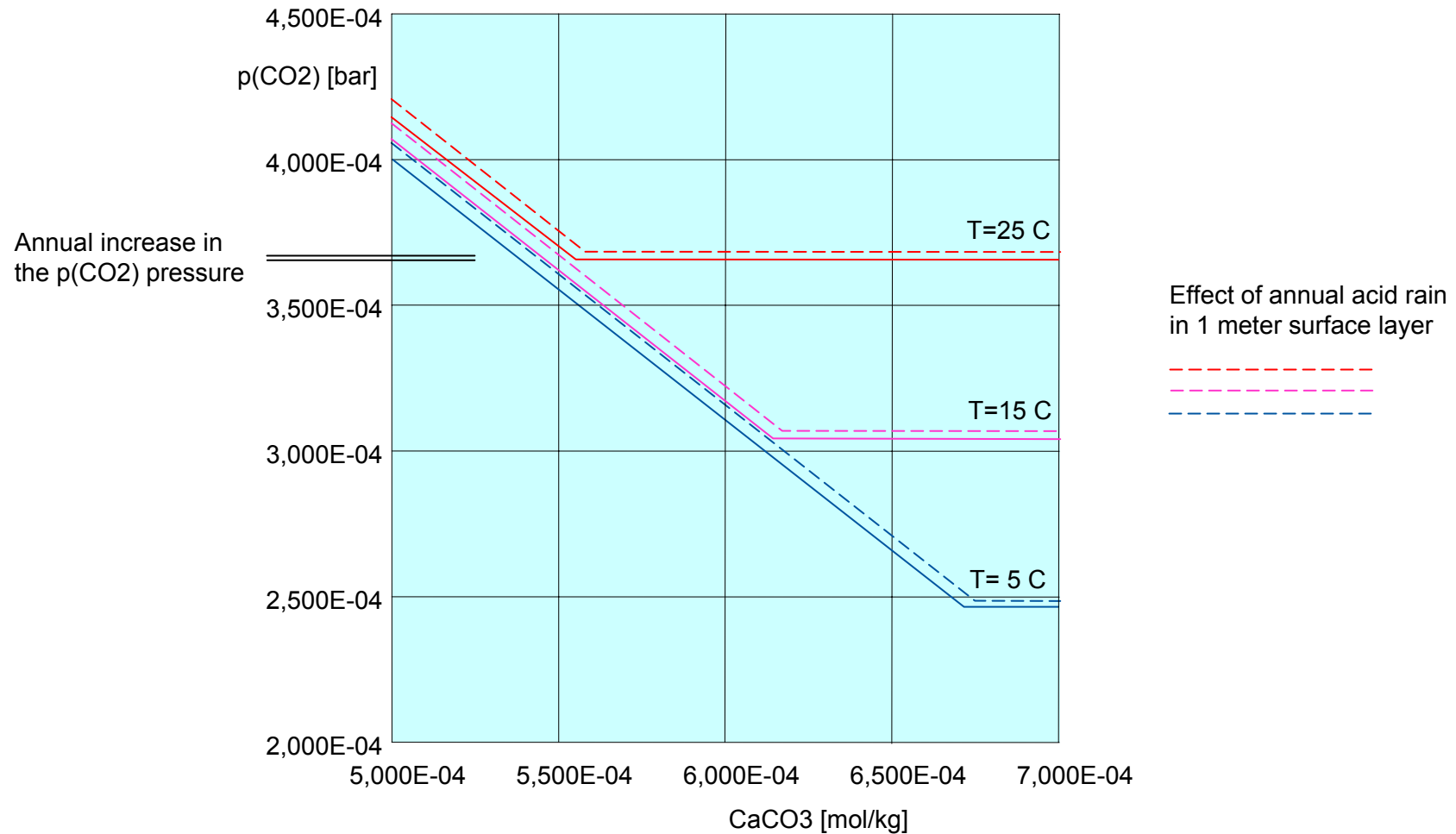
Carbon circulation in nature



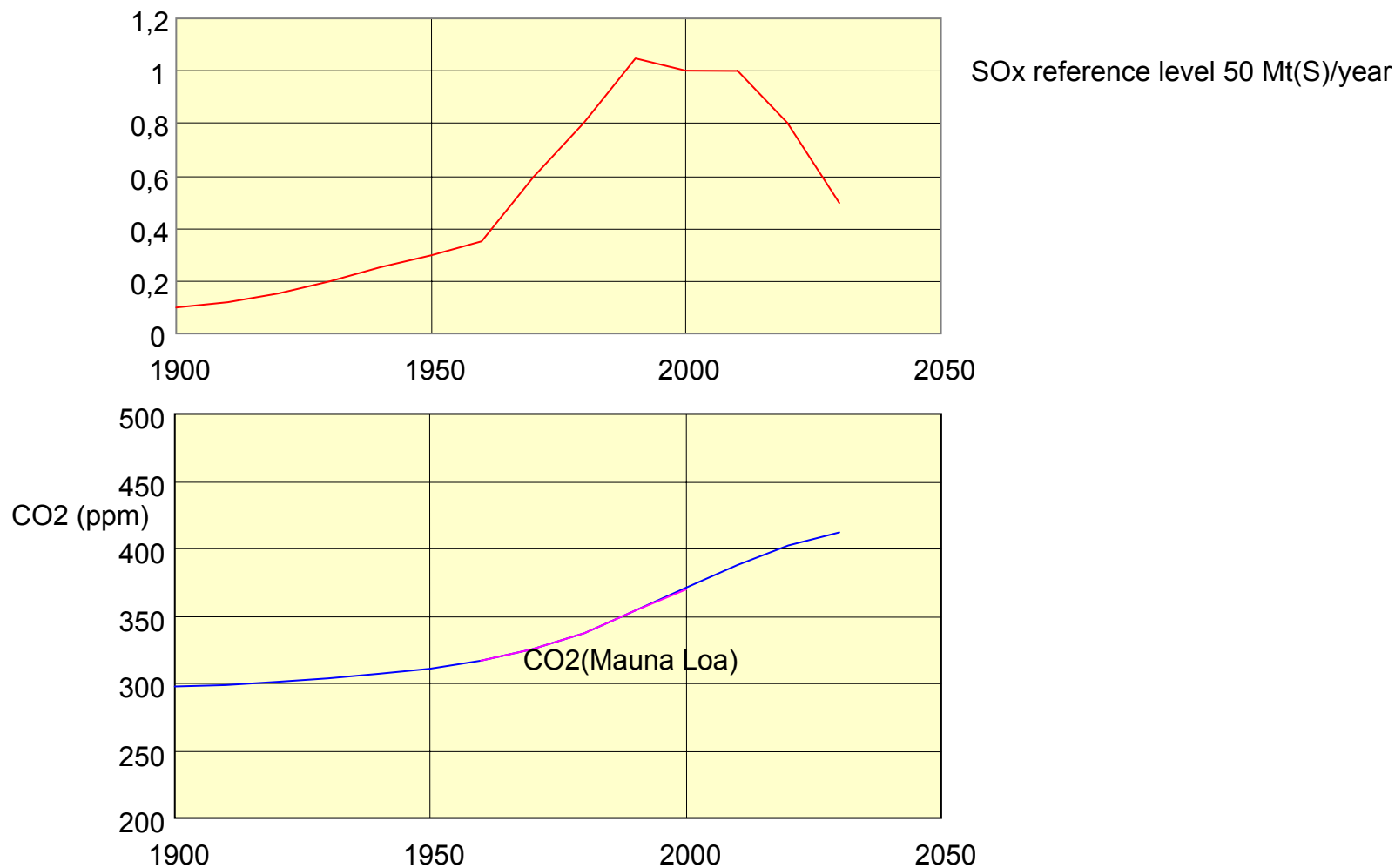
Carbon distribution in atmosphere and oceans



Equilibrium between CO₂ pressure and ocean at different temperatures



Effect of SO_x emissions on atmospheric CO₂ equilibrium



Global Warming & Climate Change

“The average global temperature is rising sharply due to increasing concentrations of greenhouse gases (GHGs) in the atmosphere. This rise in temperature is creating change in the world's climate which will have enormous consequences for people and the planet.”

“Humans are contributing to the greenhouse effect by emitting greenhouse gases (GHGs) that trap energy and warm the atmosphere. Most of the emissions come from burning fossil fuels such as coal, oil and gasoline.”

<http://www.agores.org/General/Climatehome.htm>

Global Warming & Climate Change

.... OR

The average global temperature is rising sharply due to increasing concentrations of greenhouse gases (GHGs) in the atmosphere.

“Humans are contributing to the greenhouse effect by disturbing the balance of carbon dioxide between the atmosphere, soil and waters.”

TS