

Zdroje energie

Zdeněk Bochníček

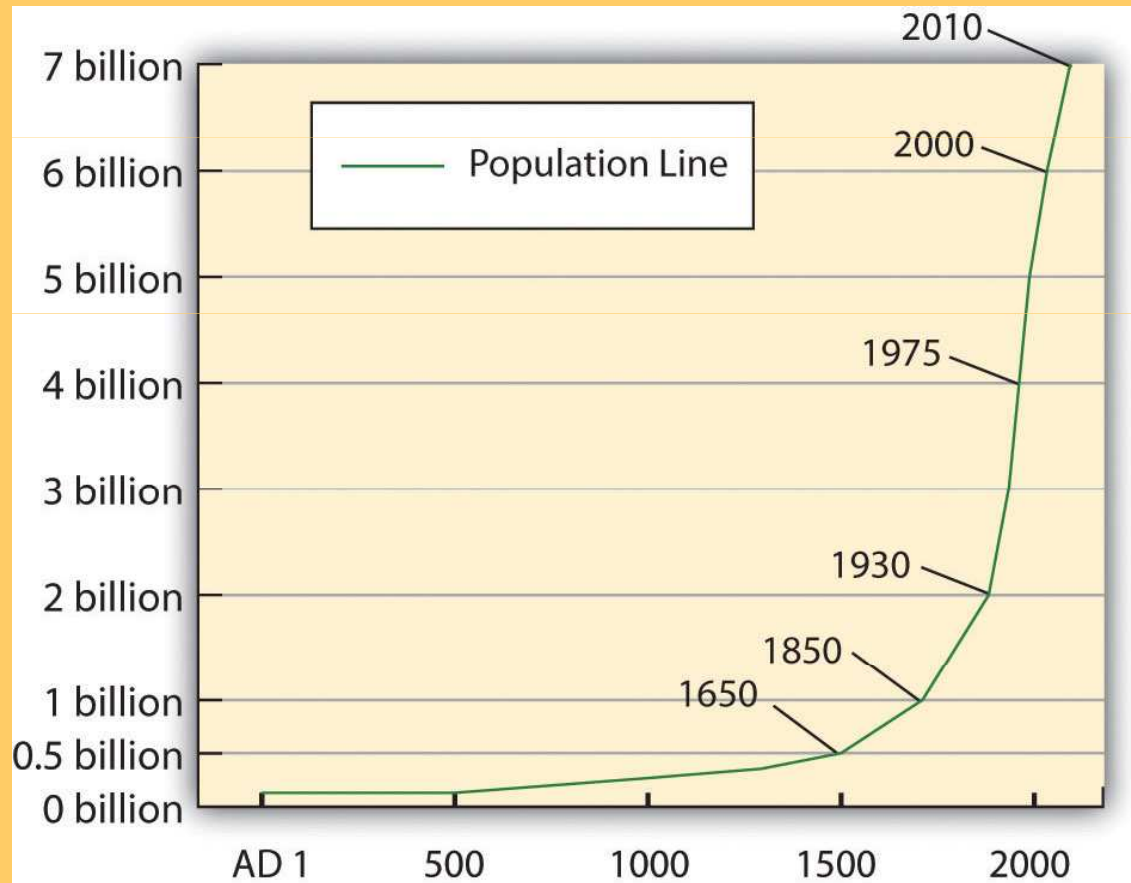
[Energetická abeceda pro začátečníky](#)

Rozvoj civilizace je spojen s růstem spotřeby energie

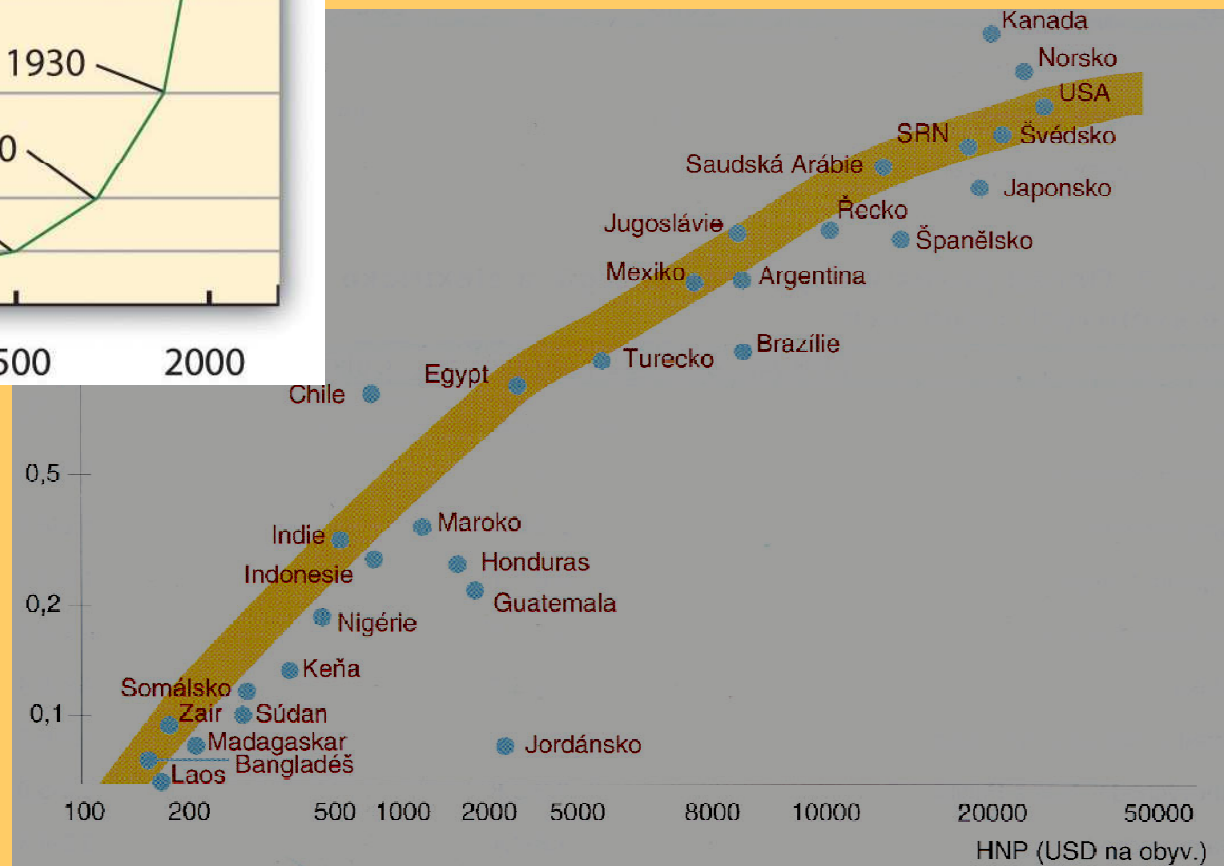
za posledních 300 let se zvýšila spotřeba energie lidstva 200krát

- růst počtu obyvatel
- růst spotřeby na obyvatele

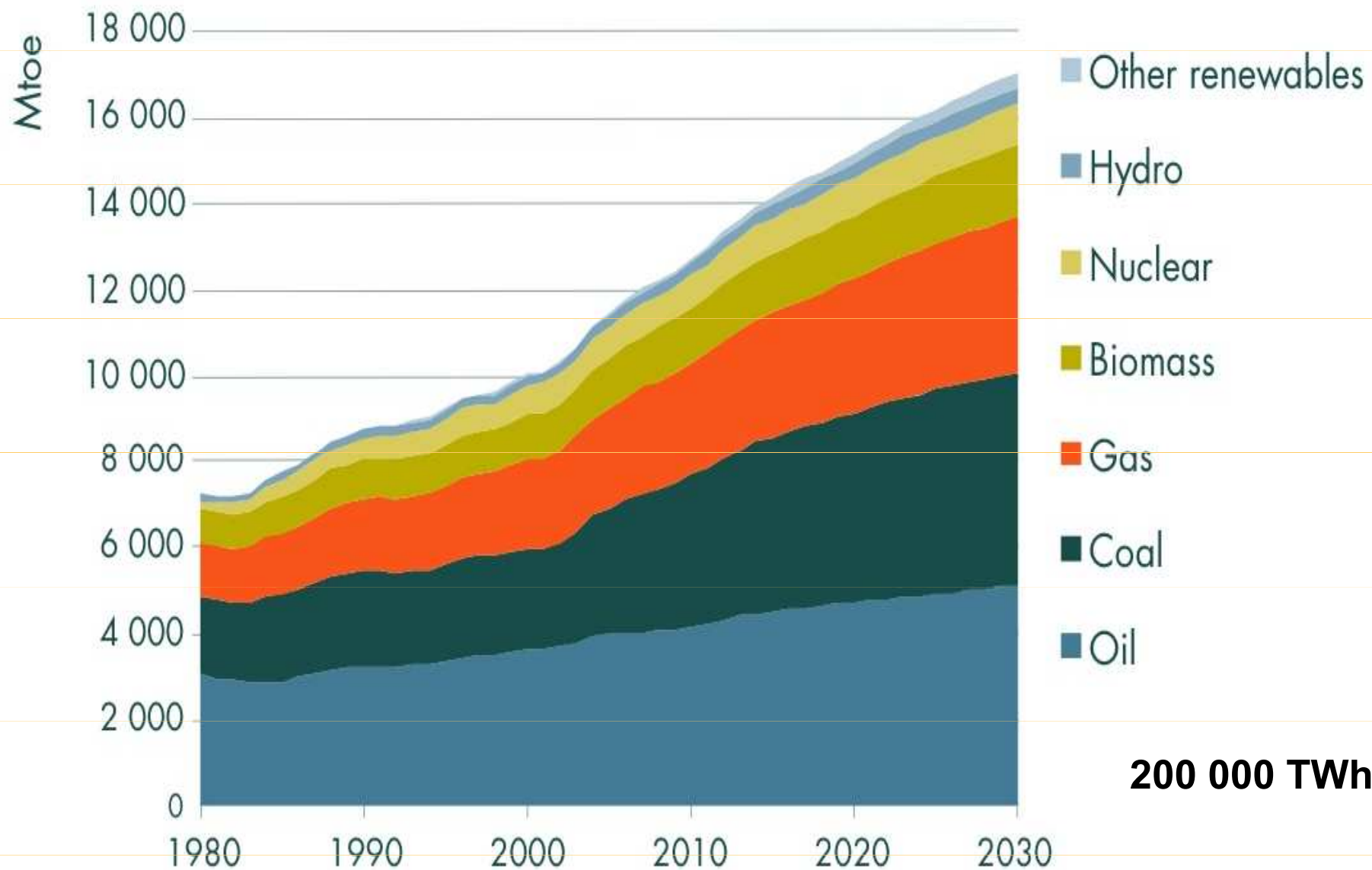
Růst světové populace

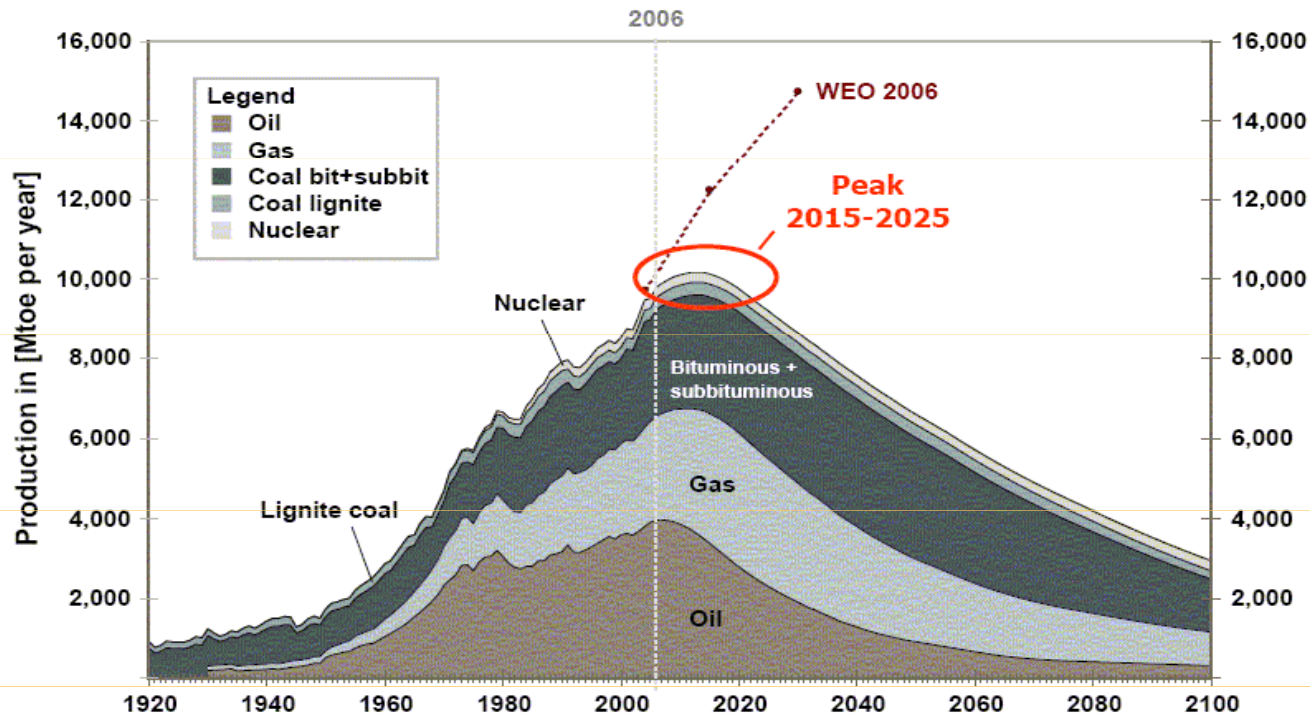


Spotřeba energie na hlavu



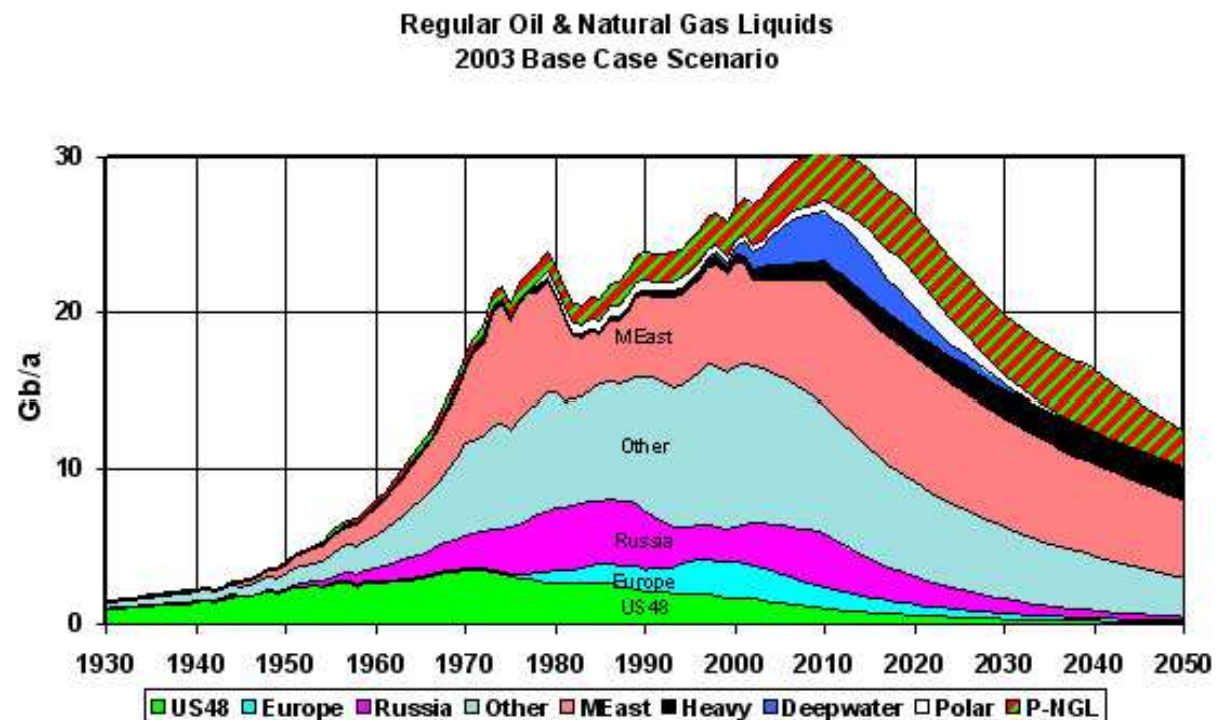
Prognóza 1



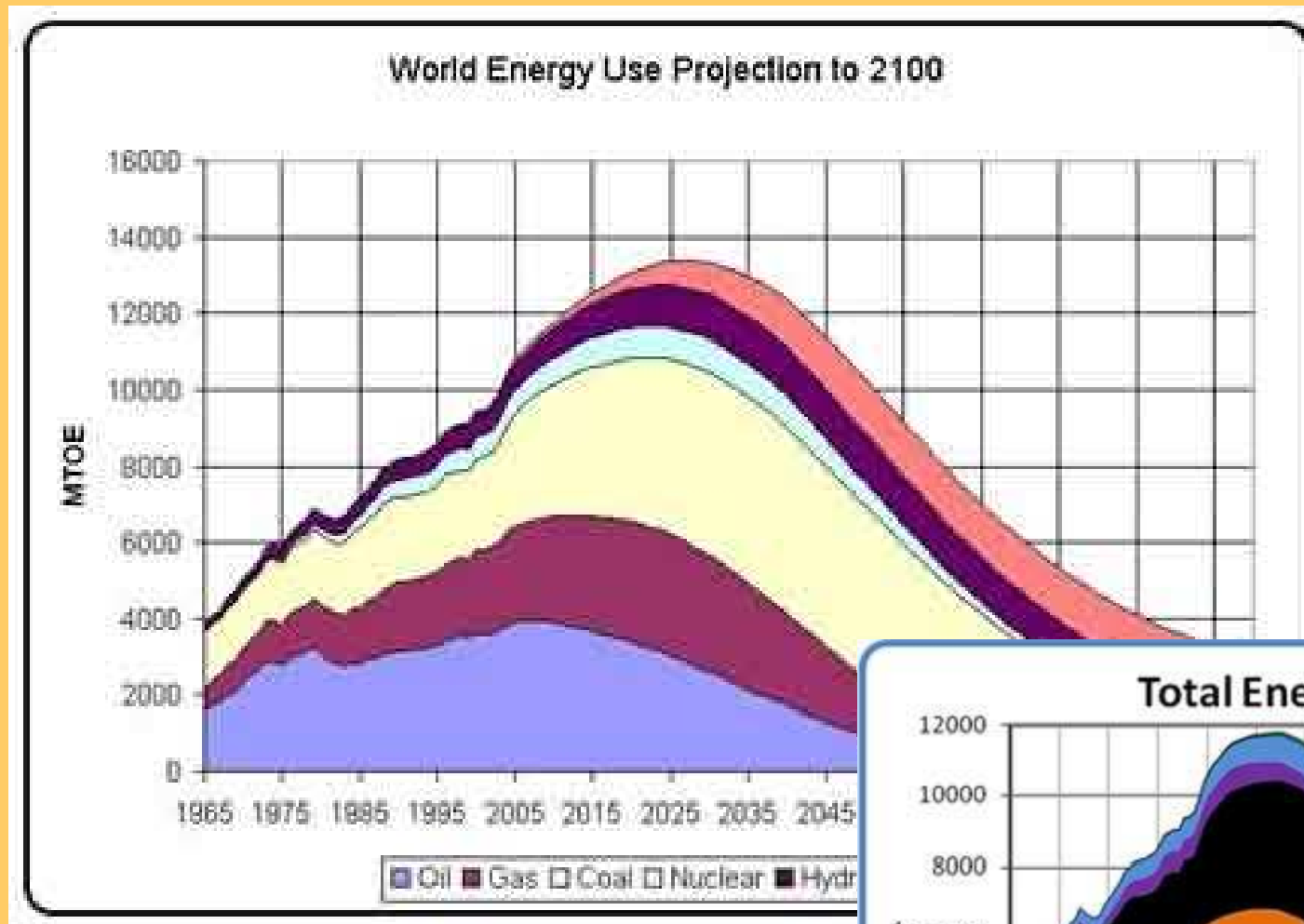


Prognóza 2

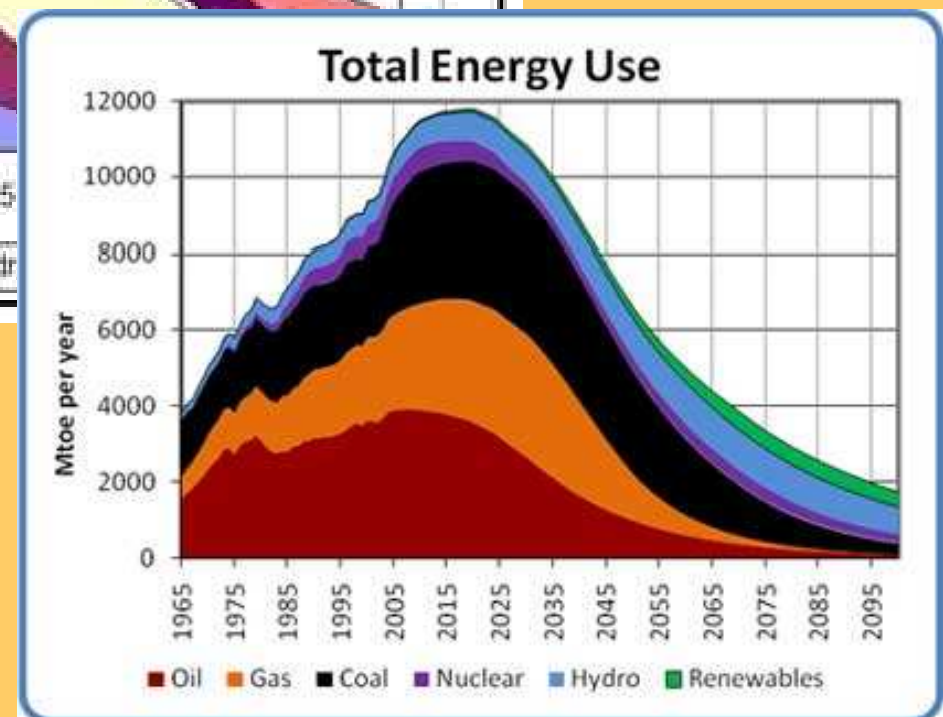
Prognóza 3



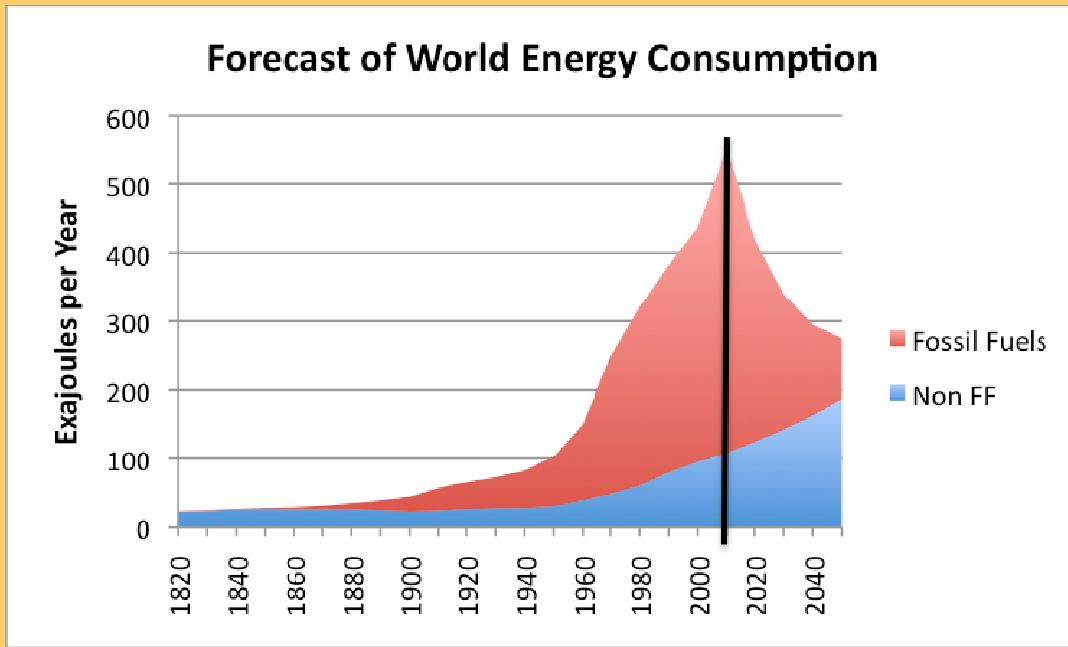
Prognóza 4



Prognóza 5

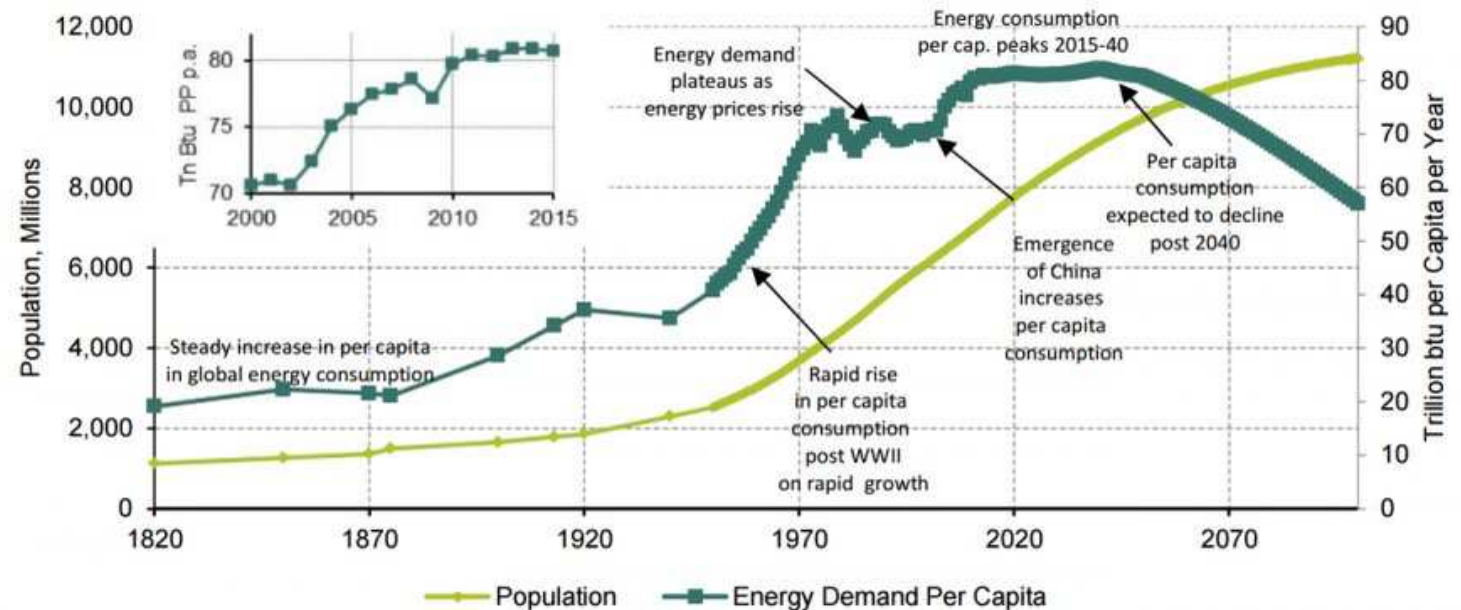


Prognóza 6



Prognóza 7

EXHIBIT 10: Global Energy Consumption Per Capita Has Peaked. We Expect To See Per Capita Energy Consumption Decline Post 2040



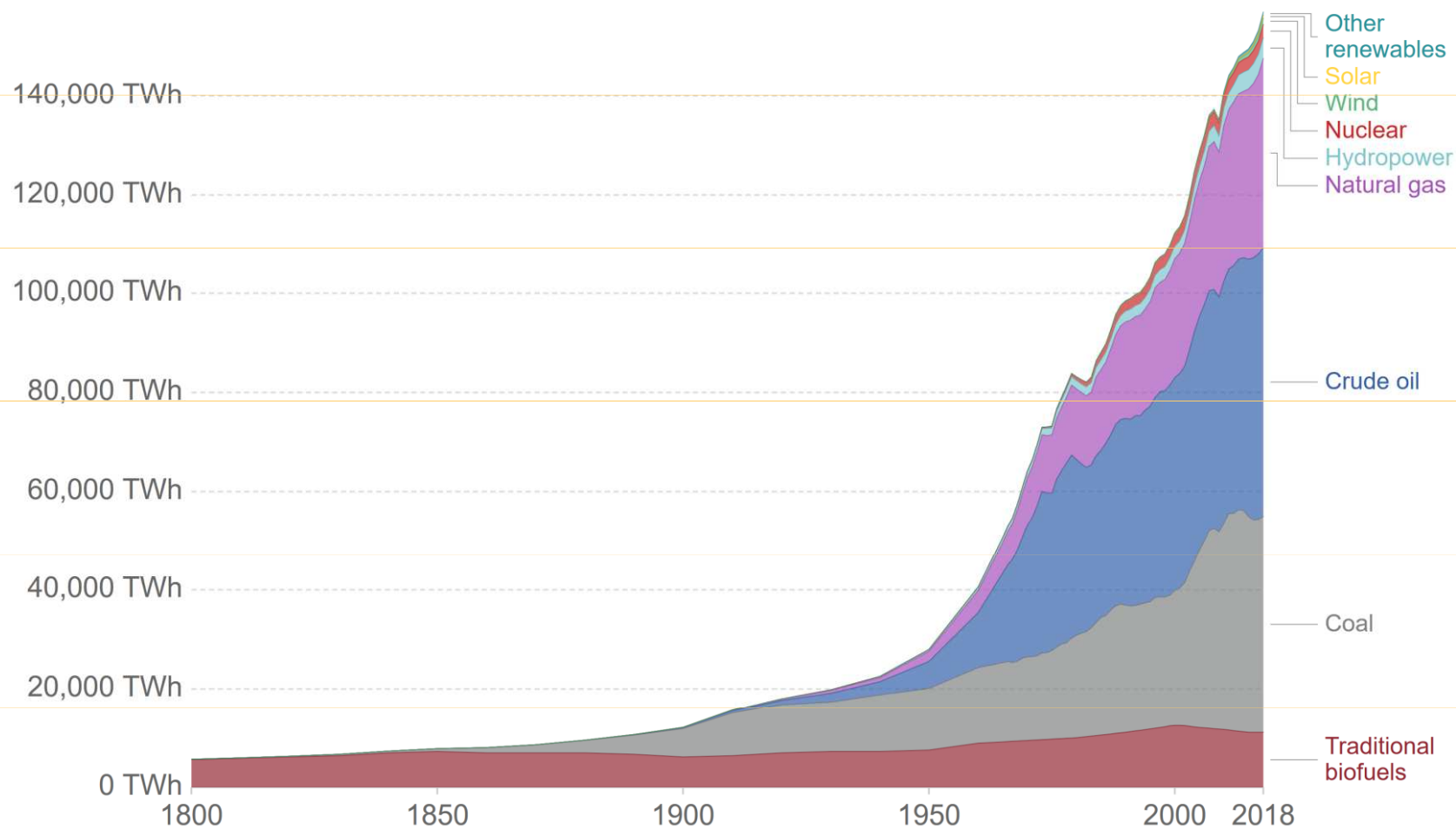
Source: BP statistical review, IEA, World Bank, IMF estimates (2016 and beyond) and Bernstein analysis, Smil (1994), Maddison (2007), Bernstein Estimates

Skutečnost: Spotřeba energie podle zdrojů

Global primary energy consumption

Global primary energy consumption, measured in terawatt-hours (TWh) per year. Here 'other renewables' are renewable technologies not including solar, wind, hydropower and traditional biofuels.

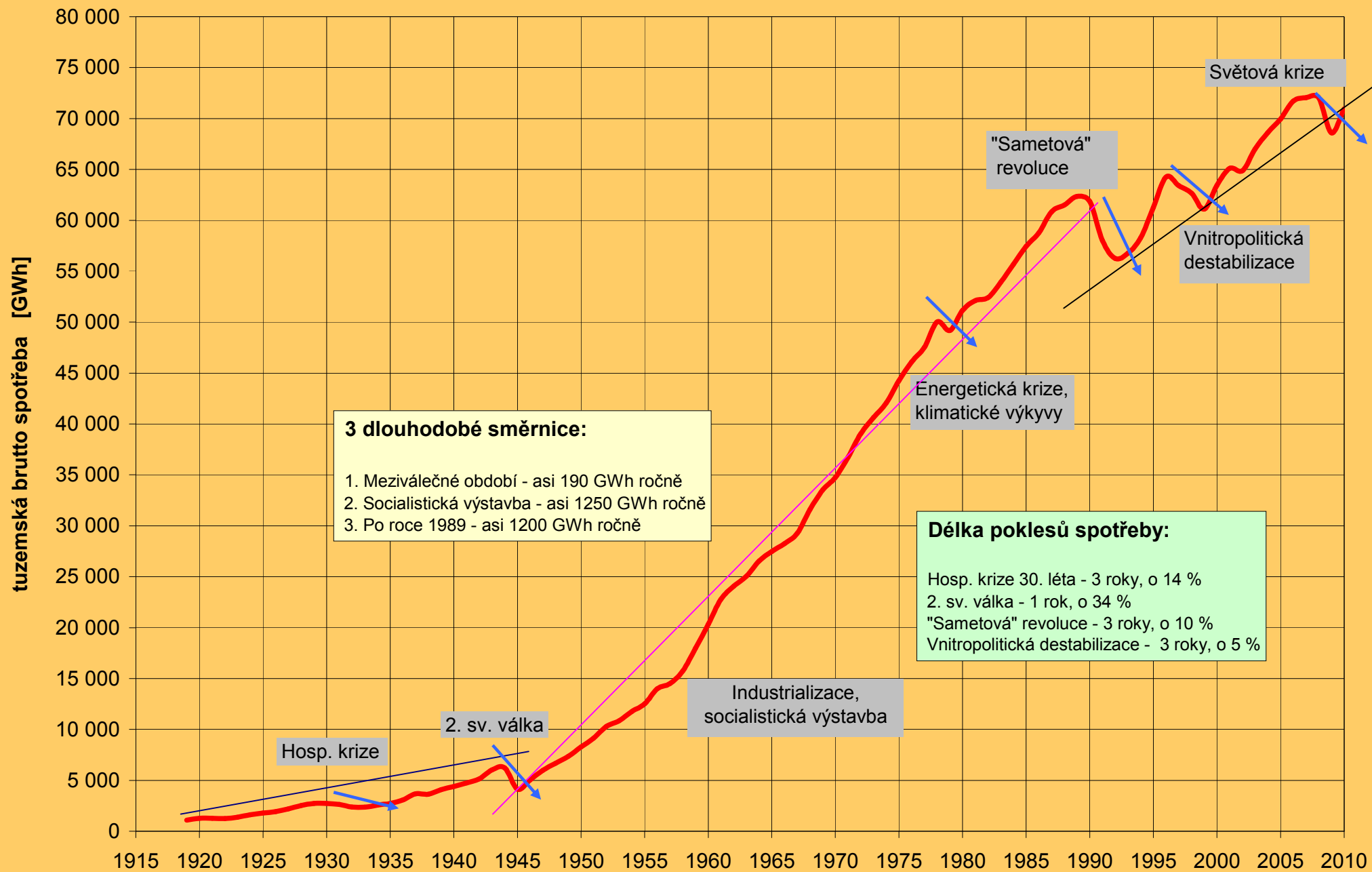
Our World
in Data



Source: Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy

CC BY

HISTORICKÝ VÝVOJ SPOTŘEBY ELEKTŘINY V ČESKÉ REPUBLICE (tuzemská brutto spotřeba)



Tuzemská netto spotřeba elektřiny dle rozvojových variant



Spotřeba energie na Zemi poroste

.. pokud se bude vyvíjet směrem k lepšímu

Existují jediné dvě možnosti, jak skutečně významně snížit spotřebu energie:

genocida a bída

Zdroje energie:

Fosilní paliva:

- uhlí
- ropa
- zemní plyn

Jaderná paliva:

- uran
- thorium
- plutonium

Obnovitelné zdroje:

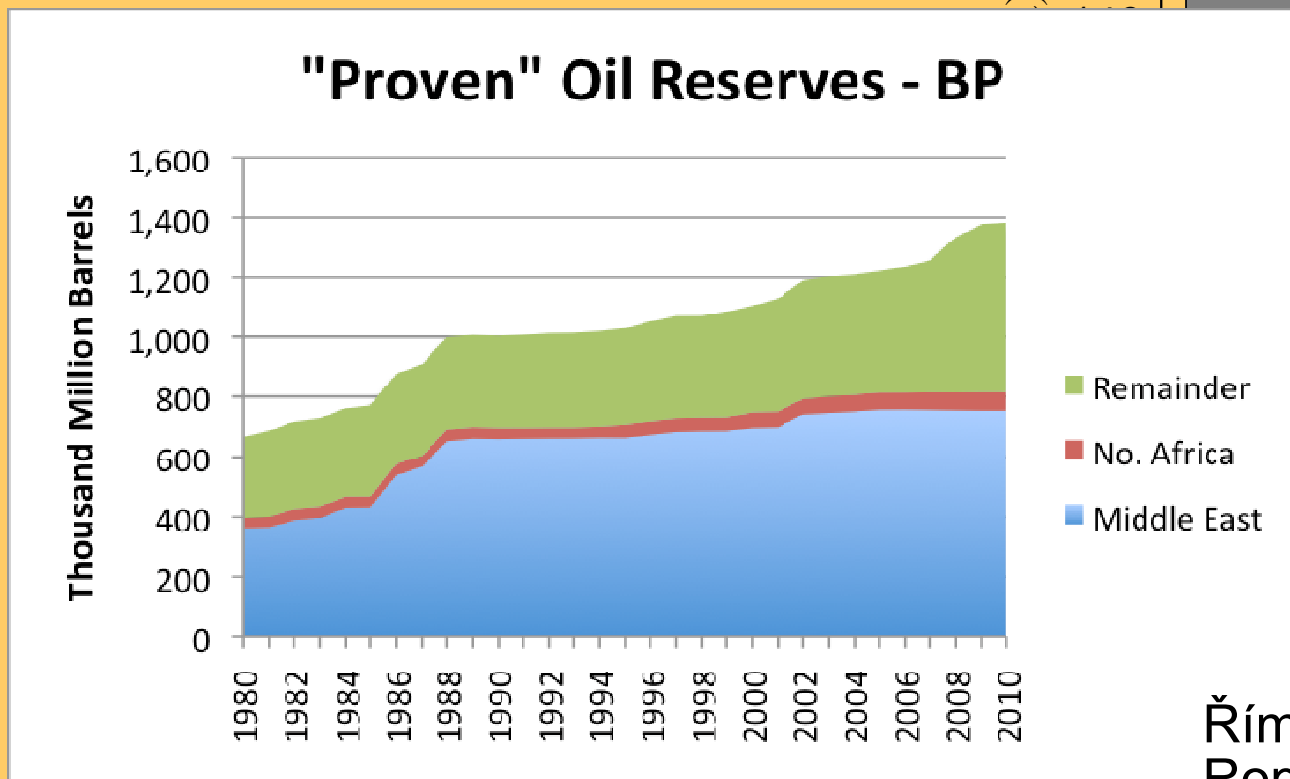
- slunce
- vítr
- voda
- biomasa
- geotermální energie

Fosilní paliva

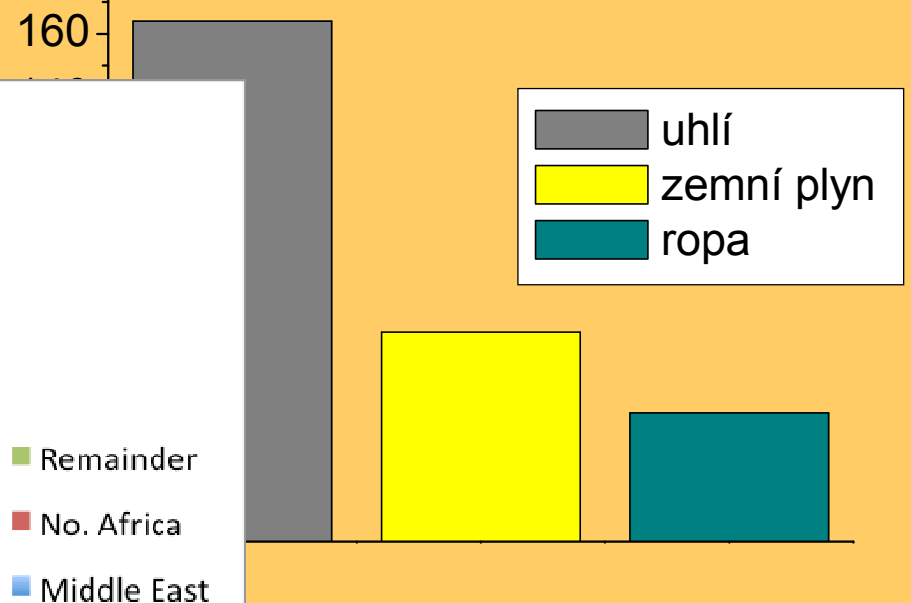
Problémy:

- omezené zásoby
- životní prostředí – emise (nejen) CO₂ (*skleníkový jev*)

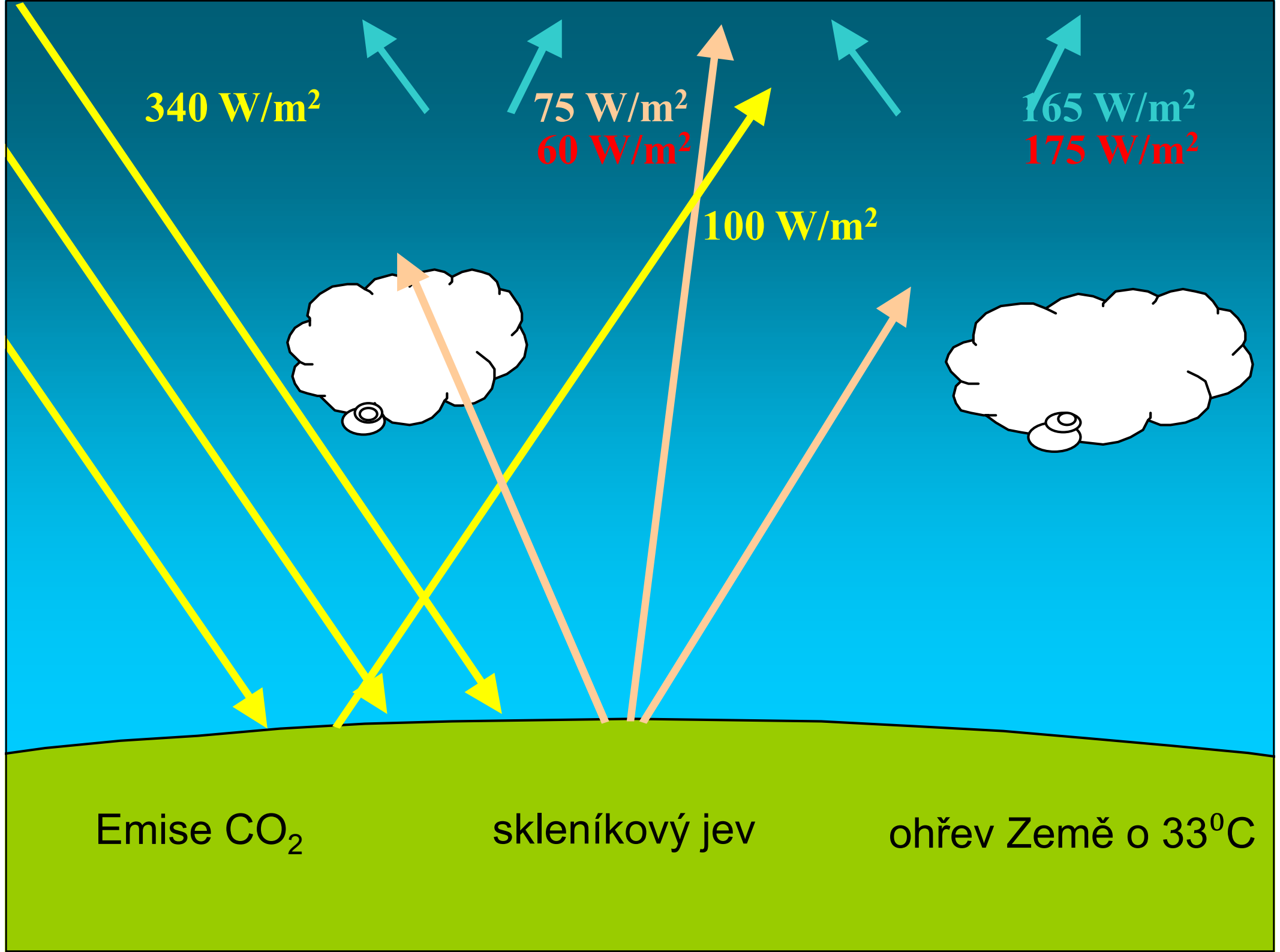
ropa



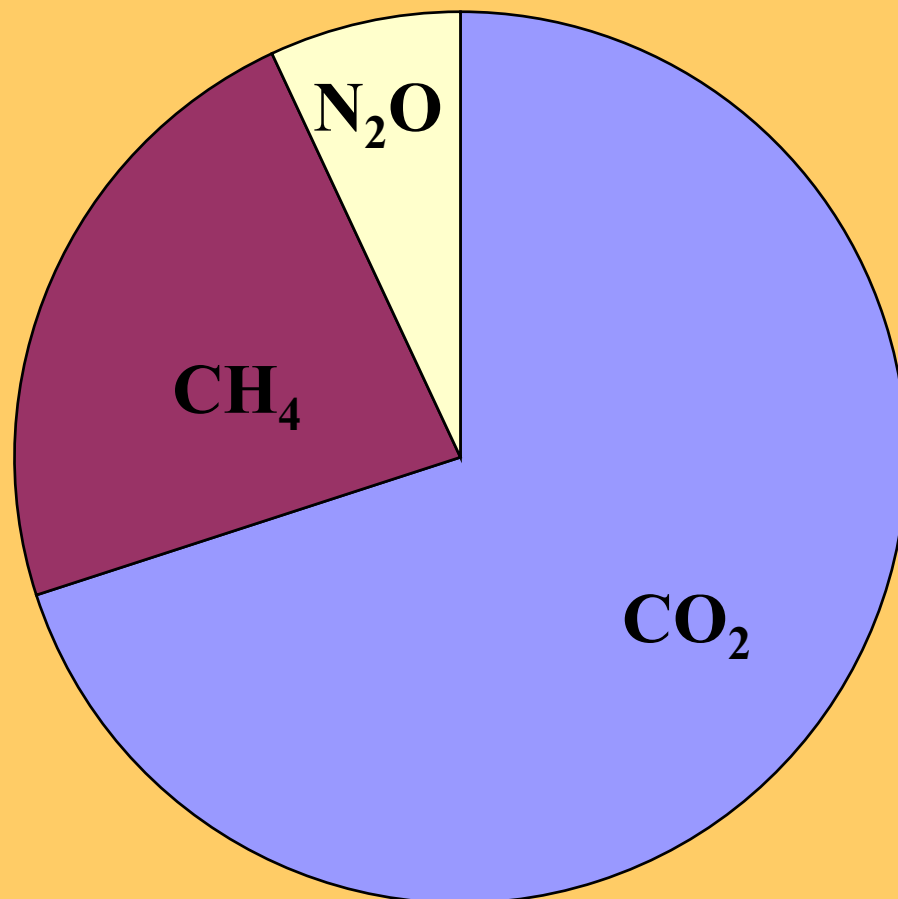
Ověřené zásoby fosilních paliv



Římský klub 1972:
Ropa bude vyčerpána do r.
1992



Skleníkové plyny



CO₂ concentration (parts per million)

450
400
350
300
250

1760 1780 1800 1820 1840 1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020

Pre-industrial
278 ppm

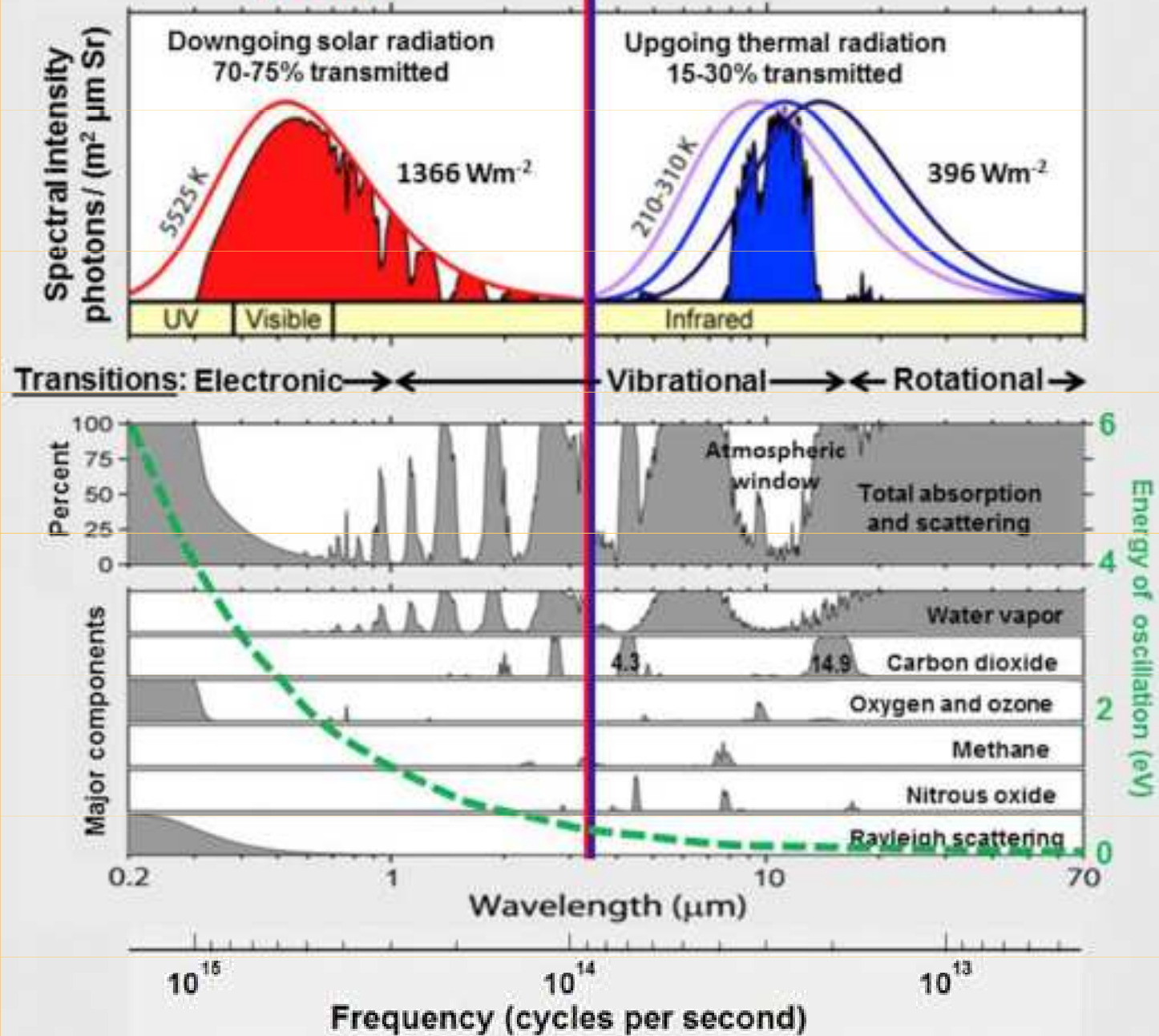
50% increase
417 ppm

Ice core data from MacFarling Meure et al. (2006), Mauna Loa data from the Scripps CO₂ program. 2021 forecast from Met Office.



Solar-energy-absorbing gases

Greenhouse gases



Obnovitelné zdroje

Problémy:

- malá hustota energie
- vysoká cena
- nerovnoměrnost a nepředvídatelnost
- zásah do krajiny, ekologické škody

Příklady:

pokrytí potřeby elektřiny **ČR** pomocí
jednotlivých obnovitelných zdrojů

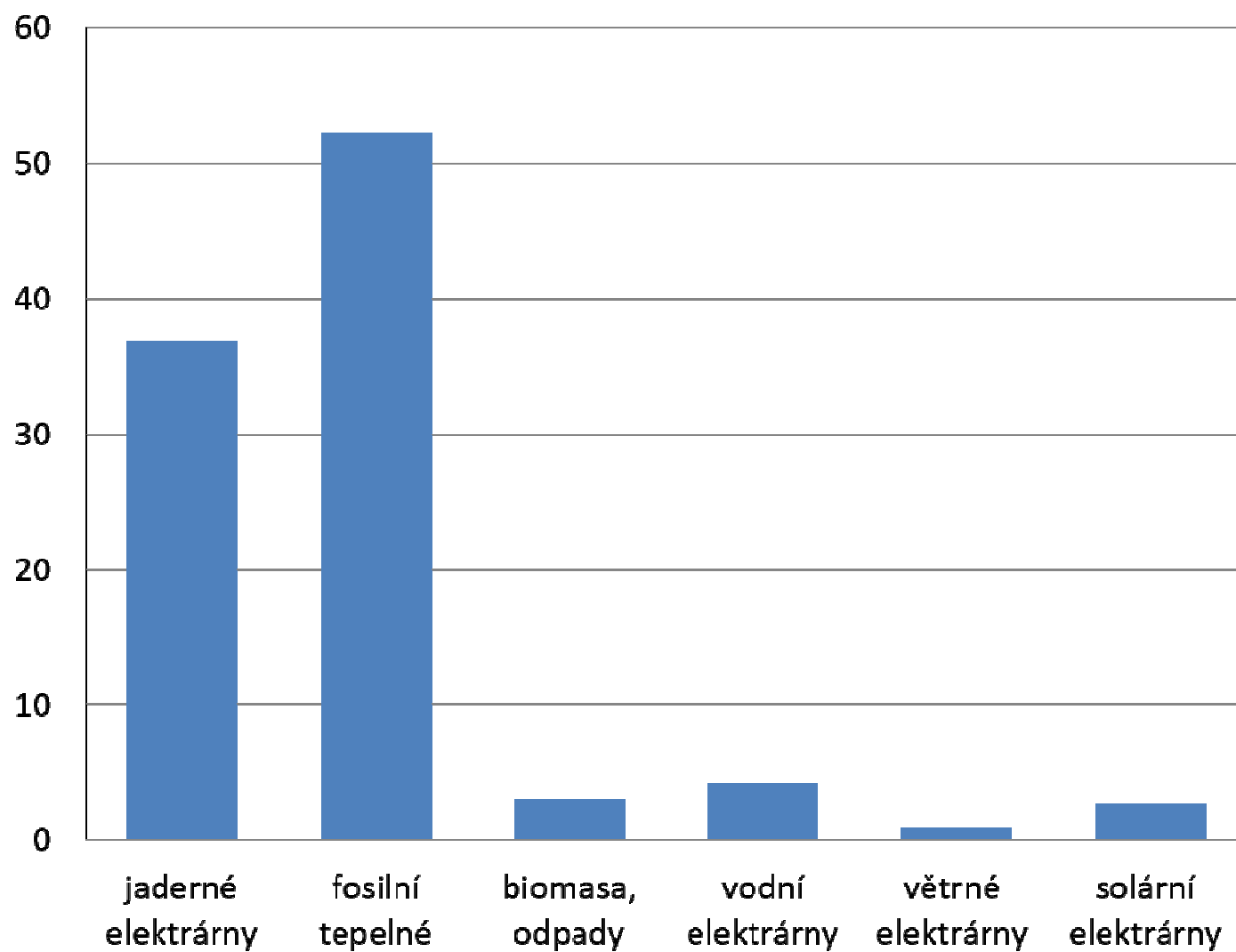
Elektřina: 20 - 25% celkové spotřeby energie ČR

Elektrina v ČR (GWh)

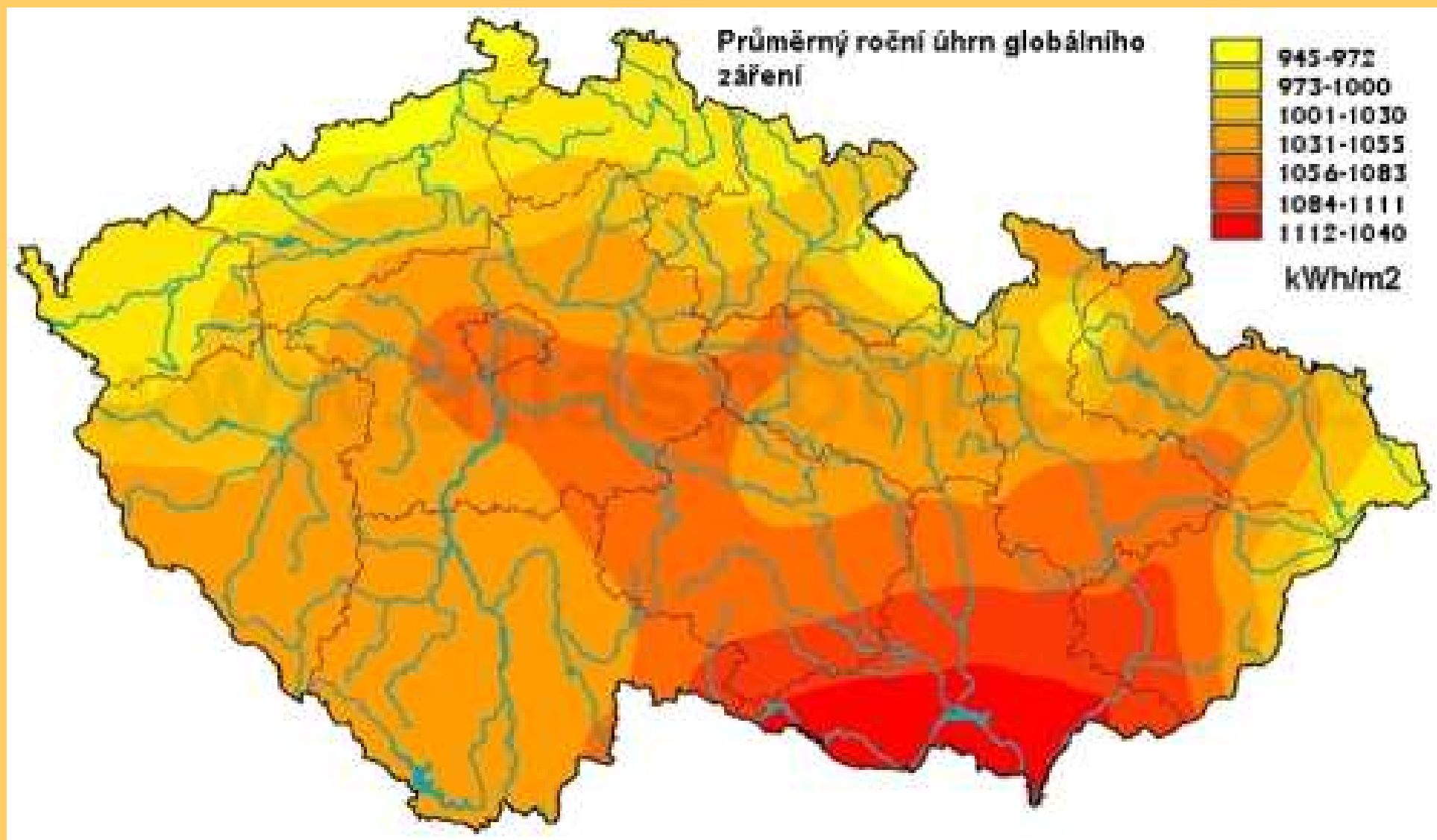
Výroba	82 500	100%
Vývoz-dovoz	10 000	12%
Ztráty v rozvodu	4 000	5%
Spotřeba domácností	16 000	20%

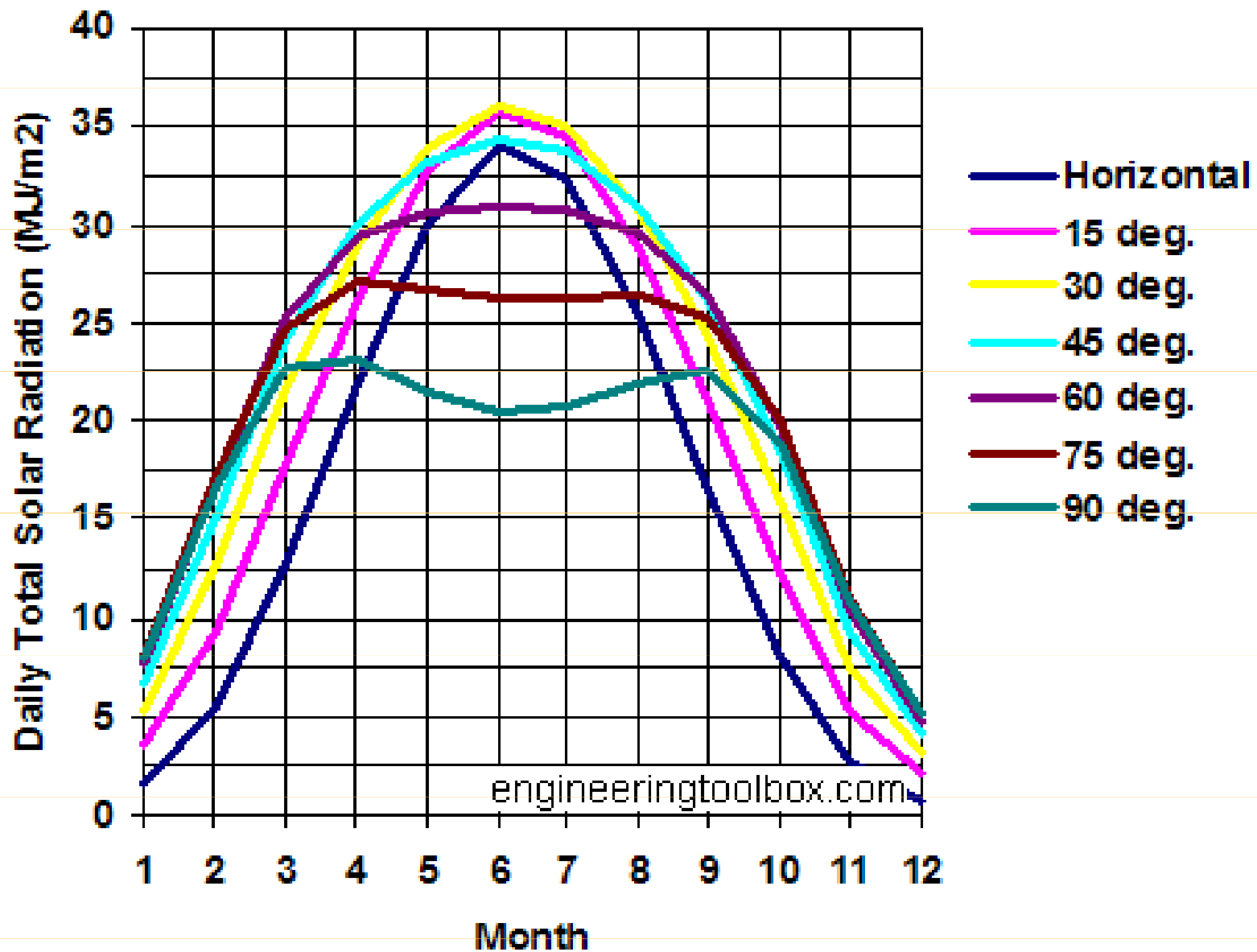
Spotřeba domácností	
plyn	26%
hnědé uhlí	3%
černé uhlí	5%

Podíl zdrojů ČR 2020 (%)



Slunce





engineeringtoolbox.com

Elektřina ČR = 400 – 500km²

plochy solárních článků

Bez vlivu odběrového diagramu.

neřiditelný zdroj

Nyní:

Nainstalováno 2GW výkonu (jako Temelín),
výroba necelá 3% potřeby elektřiny (se 100% odběrem)
(Temelín cca 19%)

Máme 10-15km² solárních článků (?)

Ohřev teplé vody 4 - 6m²/rodinný dům:

300kWh/m² rok

Vítr

**Potřeba elektřiny ČR = N větrných
elektráren s průměrem rotoru 44m
(Jindřichovice pod Smrkem)**

průměrná rychlost větru	počet elektráren N
5 m/s	130 000
6 m/s	80 000
7 m/s	60 000
8 m/s	45 000
Německo v roce 2021	64 GW instalovaného výkonu (2021) (výroba jako 8 Temelínů)

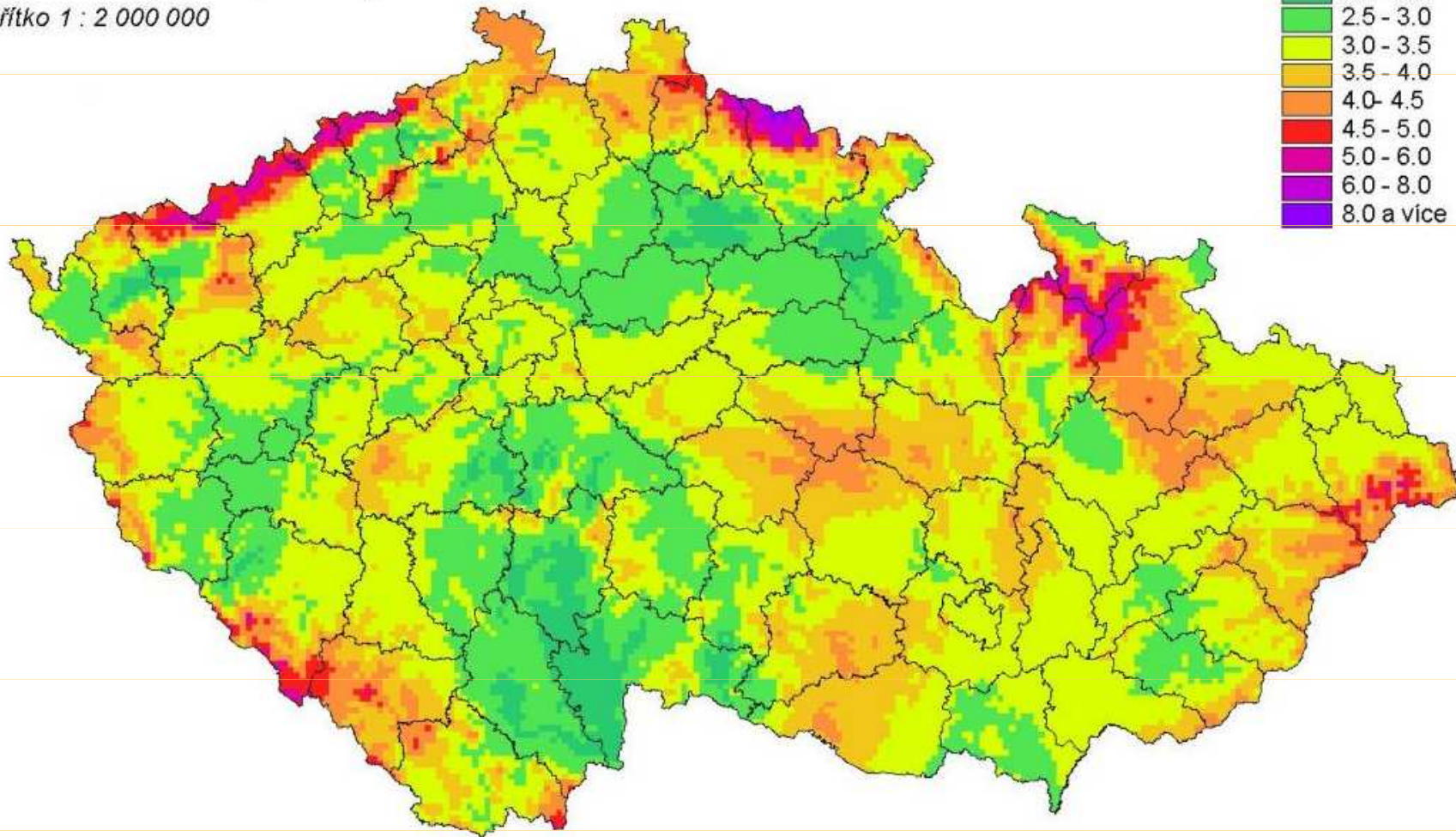
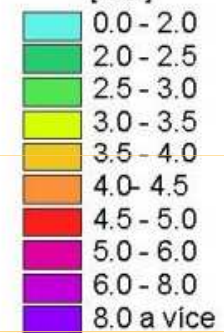
Větrná mapa České republiky

PŘÍLOHA 2

průměrná rychlost větru v 10 m ($z_0 = 0.1\text{m}$)
model VAS (mezivýsledek)

měřítko 1 : 2 000 000

průměrná rychlost větru
[m/s]

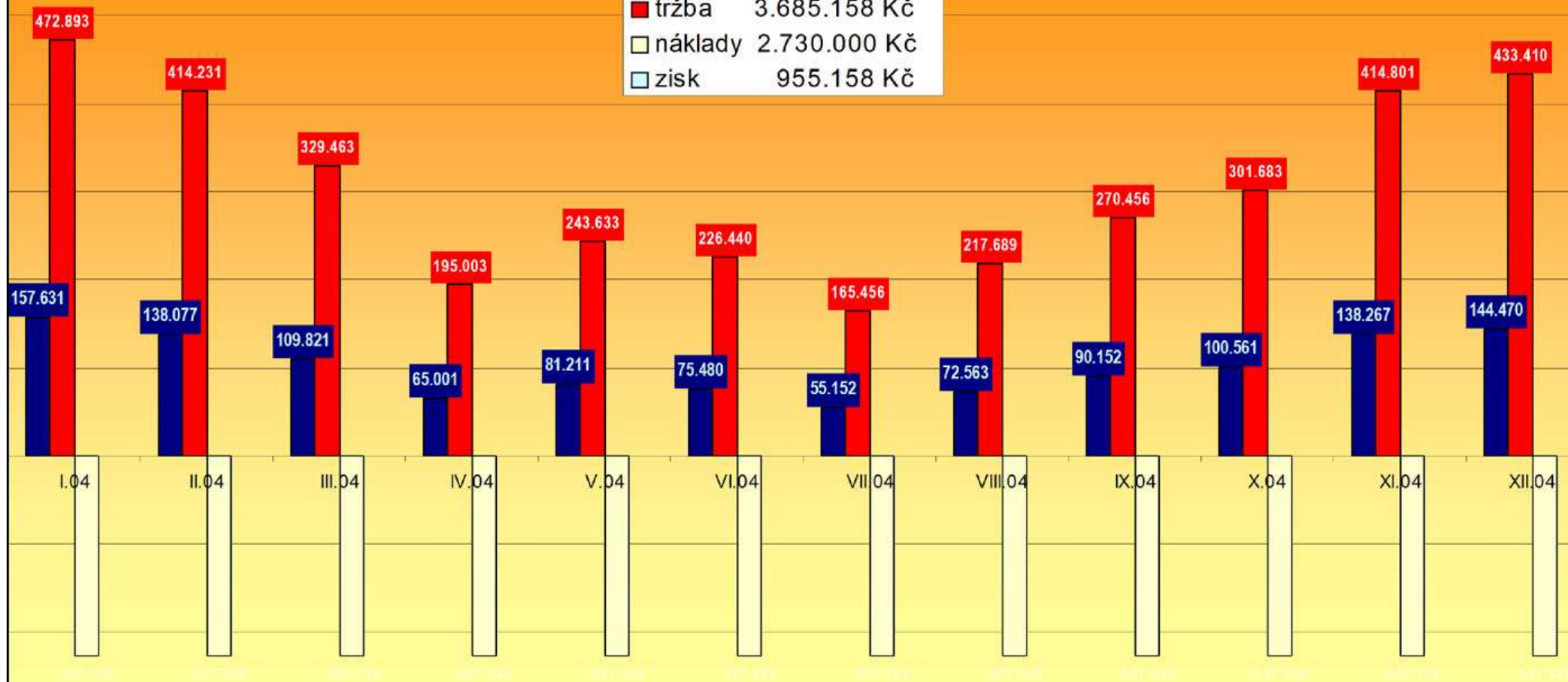


VE
Jindřichovice
pod Smrkem



Výroba VE Jindřichovice

■ výroba	1.228.386 kWh
■ tržba	3.685.158 Kč
□ náklady	2.730.000 Kč
□ zisk	955.158 Kč



Roční výroba 1 200MWh (2004) 1 085MWh (2005)

z instalovaného výkonu – 10 000 MWh

[Jindřichovice pod Smrkem](#)

údaje od r. 2006 nezveřejněny

využití 10 - 12% !!!

Spotřeba elektřiny ČR = 120 000 Jindřichovických elektráren

(120 tis. vrtulí, v Jindřichovicích jsou dvě.)

Voda

**Elektrina v ČR = 50x území ČR s malými
vodními elektrárnami**

Biomasa

Výhřevnost lib. dřeva (20% vlhkosti): 4kWh/kg

Roční výnos:

smrkový les:	4t/ha
topol, vrba:	10t/ha
křídlatka:	20t/ha

Účinnost tepelné elektrárny: 35% – 40%

Biomasa

Elektrina v ČR = 120 000km²

(smrkového lesa)

Plocha lesů ČR = 28 000km²

Nyní: biomasa 3%

Uváděný dostupný potenciál

<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>

27 000 GWh tepla

11 000 GWh elektřiny (15%)

kogenerace

Jaderné zdroje - štěpení uranu, plutonia

Problémy:

- neobnovitelný zdroj
- problém jaderného odpadu
- riziko havárie
- velké vstupní investice
- vztah veřejnosti

Zásoby uranu:

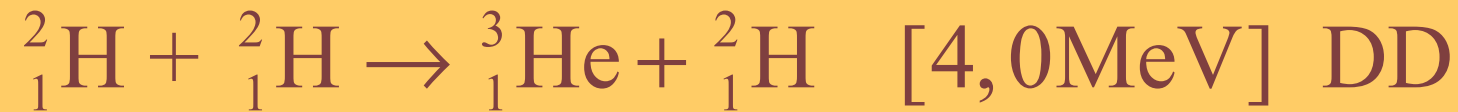
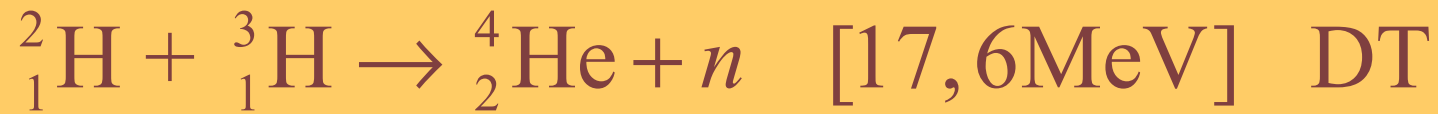
- těžebný: 90 let
- přepracováním 140 let
- v množivých reaktorech 5000 let

Možné jiné zdroje:

termonukleární fúze

vodík

termonukleární fúze - slučování jader



Vysoká teplota

DT	$T > 4,5 \cdot 10^7 \text{ }^\circ\text{C}$
DD	$T > 4,0 \cdot 10^8 \text{ }^\circ\text{C}$

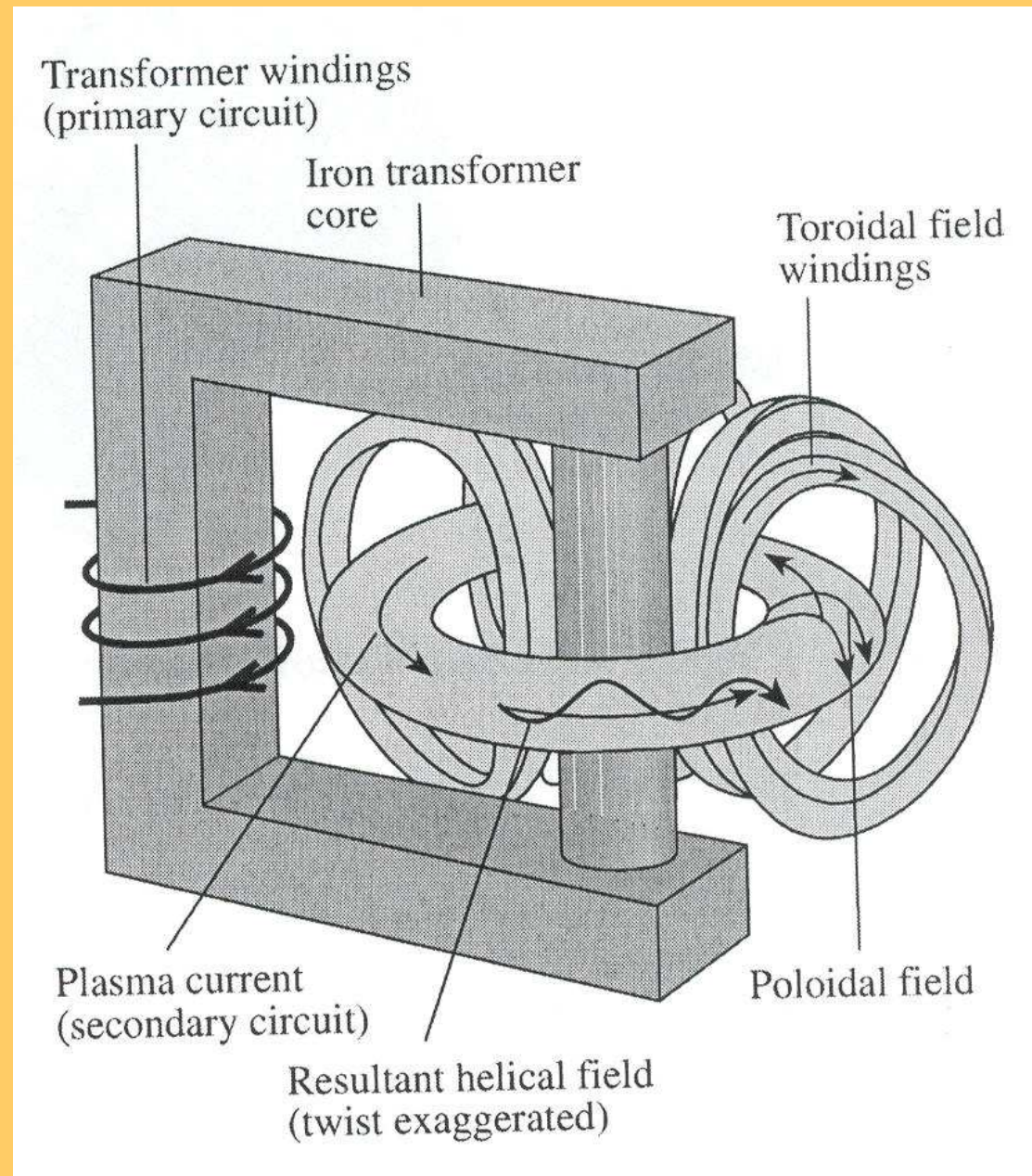
Dostatečná hustota a čas

DT	$n\tau > 10^{20} \text{ s m}^{-3}$
DD	$n\tau > 10^{22} \text{ s m}^{-3}$

Lawsonovo kritérium



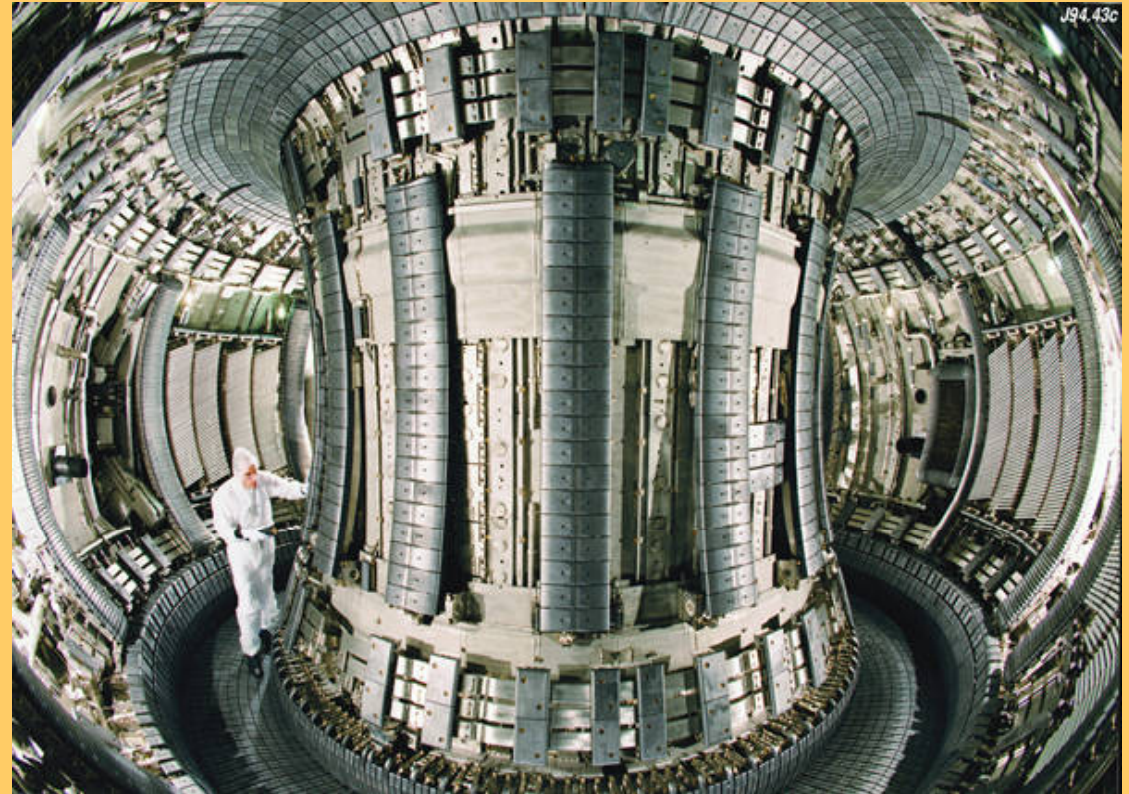
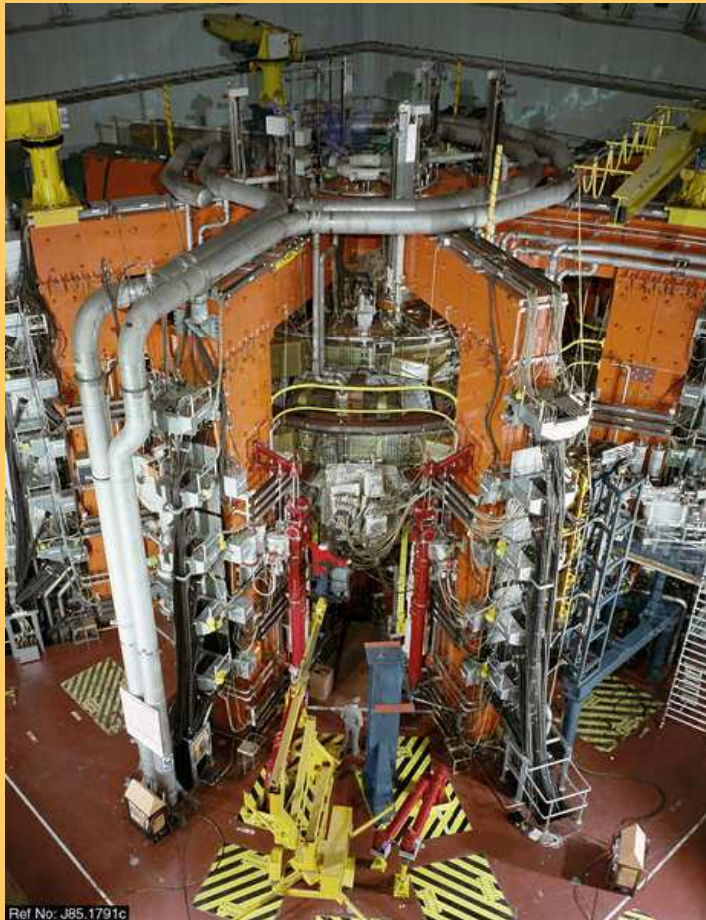
Tokamak



JET (Joint European Torus)

(Culham GB)

výkonové zesílení $Q = 0,64$



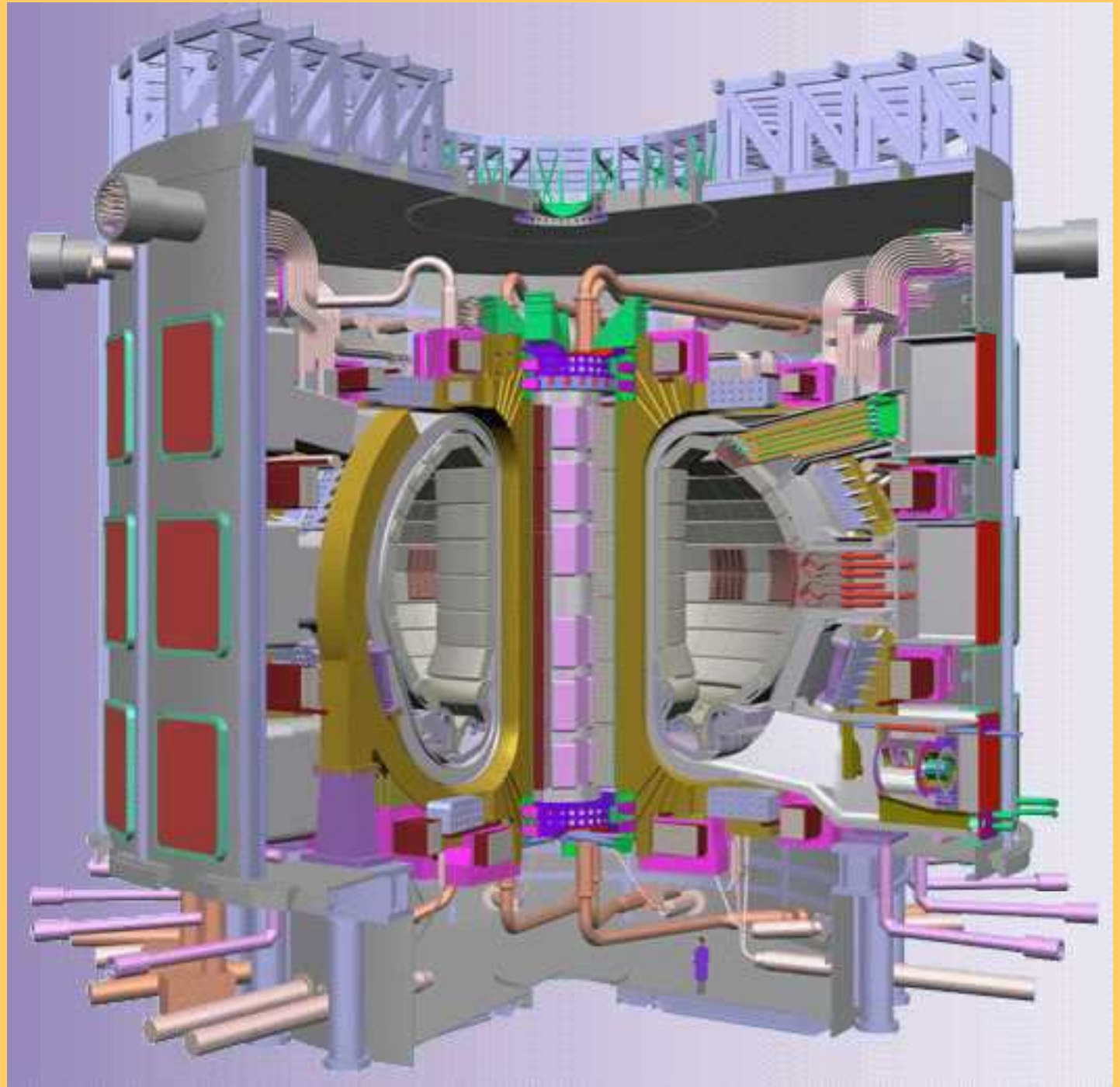
ITER (cesta) [zde](#)

International Tokamak (Thermonuclear) Experimental Reactor

objem	837 m ³
proud	15 · 10 ⁶ A
teplota	100 · 10 ⁶ °C
výkonové zesílení Q	10
výkon fúze	410 MW (150 MW el.)
spotřeba	110 MW

Cadarache
France

[zde](#)



Perspektivy jaderné fúze

ITER

2010 – 2030

DEMO

(demonstrační elektrárna)

2035

komerční elektrárna

2050

Nebude dodrženo

2006	Signature of the ITER Agreement
2007-2009	Land clearing and levelling
2010-2014	Ground support structure and seismic foundations for the Tokamak
2014-2021	Construction of the Tokamak Building
2010-2021	Construction of the ITER plant and auxiliary buildings for First Plasma
2020-2025	Main assembly phase 1
Dec 2025	First Plasma (<i>2016 Baseline schedule</i>)

Dalších 10 let provozováno bez D, T

Palivo pro termojadernou fúzi

deuterium – z obyčejné vody

(1 atom D na 6500 atomů H)

zásoba na miliardu let

tritium – radioaktivní, poločas 12,5 let,

malé množství z kosmického záření

výroba z **lithia**

přímo v reaktoru



zásoba Li na tisíce let (Krušné hory 1% světových zásob)

Vodík

Německo sází na vodík

palivo s vysokou hmotnostní výhřevností

ale velmi malou objemovou: 1kg nafty je 6000litrů
vodíku (za norm. tlaku)

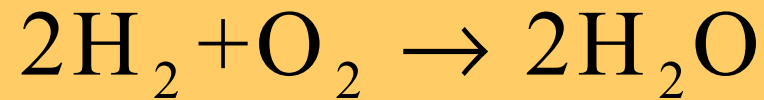
Uvažuje se o tlakových nádobách 700 atm

energie potřebná ke kompresi = 15% energie paliva



350 kg stlačeného vodíku v 40t soupravě

zplodiny hoření: voda



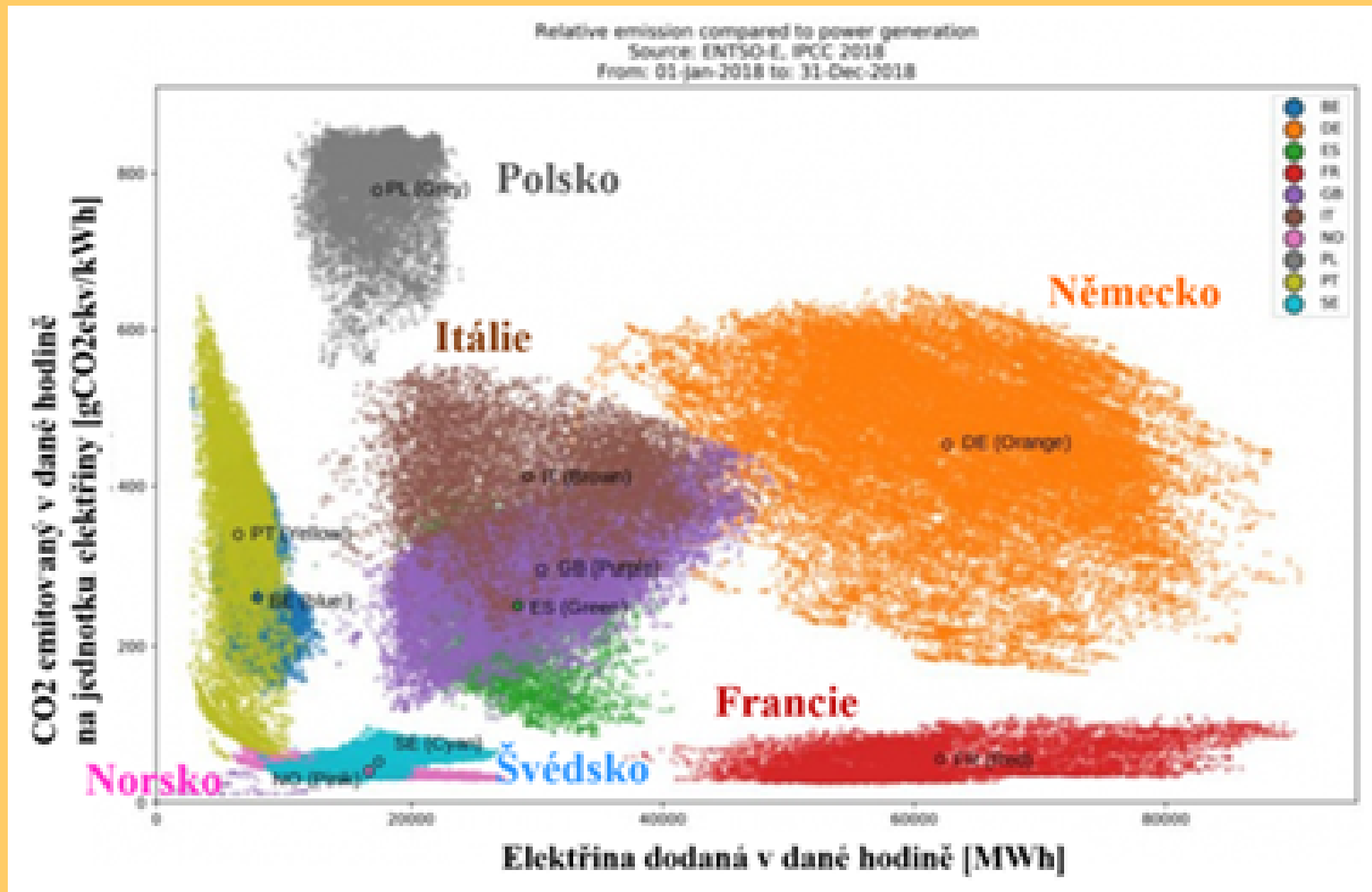
zdroje vodíku: **voda** - elektrolýza

- tepelný rozklad (3000°C)

fosilní paliva - metan CH_4

Vodík není zdroj, ale jen zásobník energie!!!

Dnešek v příkladech a kuriozitách



Zateplování domů

Náš „panelák“ 16 bytů na 1000m² obytné plochy
(60m² na byt)

zateplený plášť r. 2000 (400 tis. Kč)

plastová okna

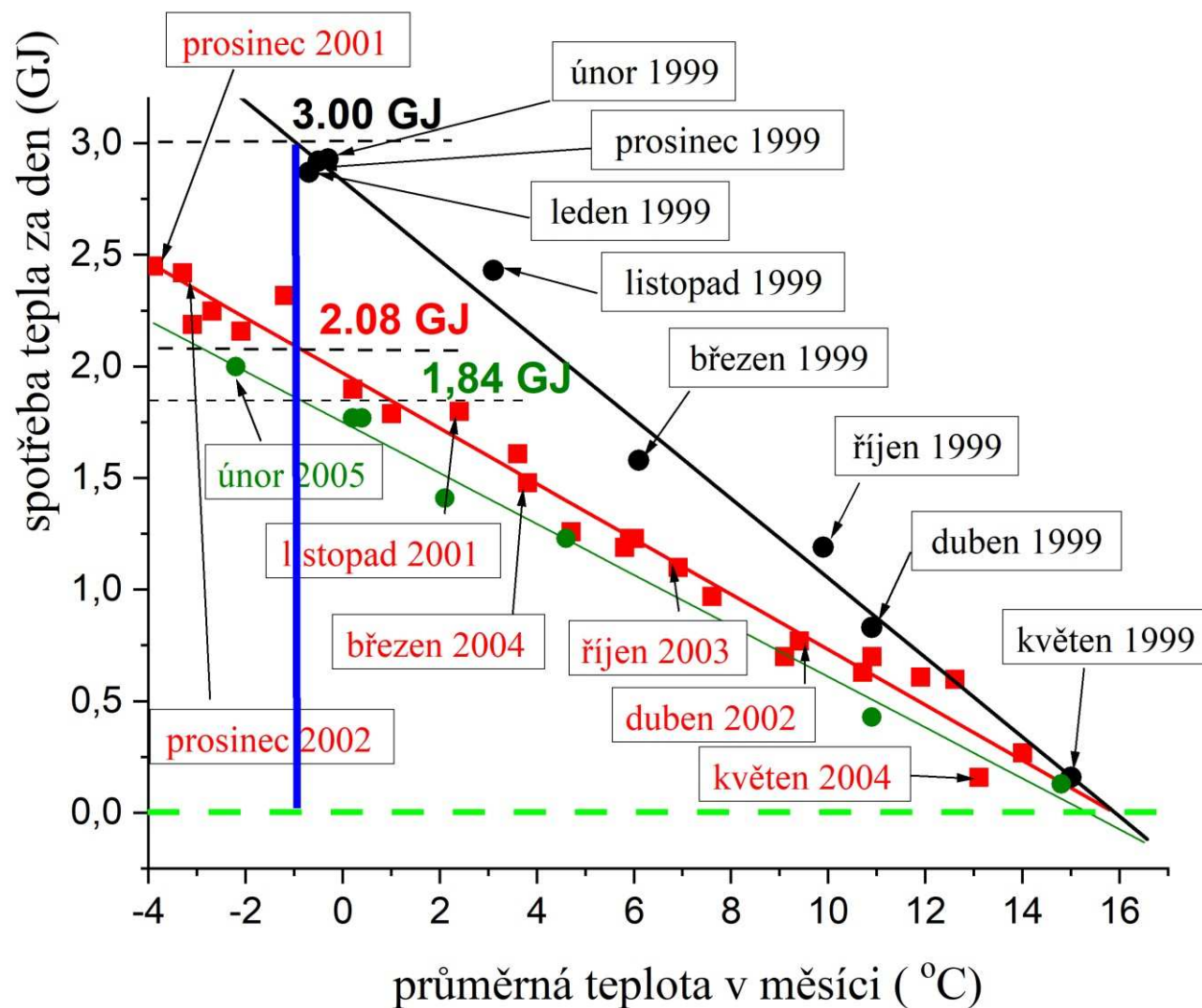
spotřeba na vytápění 200 GJ/rok 2014

tedy 0,20GJ/rok a m², tj. 56kWh/rok a m²

nízkoenergetický dům 15 – 50kWh/rok a m² .

Spotřeba tepla v našem paneláku na vytápění ve vybraných měsících jako funkce průměrné teploty.

Černé – nezateplený, červené – zateplený, zelené – s plastovými okny.



Biopaliva do automobilů

Příklad:

roční spotřeba ropy dopravě (benzín, nafta) v ČR cca 3,8 mil tun

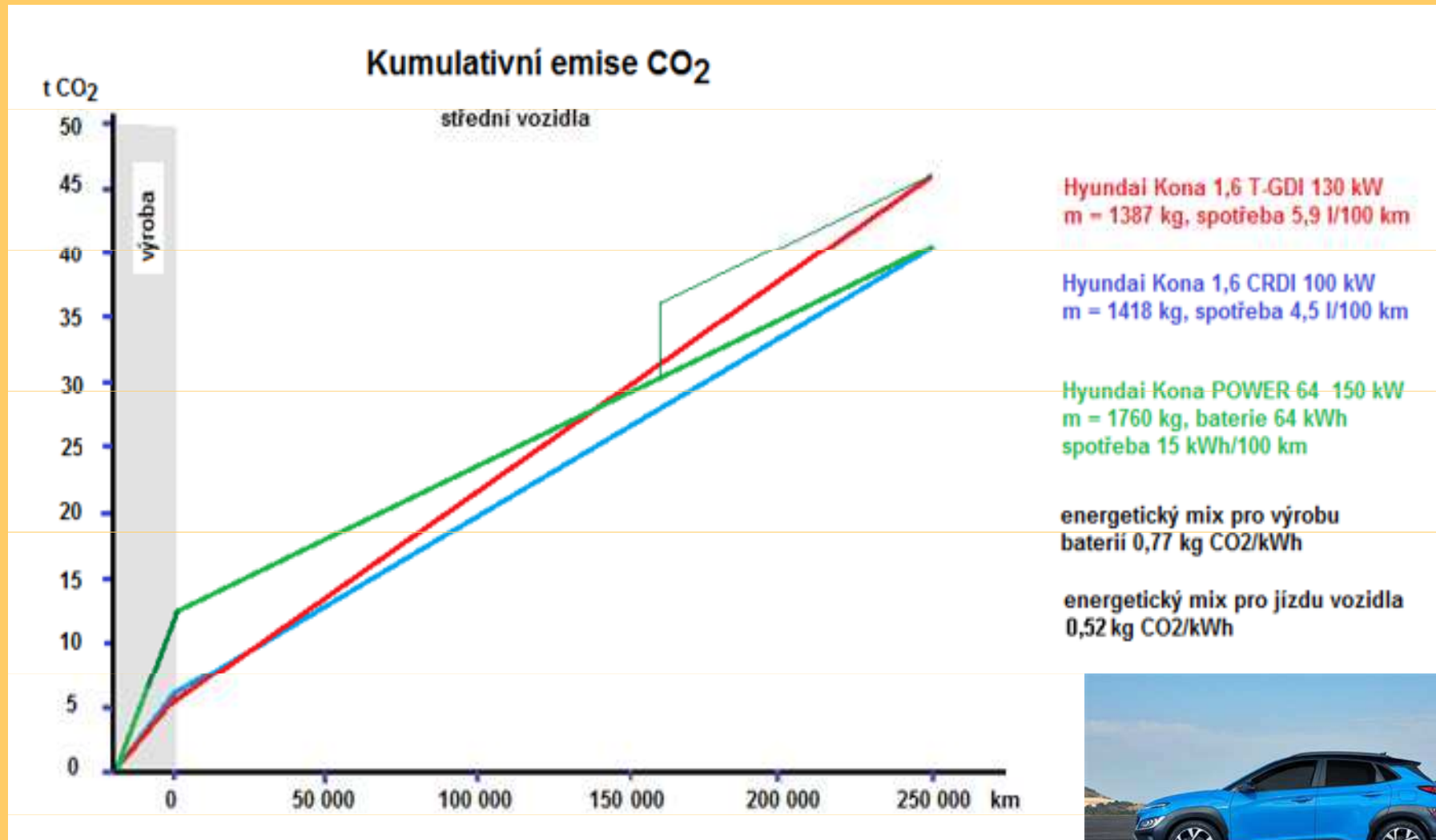
z 1 ha se získá 1 tuna řepkového oleje

Pokrytí spotřeby znamená osázet
38 000 km² plochy řepkou.

orná půda ČR 30 000 km²

Elektromobilita

Kam kráčíš elektromobilito? (ČVUT, Fakulta strojní)



Energetický mix

ČR: 0,52 kg CO₂/kWh
Německo: 0,58 kg CO₂/kWh

Elektromobily:

- Omezený dojezd, dlouhé dobíjení
- Vysoká cena
- Omezená životnost nejdražší části
- Surovinová náročnost baterií (cena neklesne)
- Surovinová závislost (Čína)
- Další nárok na výrobu elektřiny
- Energetické ztráty při rozvodu, „tankování“ a skladování (v baterii)
- Další nárok na skladování elektřiny „na zimu“
- Nezbytnost nové infrastruktury
- Nemorálnost dotací
- Spotřební daň
- Atd

Další nárok na výrobu elektřiny

Spotřeba nafty a benzínu:

5 000 tis. tun = 60 TWh (2019)

3 800 tis. tun = 43 TWh (2020 – covid)

Účinnost spalovacího motoru: 40% (extrém 50% [zde](#))

60TWh příkonu je tedy cca 24TWh výkonu

Což je asi 1,5 Temelína

(při dokonale optimalizovaném odběru a bez započtení dalších ztrát.)

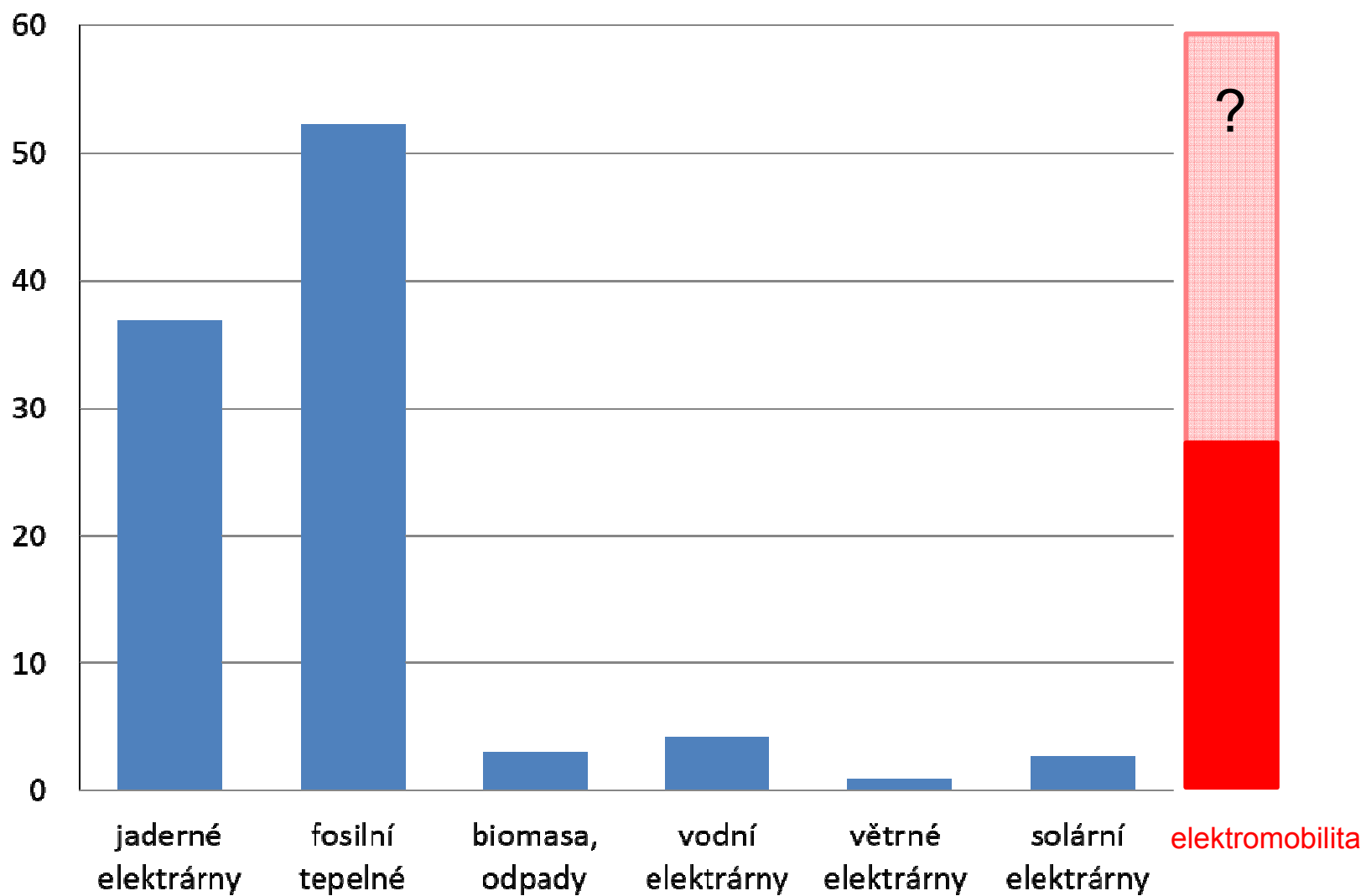
ztráty při nabíjení	15%
ztráty při přenosu	5%
účinnost elektromotoru	95%

Reálně násobek této hodnoty

Dodatečné ztráty 23%

$0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,77.$

Podíl zdrojů ČR 2020 (%)



Elektromobil v zimě

Fakt, že topení snižuje dojezd, je malý problém, řešením je svetr, rukavice a kulich.

Skutečný problém: kde v bezemisní energetice vzít v zimě elektřinu.

Jediný zdroj může (hypoteticky) poskytnout skutečně mnoho energie:

Slunce

ale jen v létě!

Modelový příklad:

Slunce → fotovoltaika → vodík → elektřina → elektromobil

Na 1m² dopadne za rok asi 1000kWh

Solární články vyrobí 150kWh (účinnost 15%)

Elektrolýzou se získá 80kWh (50-60%)

Po kompresních ztrátách zbyde 68kWh (85%)

Po spálení (palivový článek, hoření) zbyde 30kWh (40-50%)

Ztráty rozvodem, nabíjením, elektromotorem 23kWh (77%)

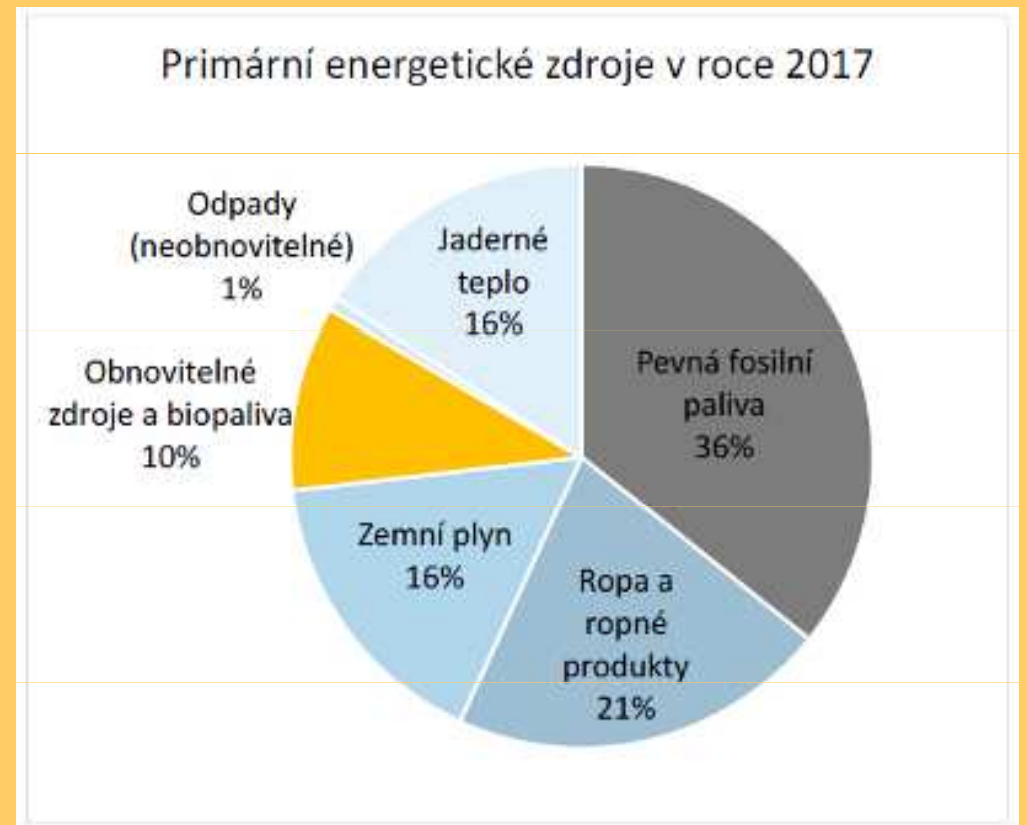
Spotřeba paliva v dopravě: 60 TWh (2019)

Za zimu řekněme 20TWh

Potřebujeme 900km² solárních článků **jen pro akumulaci pro dopravu na zimu** (Nyní máme 10 – 15km² (?)).

A tomu solární články pro letní provoz (s krátkodobou akumulací).

A tomu elektrina pro průmysl, domácnosti, teplo a teplou vodu.



Vynucená elektromobilita je druhou největší
pitomostí Green Dealu

S velkým náskokem je největší pitomostí
odstoupení od jaderné energetiky.

Racionální zdůvodnění pro elektromobilitu existuje:

Primárním cílem elektromobility není „bezemisní“ doprava.

Primárním cílem je neumožnit velké většině populace přístup k individuální dopravě.

Ano, pak to smysl dává!

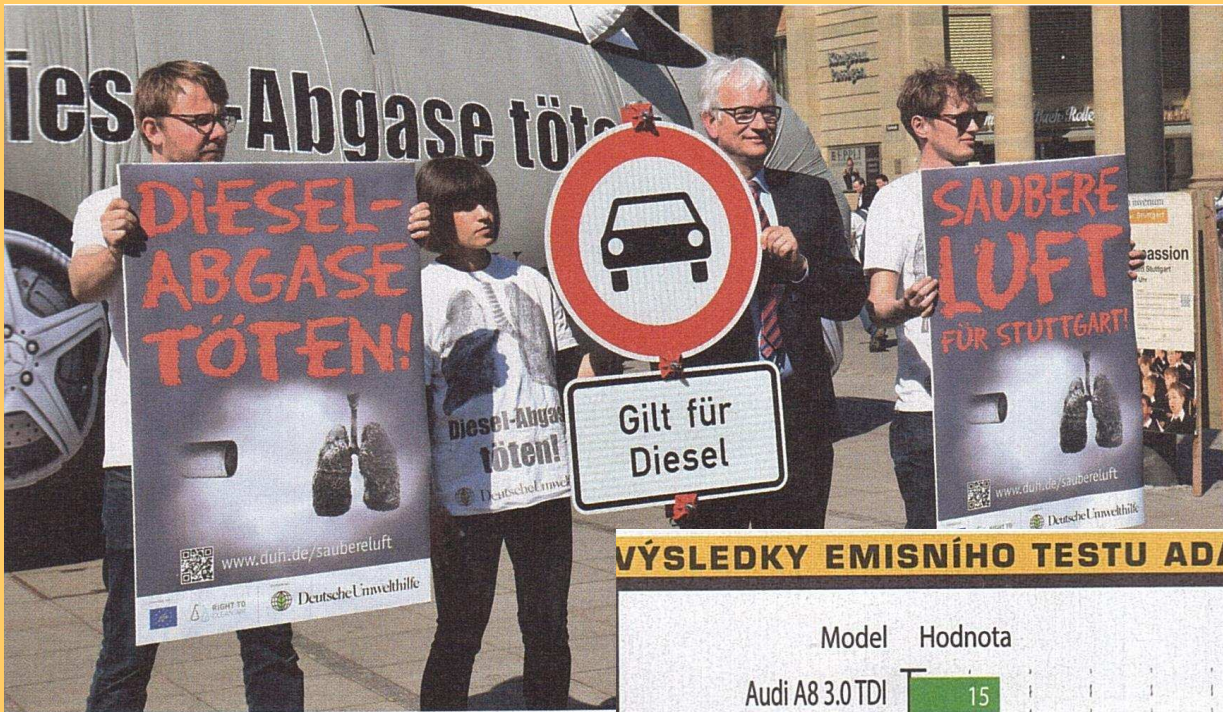
TDI a elektromobily

Škoda Octavia 1,6 TDI: 4,5 litru/100km

„příkon“ 45kWh/100km

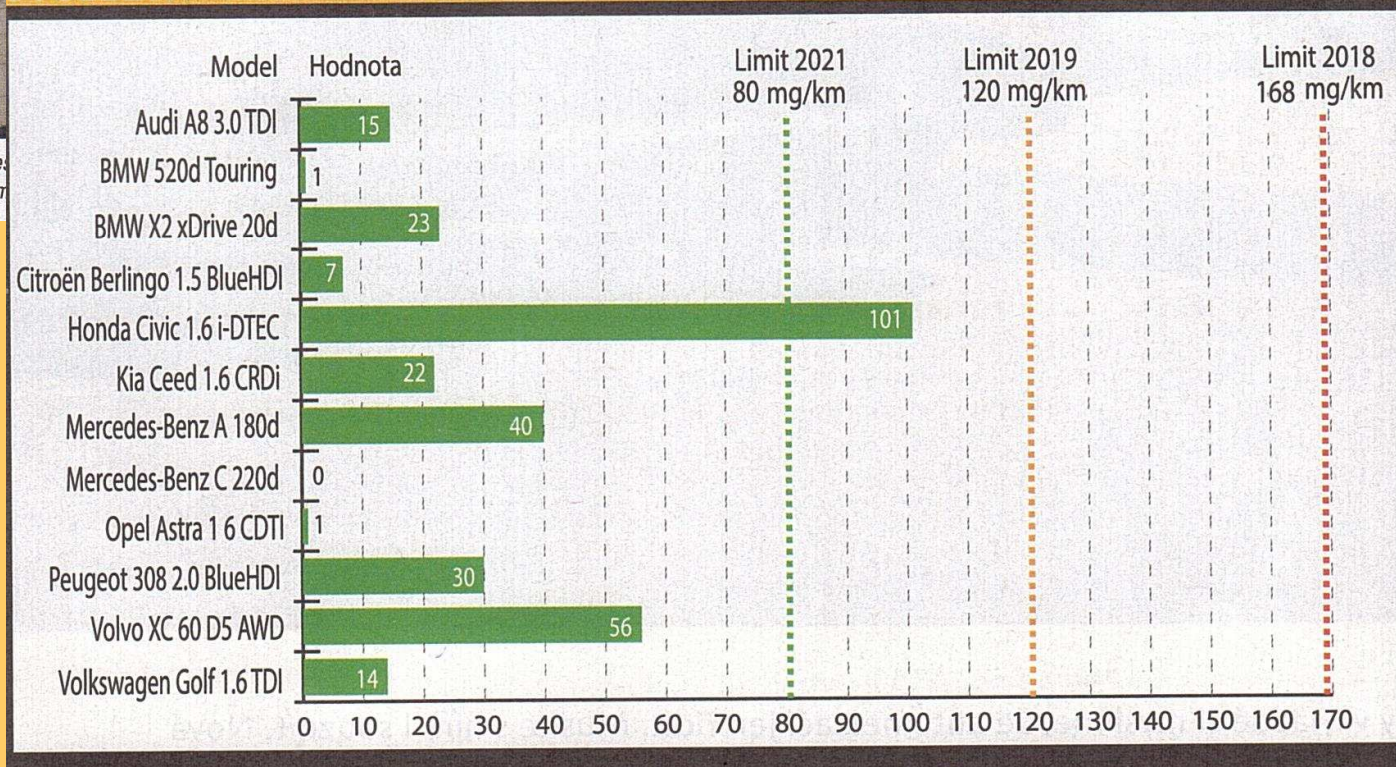
„výkon“ 18kWh/100km

Model	Udávaná spotřeba (kWh/100 km)	Ecotest ADAC (kWh/100 km)
1. Hyundai Ioniq Electric	11,5	14,7
2. VW e-Golf	12,7	17,3
3. BMW i3 94 Ah	12,6	17,4
4. Smart Fortwo Coupé EQ	12,9	18,3
5. Opel Ampera-e First	14,5	19,7
6. Renault Zoe Intens	13,3	20,3
7. Nissan Leaf (ZE1)	15,2	22,1
8. Tesla Model S P90D	20	24
9. Tesla Model X 100D	20,8	24



Zelená demagogie v přímém přenosu. Deutsche Umwelthilfe protestuje. Přitom právě diesely Euro 5, které chtějí vyhnat z města, m

VÝSLEDKY EMISNÍHO TESTU ADAC V REÁLNÉM PROVOZU



Emise a koronavirus

Nesmyslné limity NOx

Lodní a letecká doprava

spotřeba letadel

Praha –Paříž po silnici: 1000km

Queen Mary 2



6litrů na 100km a pasažéra

[zde](#)

Biopaliva do elektráren



Uhelná elektrárna Drax byla předělána na spalování pelet (zdroj: Drax)

Výkon 4GW, ročně 7,5 milionu tun biomasy, dovoz z Ameriky

Planet of Humans

Zákaz klasických žárovek

	Obyčejná žárovka 100 W	Úsporná zářivka - střední životnost - 23 W	Úsporná zářivka - dlouhá životnost - 23 W
Příkon /watty/	100	23	23
Spotřeba za 15000 hodin /kWh/	1500	345	345
Platba za elektřinu /346 Kč/kWh/ /Kč/	5190	1194	1194
Životnost světelného zdroje /hodiny/	1000	6000	15000
Pořizovací náklady na světelný zdroj /za 15 000 hodin/ /Kč/	150 /15 ks á 10 Kč/	500 /2,5 ks á 200 Kč/	400 /1 ks á 400 Kč/
Celkové náklady za 15 000 hodin /Kč/	5340	1694	1594
Úspora oproti obyčejné žárovce /Kč/	-	3646	3746

EU chystá zákaz topinkovačů a rychlovarných konvic

[zde](#)

Skladování energie

Krátkodobě - akumulátory

Dlouhodobě (z léta na zimu) – vodík,
nebo jiná paliva (metanizace vodíku)

Modelový příklad:

Nutnost akumulace na zimu průměrné domácnosti

Elektrina: třetina roční spotřeby s ohledem na účinnost tepelného stroje

$$\frac{3000\text{kWh}}{3} \frac{1}{0,4} = 2500\text{kWh}$$

Teplo: byt v našem zatepleném paneláku

$$= 3500\text{kWh}$$

Teplá voda: třetina roční spotřeby (3 členná rodina)

$$= 800\text{kWh}$$

Benzín, nafta: třetina roční spotřeby při nájezdu 15 tis km (úsporný diesel)

$$= 2200\text{kWh}$$

Tedy celkem je potřeba na zimu v létě naakumulovat 9000kWh energie.

Při použití vodíkové technologie (viz část o elektromobilech) je třeba 140m² solárních článků na (tříčlennou) domácnost

To je 460km² na 3,3 mil domácností

Jen pro akumulaci na zimu!

Současně musí běžet solární články pro letní spotřebu elektřiny a elektromobilitu (a část tepla)

Vlastní spotřeba domácností je jen zlomkem celkové spotřeby státu.

Mluvíme tedy o potřebě provozovat řádově tisíce km² solárních článků.

Gravitační akumulace [zde](#)

Akumulátor na 35MWh

Temelín 2000MWe

1 minuta práce Temelína

Ale neznáme technické detaily

Modelový příklad

1000 tunové závaží do hloubky 1000m

Potenciální energie

$$E_p = mgh = 10^6 \cdot 10 \cdot 1000 = 10^{10} \text{J}$$

5 sekund práce Temelína

Zelená dohoda pro Evropu

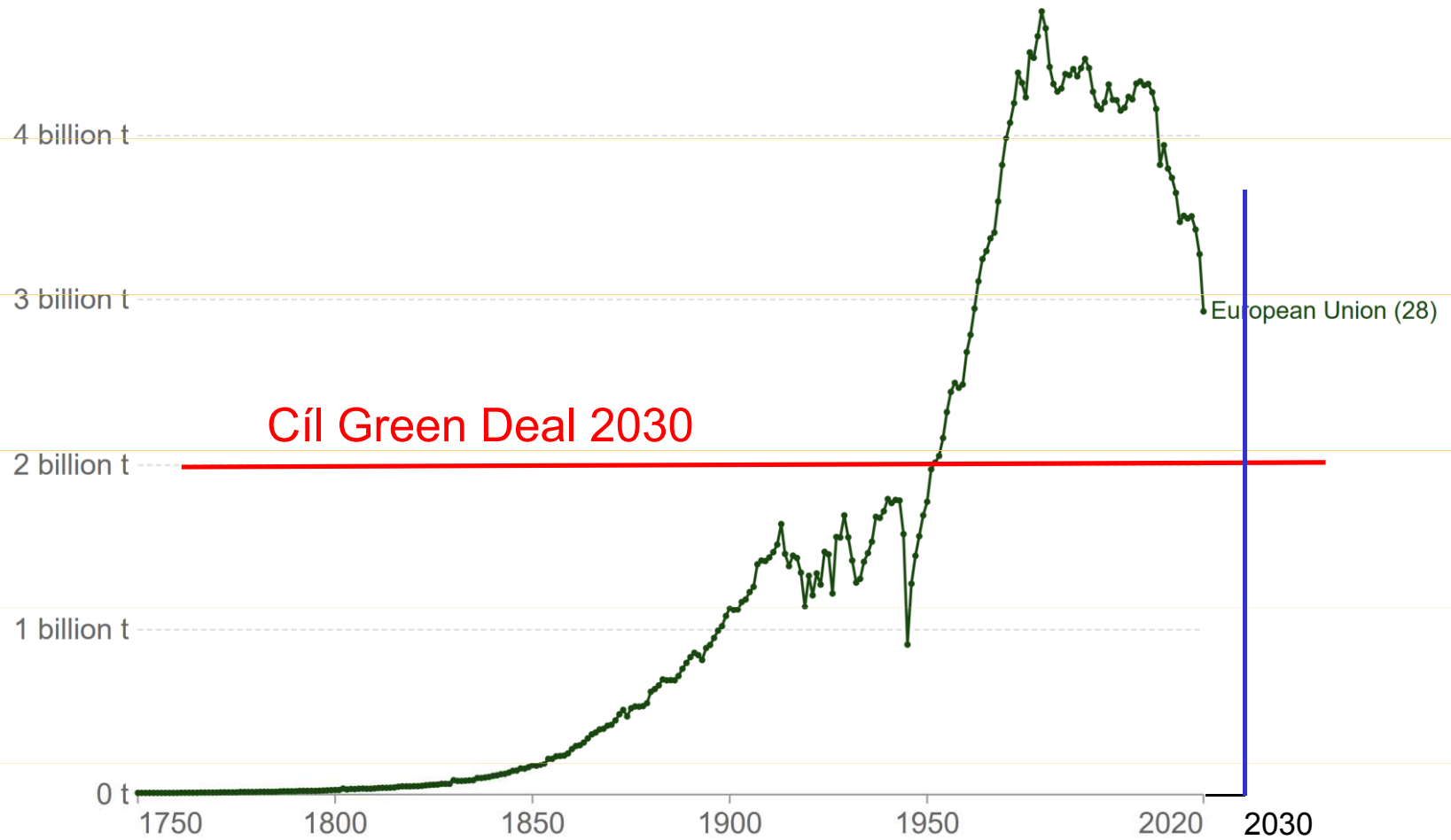
(European Green Deal)

Do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů o 55% oproti roku 1990.

Do roku 2050 být klimaticky neutrální.

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the burning of fossil fuels for energy and cement production. Land use change is not included.



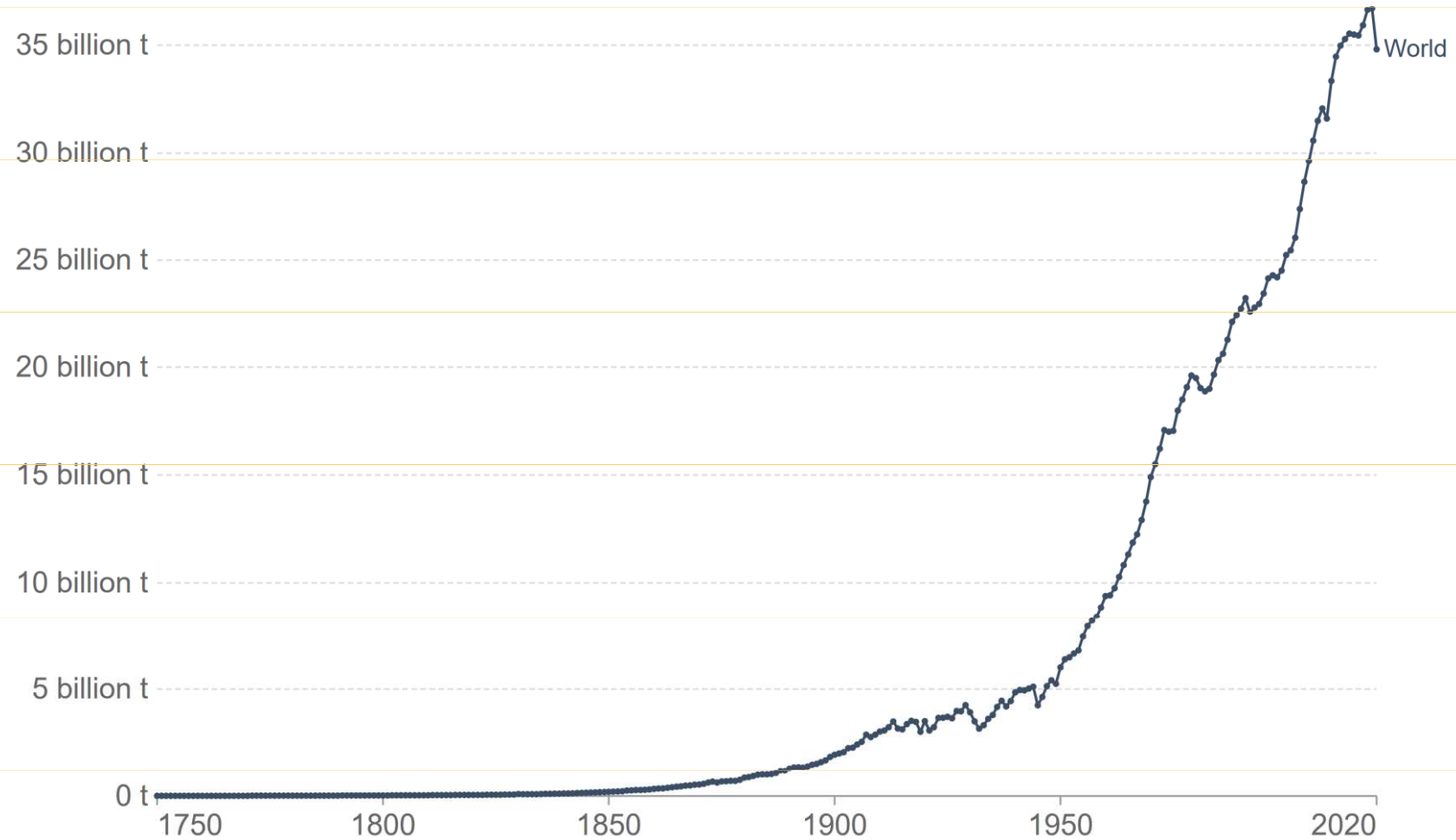
Source: Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Annual CO₂ emissions

Our World
in Data

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the burning of fossil fuels for energy and cement production. Land use change is not included.



Source: Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Švédsko

závazek 1980: odstoupení od jaderné energetiky do roku 2010

skutečnost 2017: 37% elektřiny z jádra

[2011: Sweden continues to expand nuclear energy production](#)

Nové závazky 2006:

do r. 2020 – nezávislé na ropě

[zde](#)

do r. 2050 – bez emisí CO₂

[a zde](#)

[spotřeba ropy ve Švédsku](#)

Greta Thunbergová



a zkažené dětství

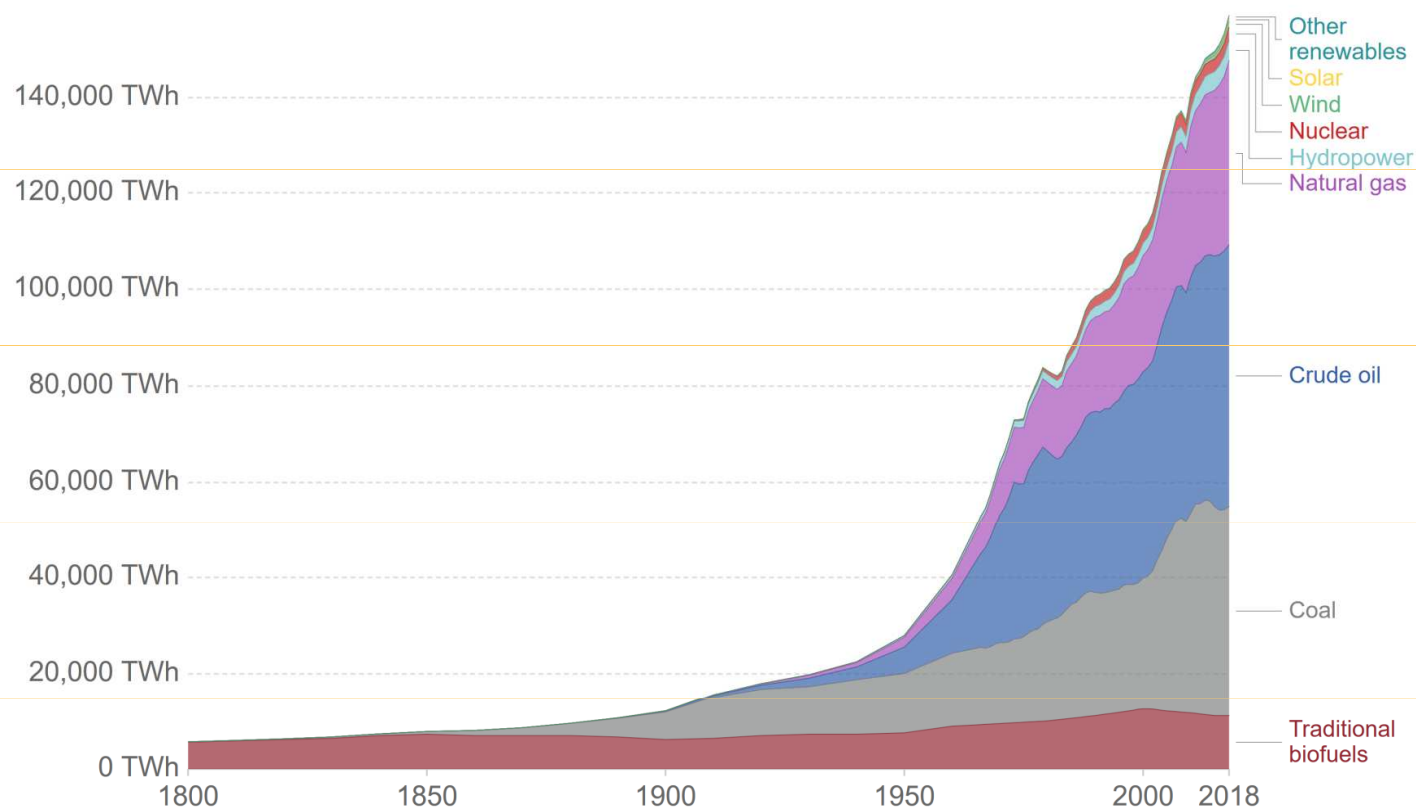
Pátky pro budoucnost



Global primary energy consumption

Global primary energy consumption, measured in terawatt-hours (TWh) per year. Here 'other renewables' are renewable technologies not including solar, wind, hydropower and traditional biofuels.

Our World
in Data



Source: Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy

CC BY



Alexander Ač

Ústav výzkumu
globální změny
Akademie věd ČR

A co s tím jako chcete dělat?

Existují jediné dvě možnosti, jak skutečně významně snížit spotřebu energie:

genocida a bída

Záchrana planety je ušlechtilý cíl. Největší cíl
v dějinách lidstva.

A v jeho zájmu je ospravedlnitelné cokoliv!

I teror!

Našlápnuto je docela slušně

Tim Hunt (Nobelova cena za biologii) – téměř konec akademické kariéry, [zde](#)

Šest let natvrdo za dvě věty na internetu, [zde](#)

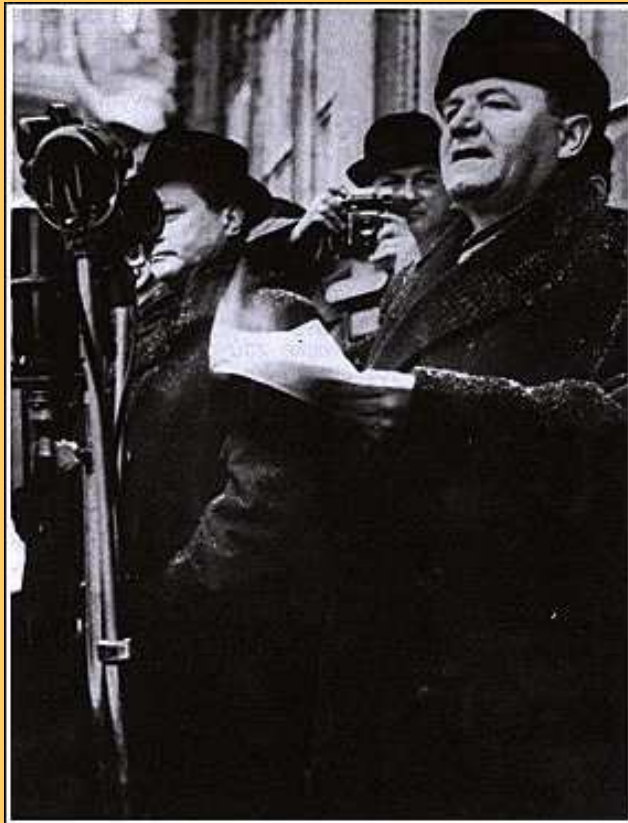
Skutečné šílenství, [zde](#)

Skutečné násilí, [zde](#)

Vaporizace, [zde](#)

Není pravda, že za západem zaostáváme,

naopak jsme jej o 70 let předběhli!



Myslete na to, bude to Váš svět.