

Zdroje energie

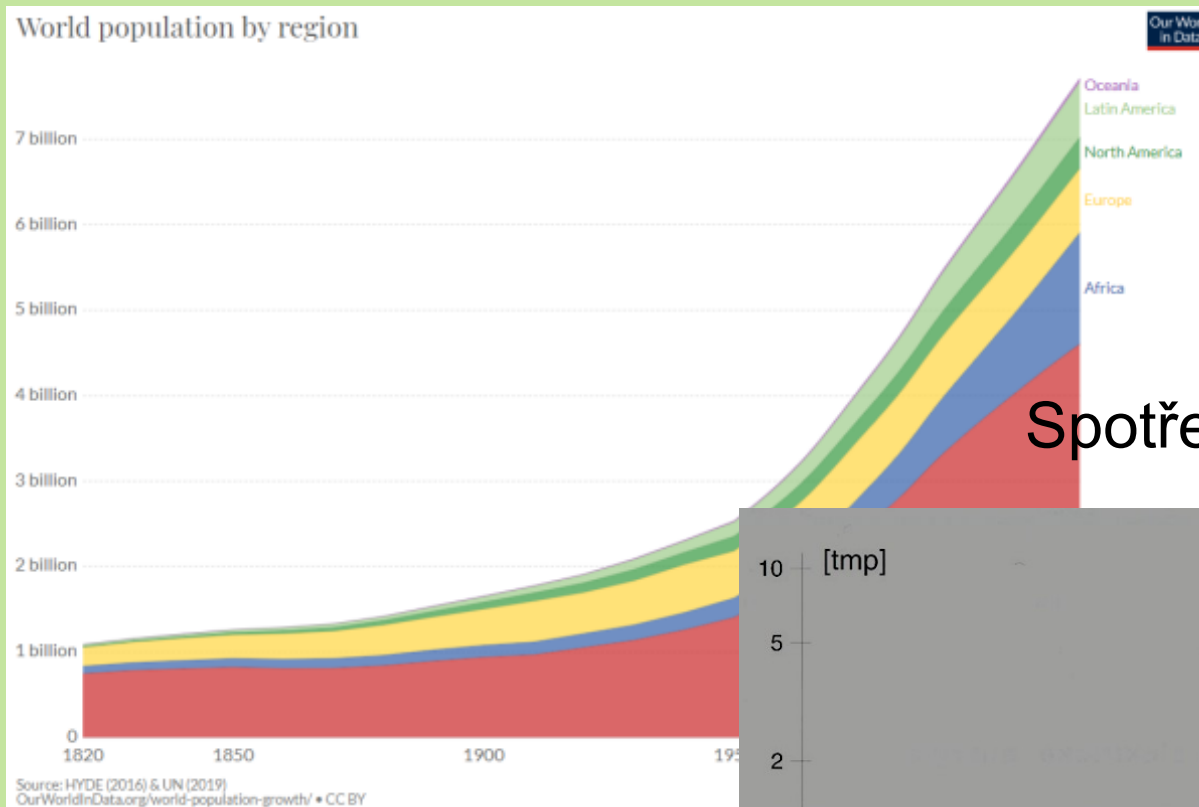
Zdeněk Bochníček

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

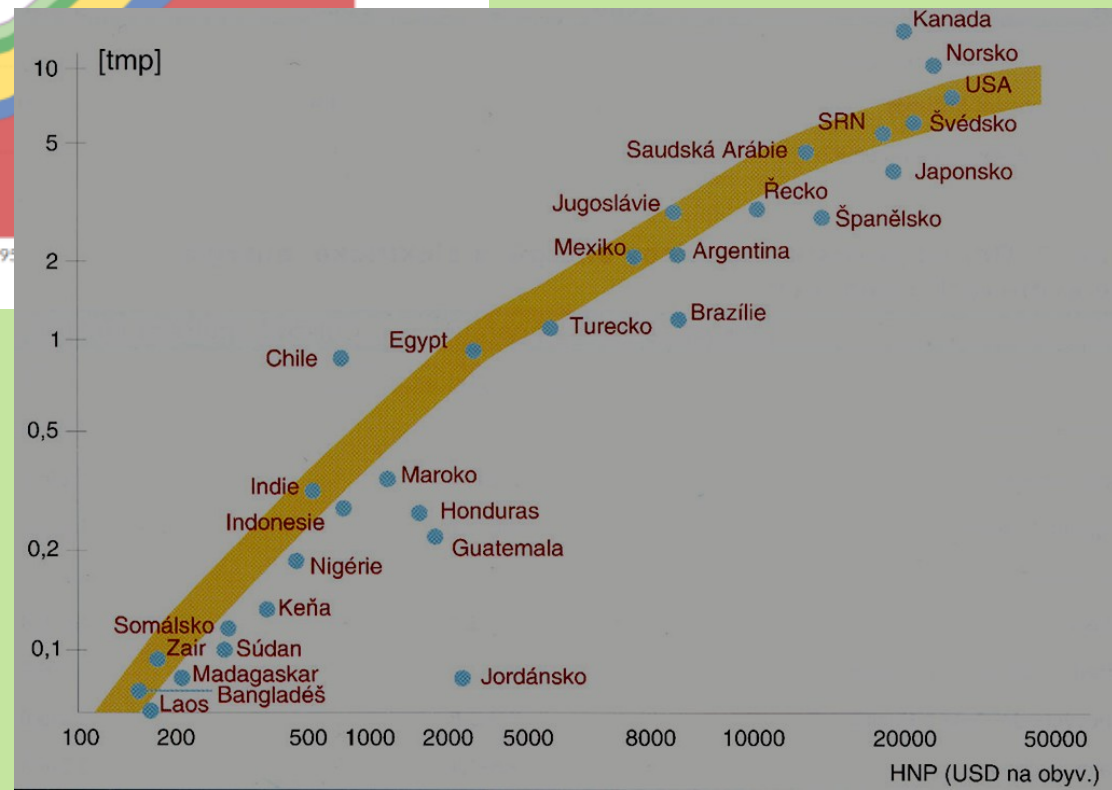
Rozvoj civilizace je spojen s růstem spotřeby energie

- růst počtu obyvatel
- růst spotřeby na obyvatele

Růst světové populace

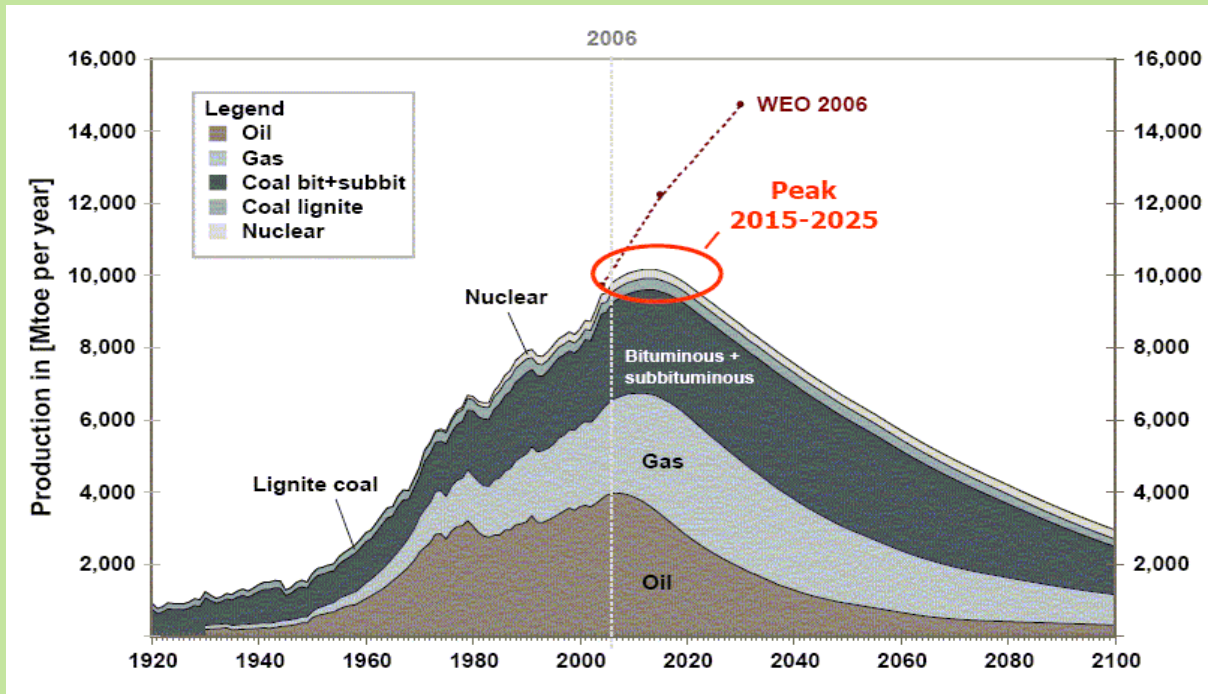


Spotřeba energie na hlavu

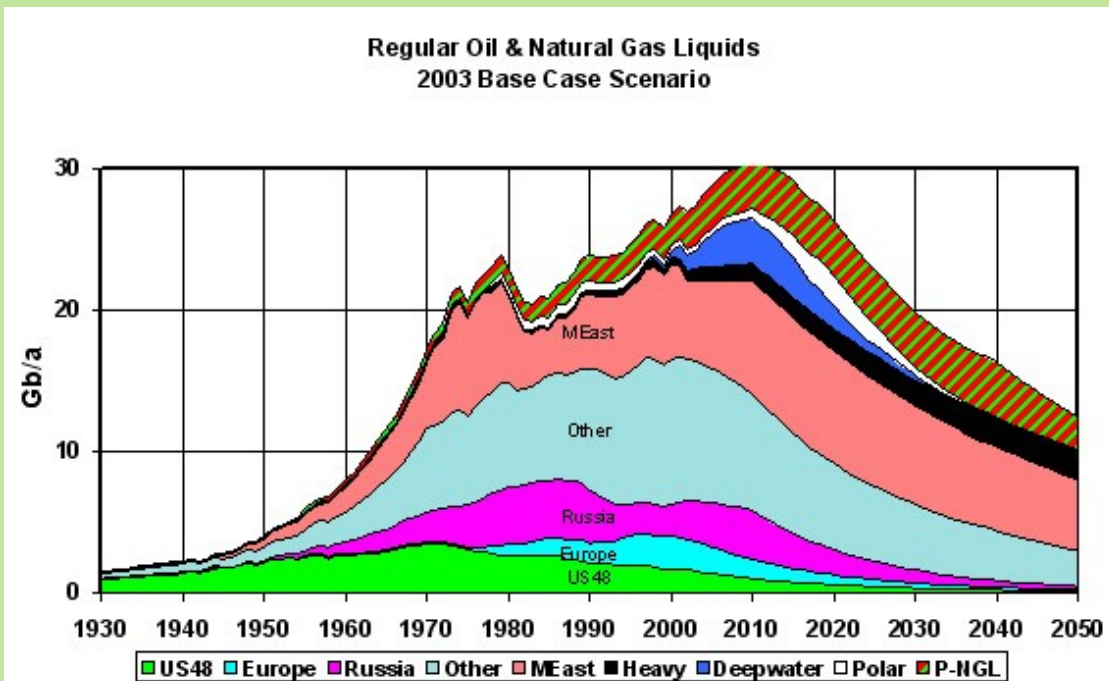


Něco se přece musí stát!

Prognóza 1

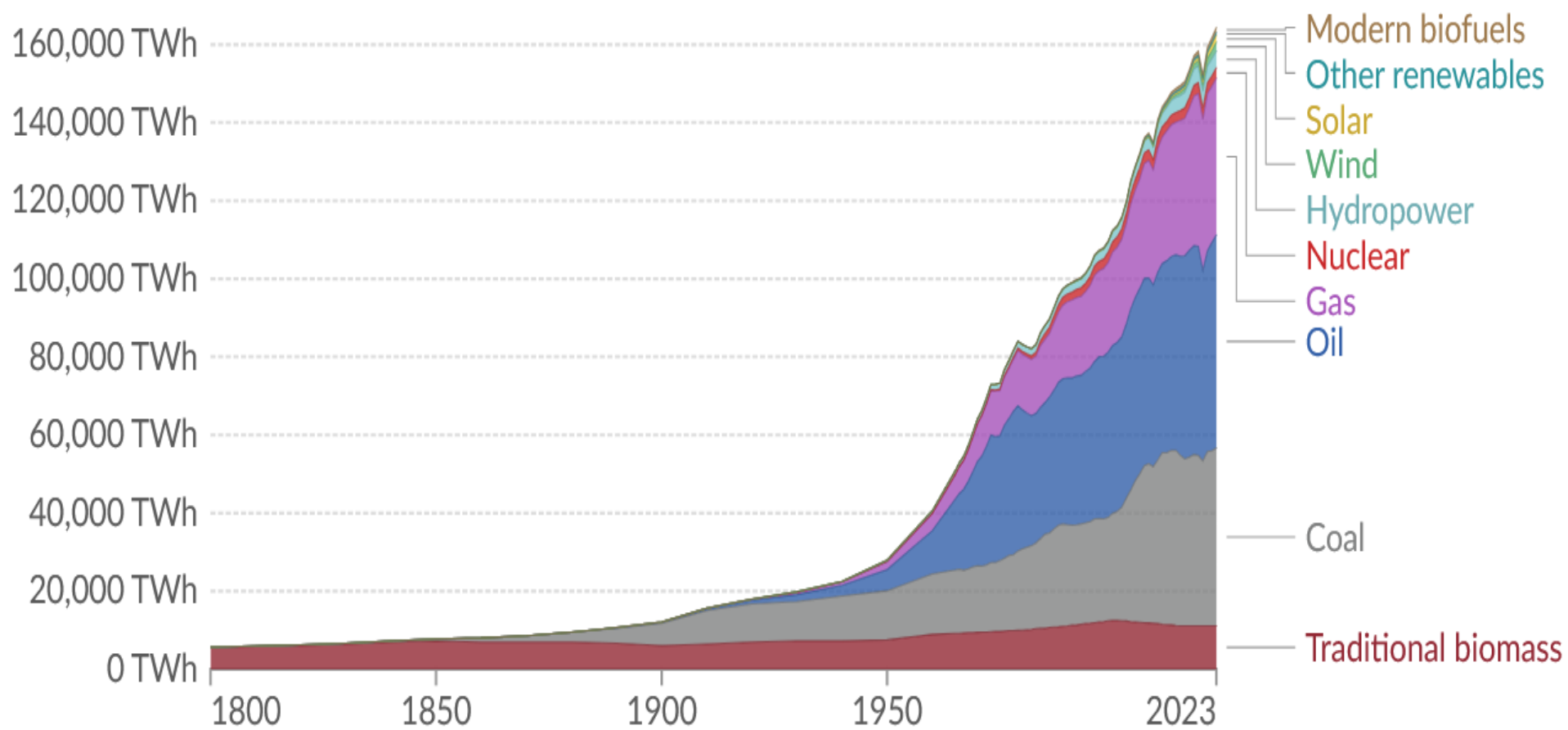


Prognóza 2



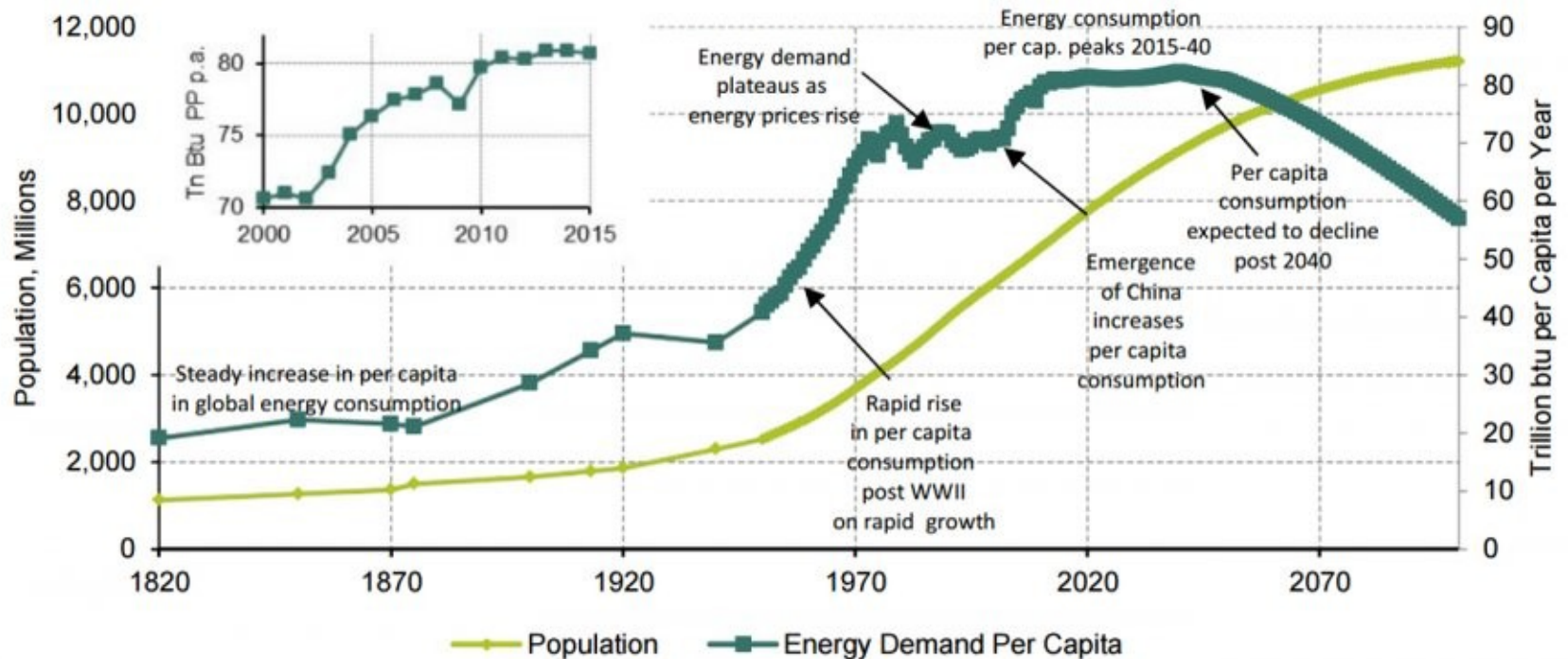
Ale zatím se to neděje!

Skutečnost: Spotřeba energie podle zdrojů



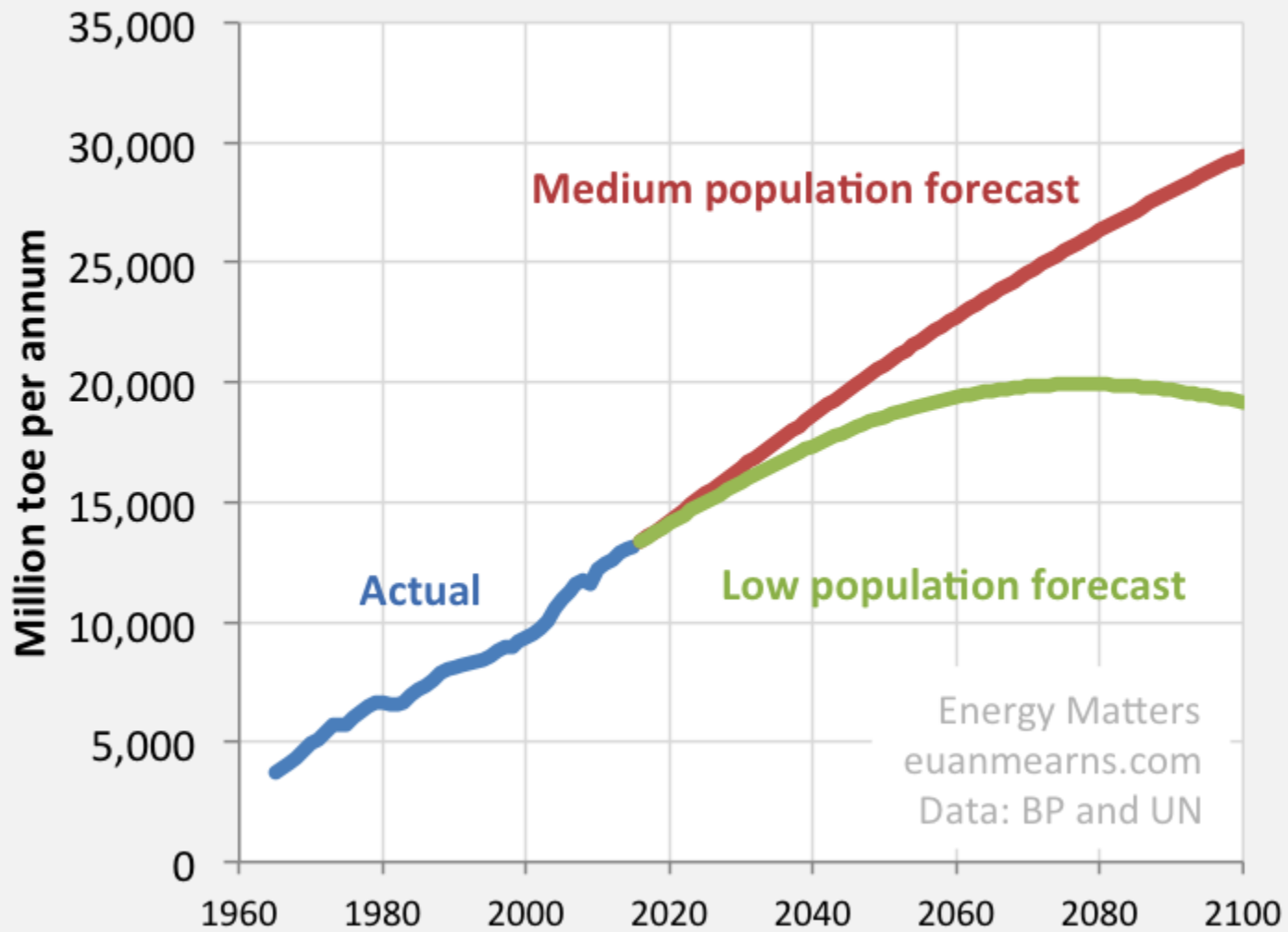
Jiné prognózy

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

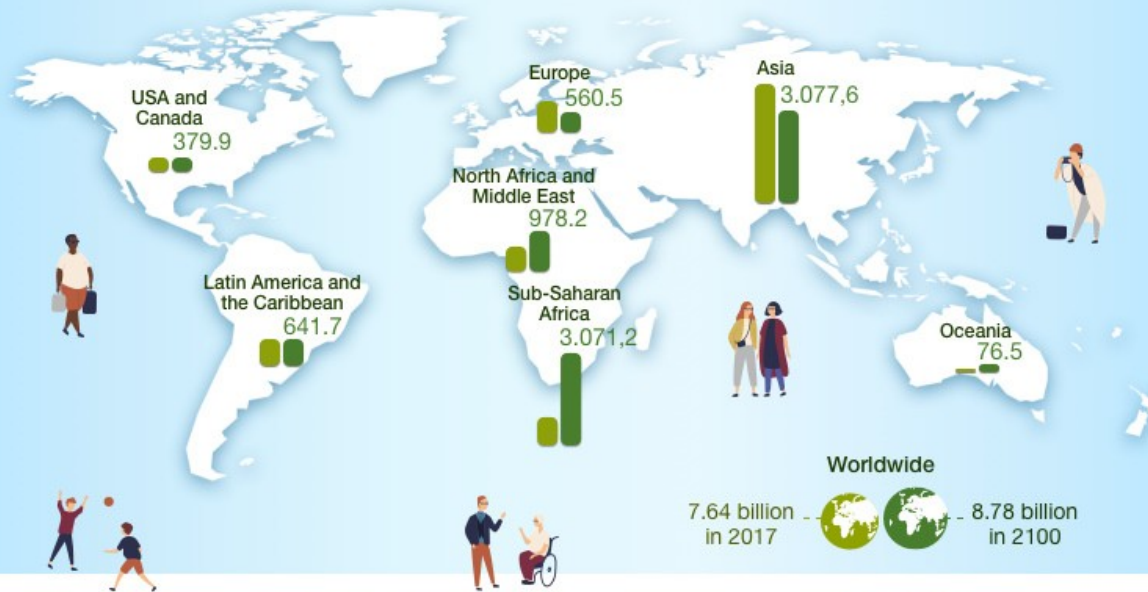
World Energy Consumption Scenarios



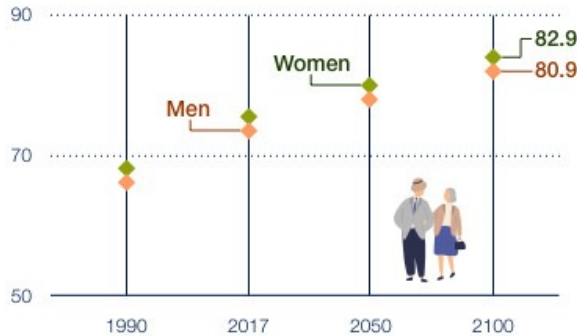
World population growth

According to *The Lancet*, the world population will grow at a slower rate than projected by the UN. Specifically, it will reach 8.8 billion people (about 2 billion less) by the year 2100.

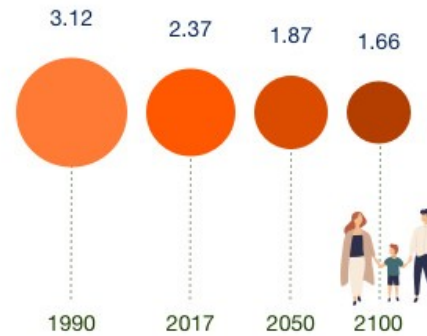
Population growth by region, in millions of inhabitants



Life expectancy (in years)



Fertility rate (number of children per woman)



Spotřeba energie na Zemi poroste

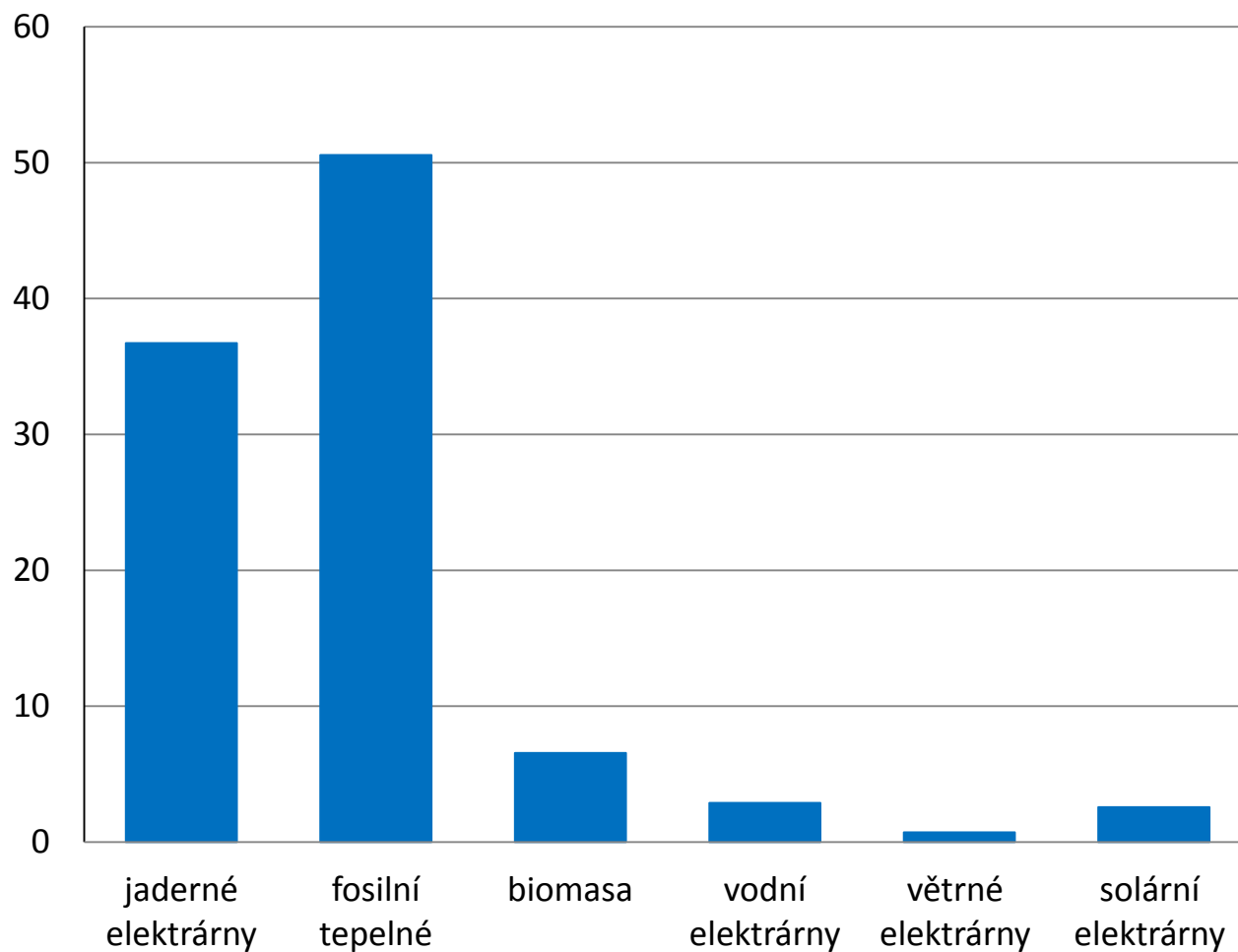
.. pokud se svět bude vyvíjet směrem k lepšímu

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

genocida a bída

Zdroje energie

Podíl zdrojů ČR 2021 (%)



Vodní bez přečerpávacích,

biomasa = biomasa + bioplyn + odpady

Fosilní paliva:

- uhlí
- ropa
- zemní plyn

Jaderná paliva:

- uran
- thorium
- plutonium

Obnovitelné zdroje:

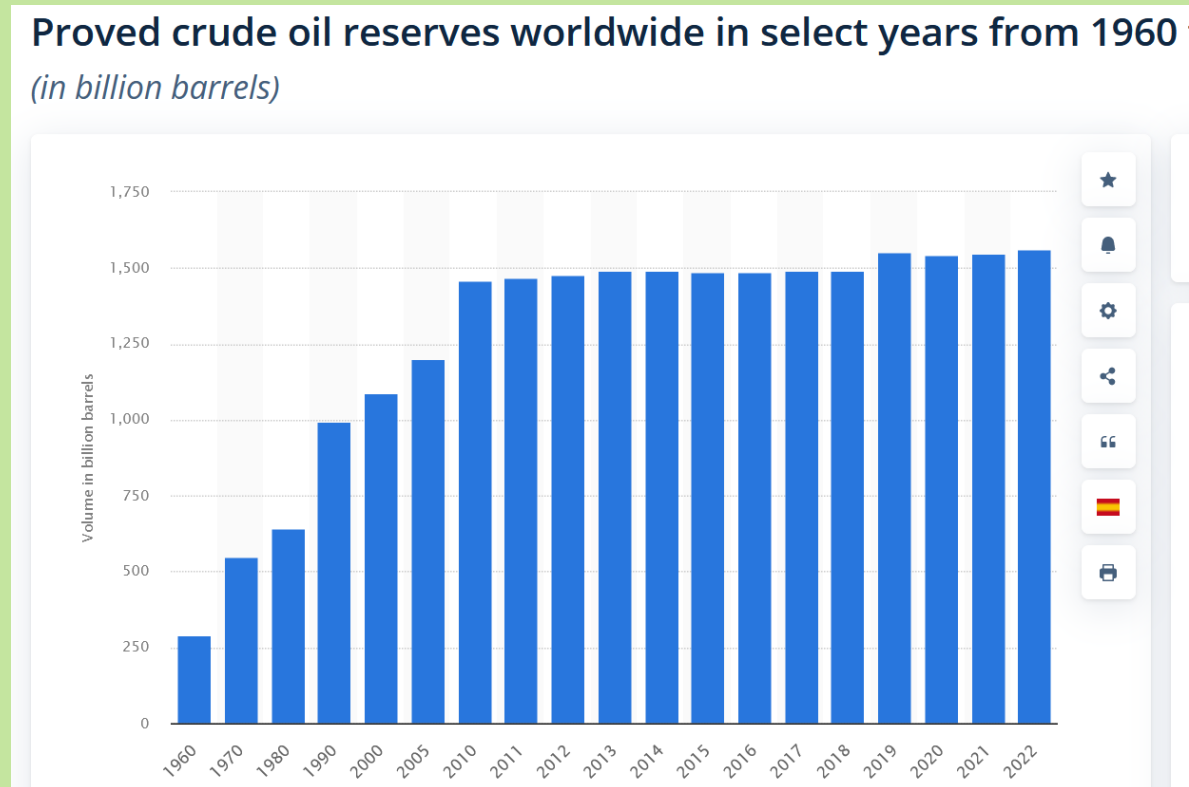
- slunce
- vítr
- voda
- biomasa
- geotermální energie

Fosilní paliva

Problémy:

- omezené zásoby
- životní prostředí – emise (nejen) CO_2 ,
(skleníkový jev)

ropa



Římský klub 1972:
Ropa bude vyčerpána do r. 1992

Obnovitelné zdroje

Problémy:

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

Voda:

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

Biomasa

Výhřevnost lib. dřeva (20% vlhkosti): 4,3kWh/kg

Roční výnos:

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

Účinnost tepelné elektrárny: 40%

Biomasa

Elektrina v ČR = 110 000km²

(smrkového lesa)

Plocha lesů ČR = 27 000km²

Nyní: biomasa 6,5%

Uváděný dostupný potenciál

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

27 000 GWh tepla

11 000 GWh elektřiny (15%)

jednotky procent celkové spotřeby energie ČR.

Voda a biomasa – jediné stabilní a předvídatelné zdroje energie

V celkové energetice ČR však mohou hrát jen málo významnou roli.

Zbývá tedy vítr a slunce

Vítr

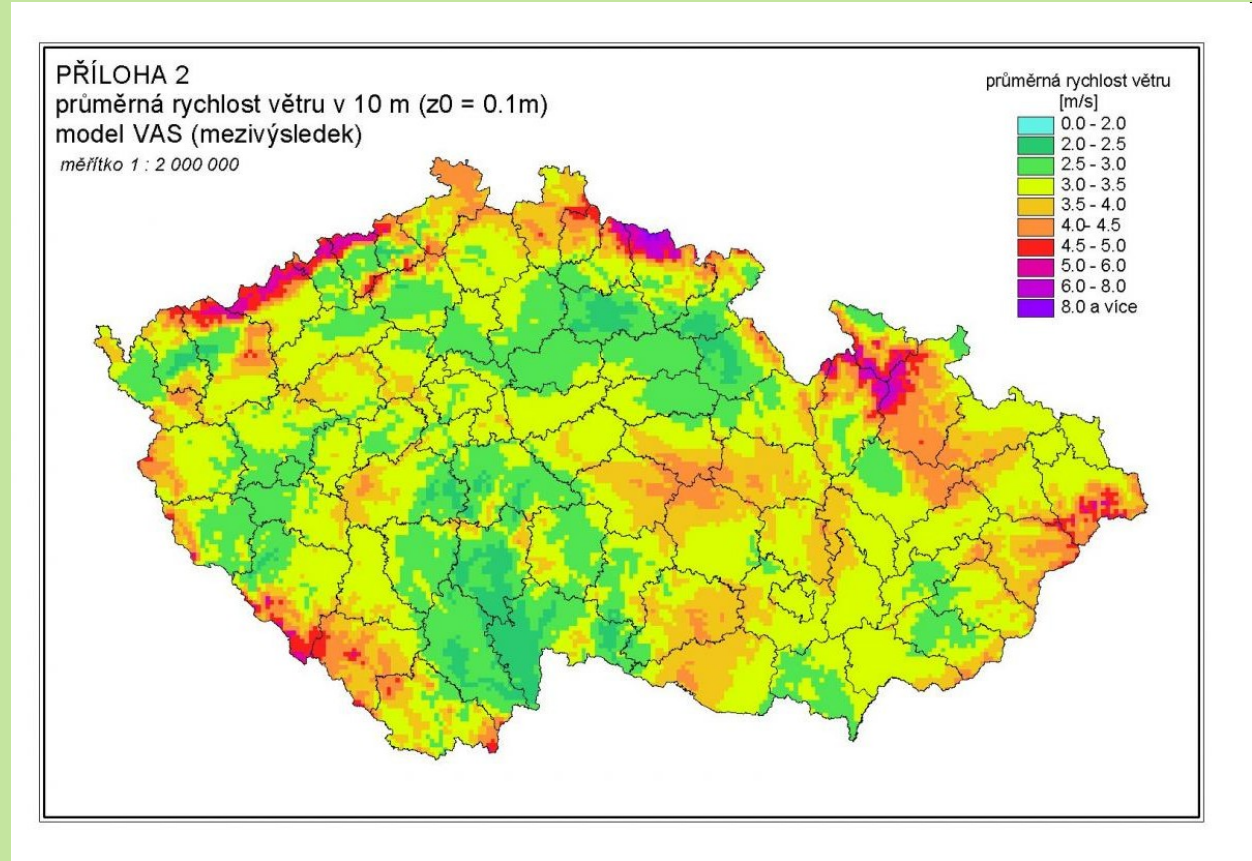
Potřeba elektřiny ČR =

**N větrných elektráren
s průměrem rotoru 44m
(Jindřichovice pod Smrkem)**



průměrná rychlost větru	počet elektráren N
5 m/s	150 000
6 m/s	90 000
7 m/s	56 000
8 m/s	38 000

Větrná mapa České republiky

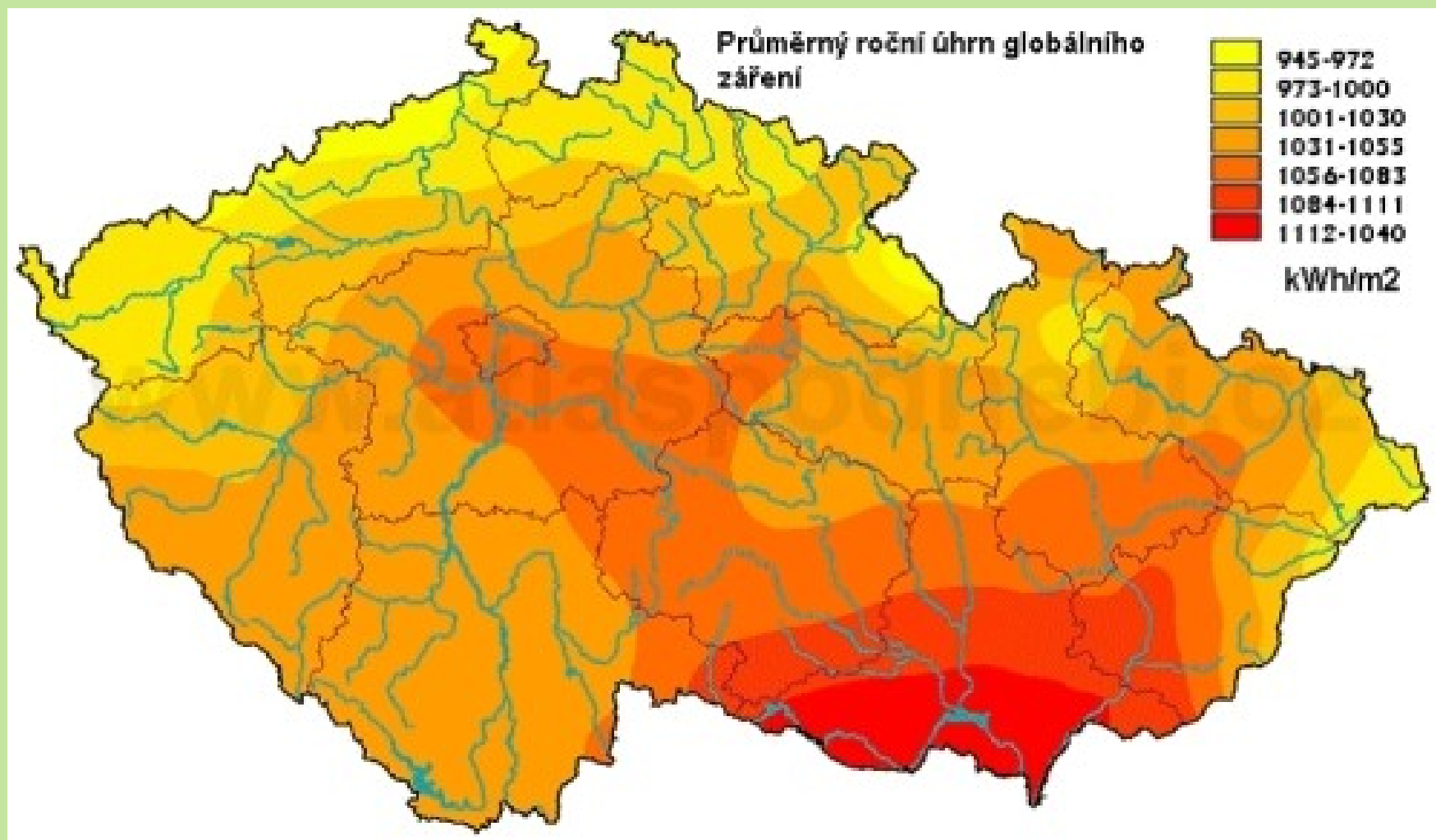


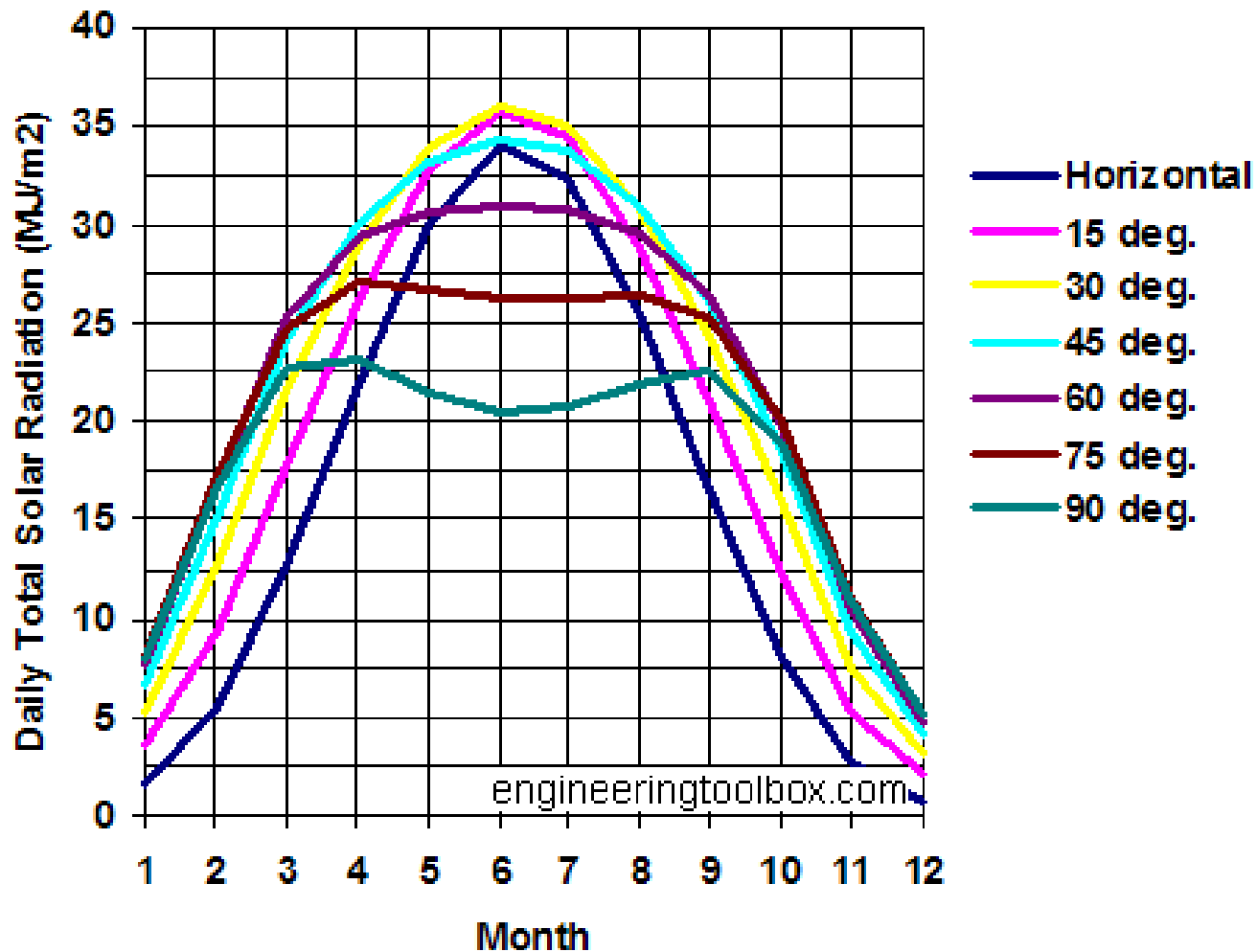
Realita: bylo by třeba 120 000 jindřichovických elektráren

Jen elektřina!

Zbývá tedy pouze slunce

Slunce





1kWh = 3,6MJ

Solární článek – fotovoltaický jev

Elektrina ČR = 400 km²
plochy solárních článků

Jen elektrina!

Nyní:

Nainstalováno 2,5GW výkonu (Temelín 2GW),
výroba necelá 3% potřeby elektriny (se 100% odběrem)

Máme asi 10 - 15km² solárních článků

Jiný způsob – solární pec



Jaderné zdroje - štěpení uranu, plutonia

Problémy:

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

Zásoby uranu:

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

Možné jiné zdroje:

termonukleární fúze

termonukleární fúze - slučování jader



Vysoká teplota

DT	$T > 10^8 \text{ K}$
DD	$T > 4 \cdot 10^8 \text{ K}$

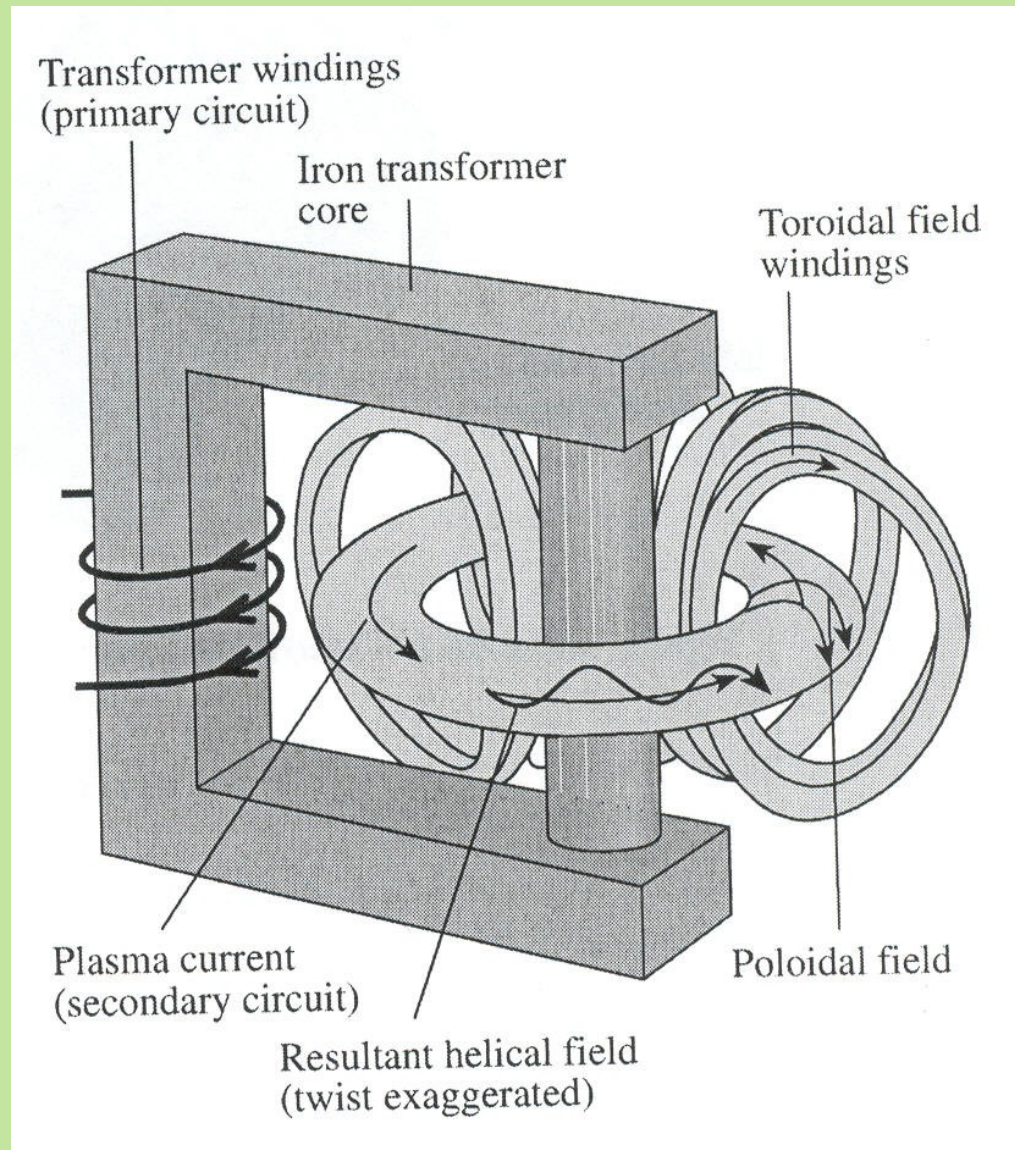
Dostatečná hustota a čas

DT	$n \tau > 10^{20} \text{ m}^{-3} \text{ s}$
DD	$n \tau > 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ s}$

Lawsonovo kritérium



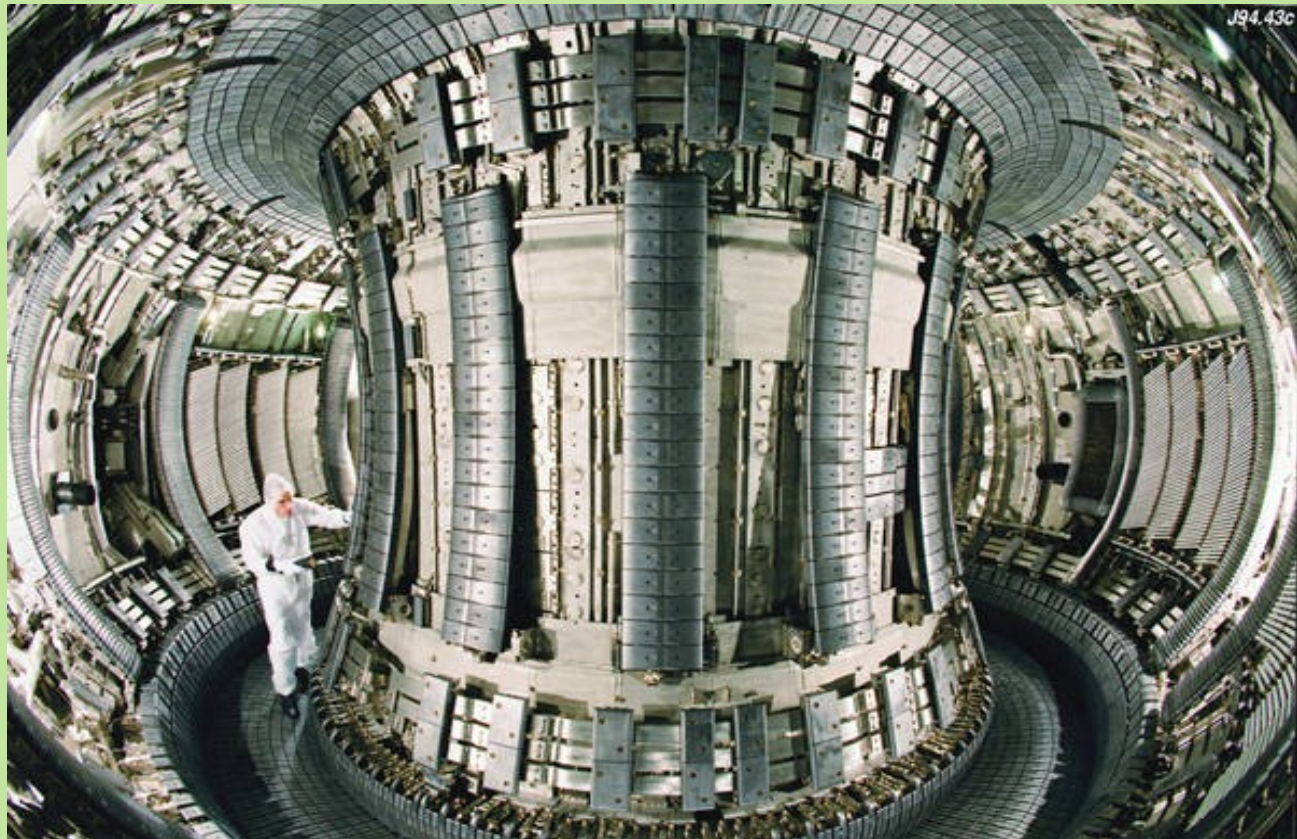
Tokamak



JET (Joint European Torus)

(Culham GB)

výkonové zesílení $Q = 0,64$



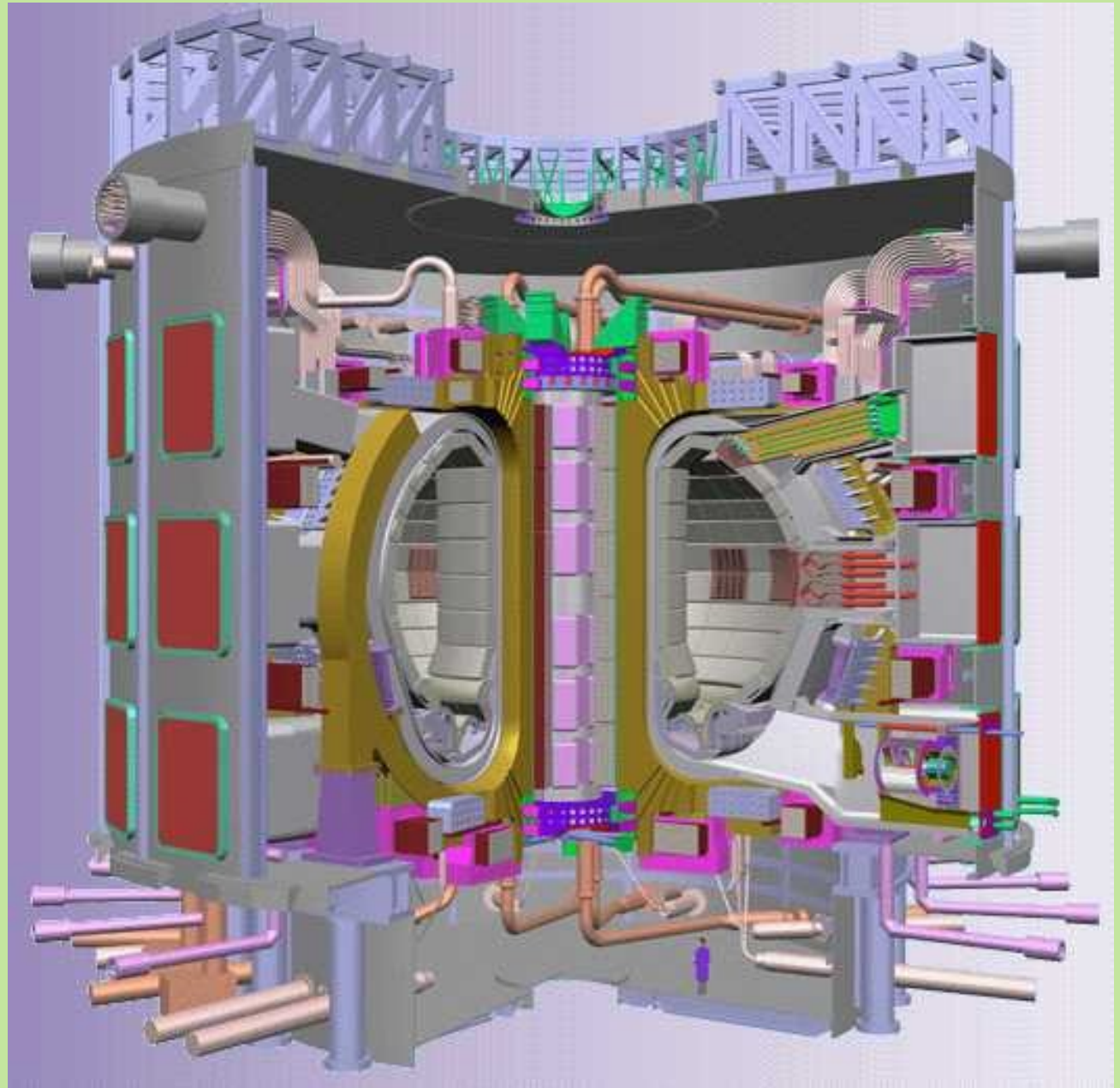
ITER

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
Francie

[zde](#)



ITER, listopad 2024



Perspektivy jaderné fúze

ITER

2010 – 2030

DEMO

(demonstrační elektrárna)

2035

komerční elektrárna

2050

Nebude dodrženo

Palivo pro termojadernou fúzi

deuterium – z obyčejné vody

(1 atom D na 6500 atomů H)

zásoba na miliardy 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)

Zelená dohoda pro Evropu

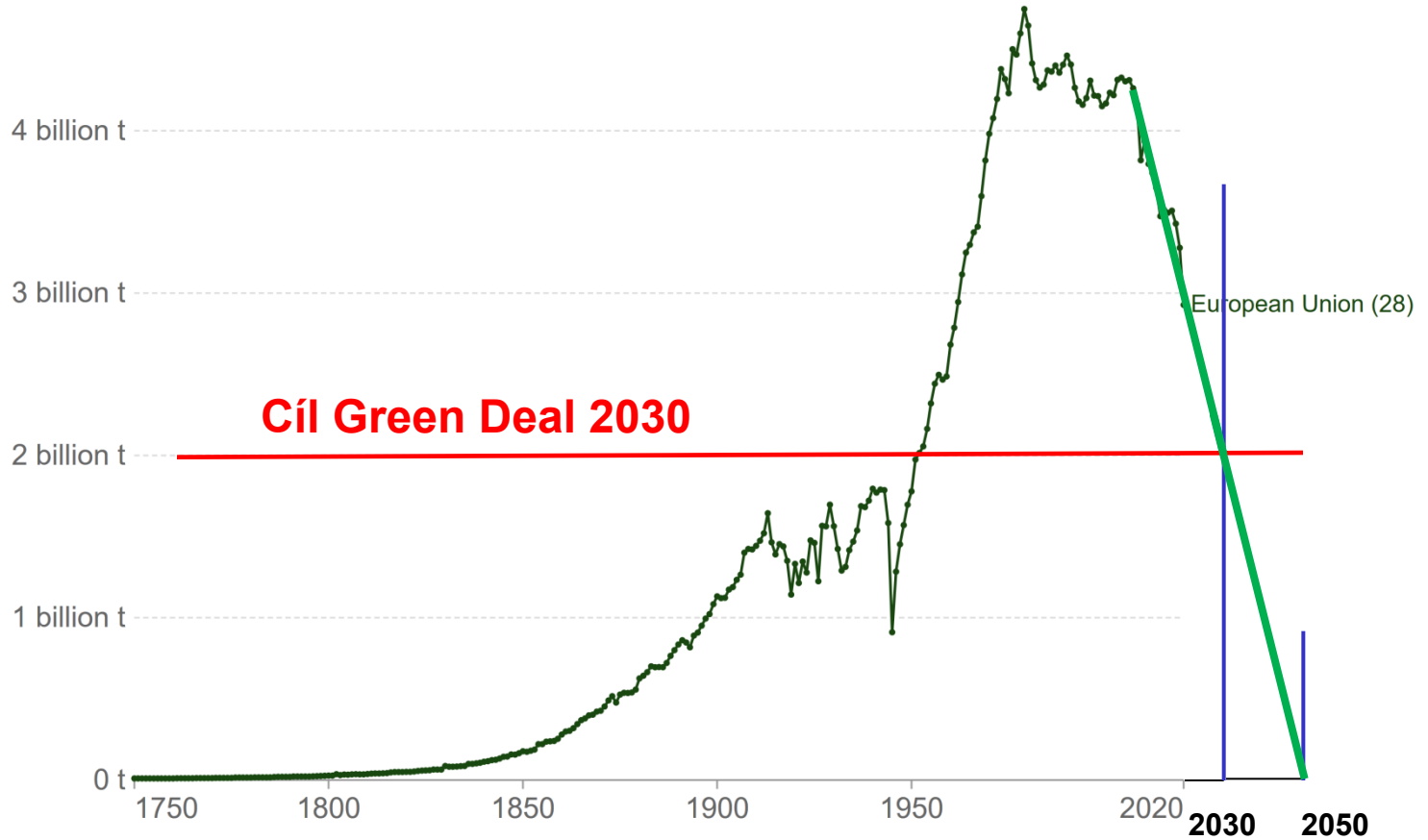
(European Green Deal)

**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.



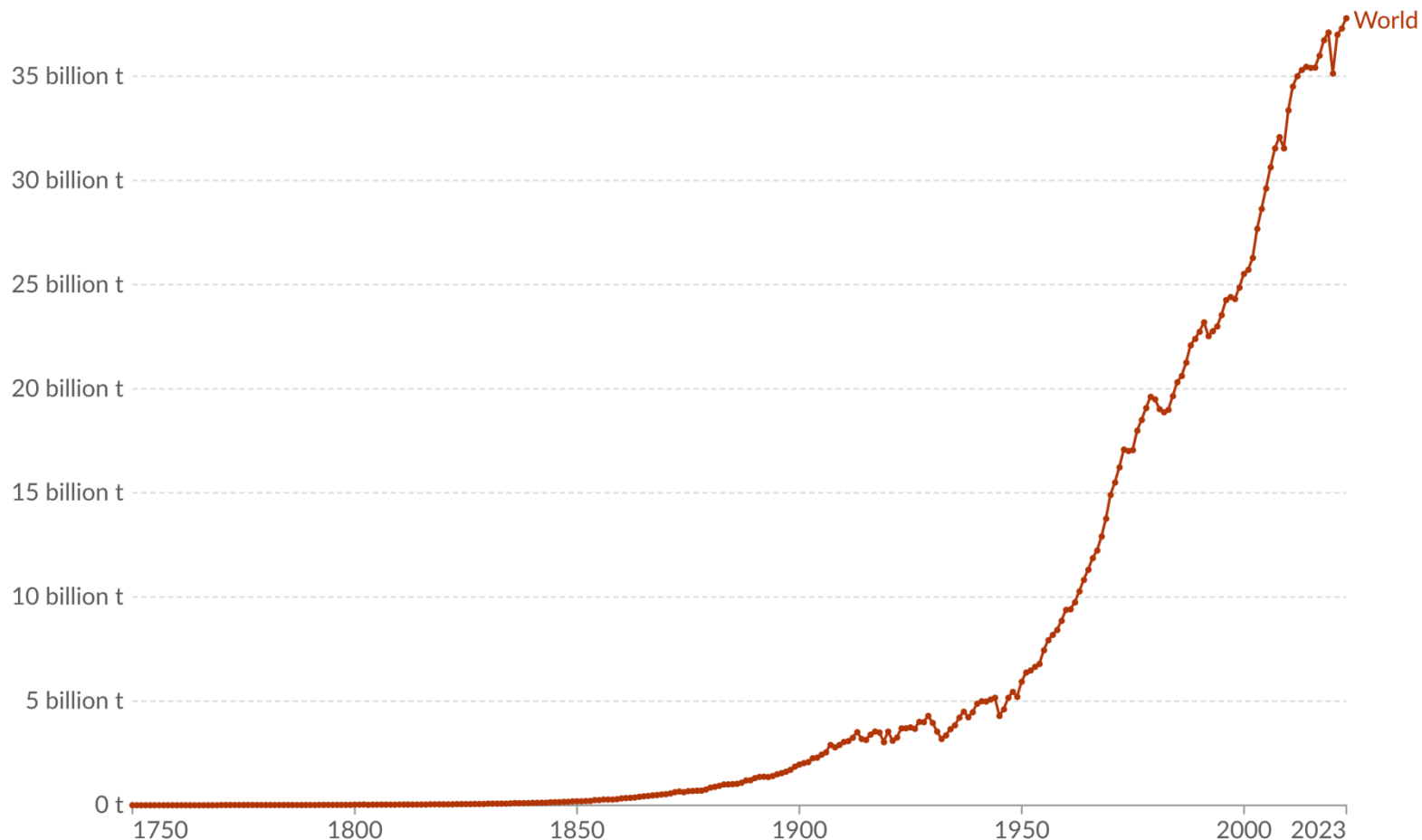
Source: Global Carbon Project

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

Annual CO₂ emissions

Our World
in Data

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



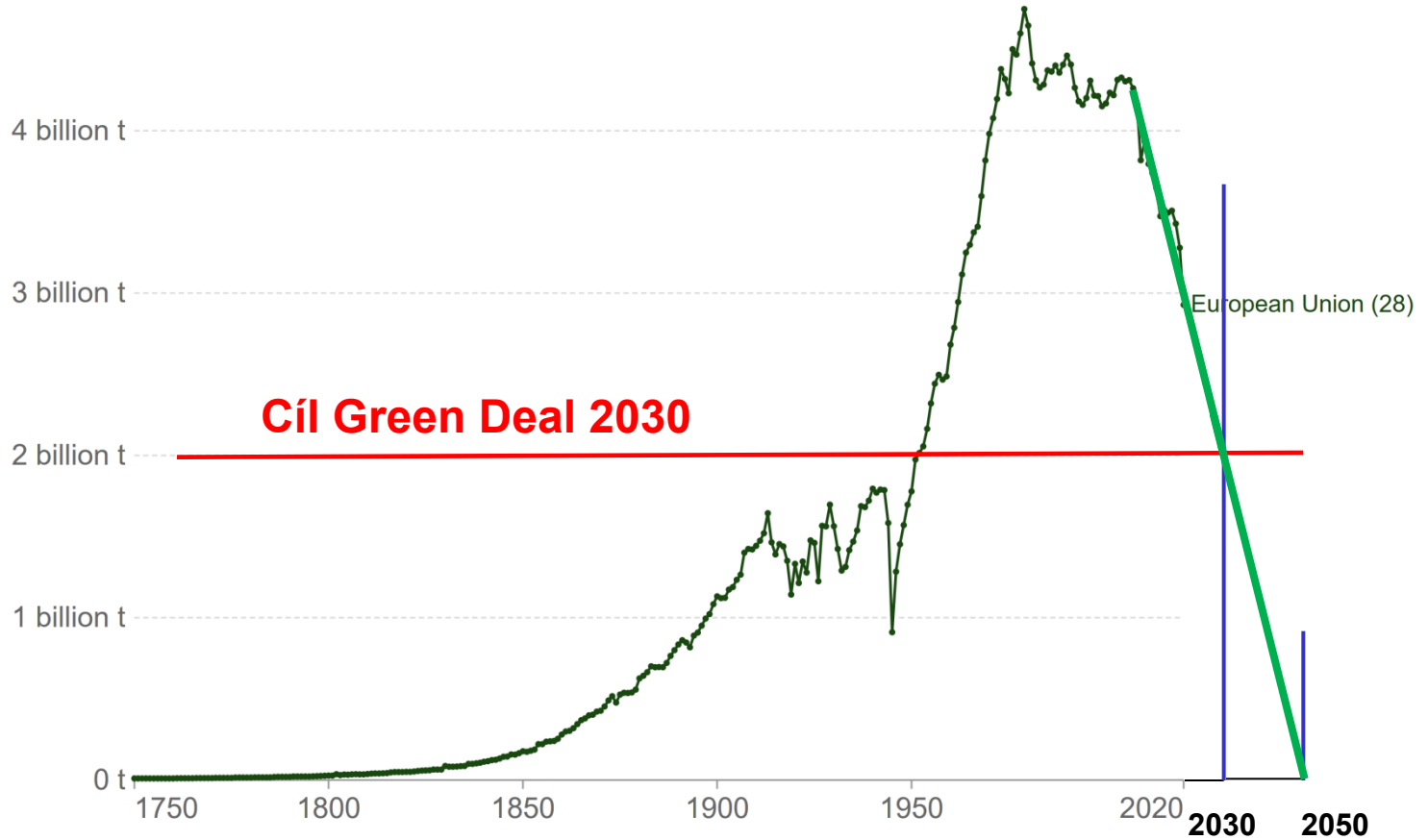
Data source: Global Carbon Budget (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

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

Minulý snímek neukazuje, že to půjde,

ale naopak, že to nepůjde!

Nahrazovat fosilní paliva obnovitelnými
zdroji bude stále těžší a těžší!

Modelový příklad – solární ohřev vody a vytápění

Varianta 1 - svítí slunce mám, nesvítí, nemám.

hadice na solární ohřev (1m², 1400Kč) [zde](#)

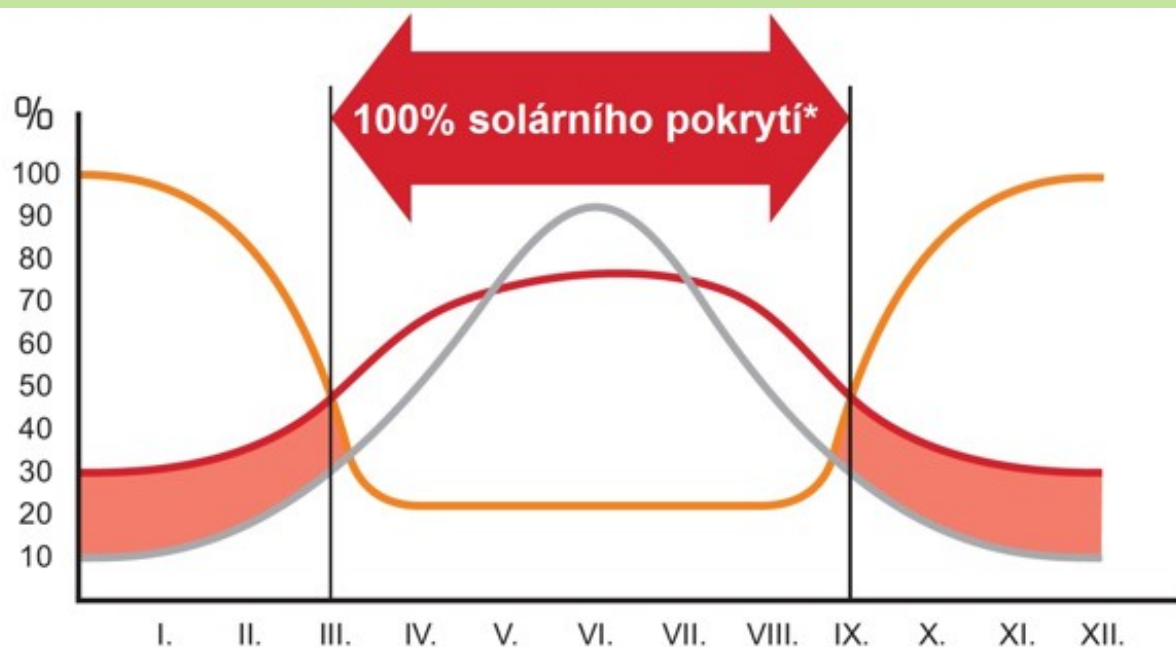
energetický zisk za jeden letní slunečný den:
cca 10kWh/m²





Za jeden letní měsíc je investice zpět 1kWh – 5Kč.

Varianta 2 – celé léto, část jara a podzimu

Kompletní solární systém na rodinný dům

solární set 5m², 1500kWh/rok, 7500Kč úspora



-  Rozložení roční spotřeby energie v domácnosti
-  Rozložení ročních zisků energie při využití vakuových kolektorů
-  Rozložení ročních zisků energie při využití plochých kolektorů
-  Rozdíl mezi využitelným ziskem vakuových a plochých kolektorů

* Rozmezí je pouze orientační. Pro různé domy se hodnota může měnit.

návratnost 10
a více let

Zdaleka nepokryje
celoroční spotřebu

Pokles účinnosti

Varianta 3 – celý rok

Akumulace energie v tepelně izolované vodní nádrži.

Průměrný nízkoenergetický dům 100m^2 , $30\text{kWh}/\text{m}^2$,
 3000kWh na vytápění.

Průměrná spotřeba teplé vody: $40\text{l}/\text{osoba}$ den

Zimní spotřeba teplá voda 4 členná rodina – polovina
celoroční, 1200kWh

Celkem 4200kWh akumulace na zimu.

Pro akumulaci je potřeba nádrž cca 120m^3 ,
krychle o hraně 5m.

Pokles účinnosti – tepelné ztráty

$Q =$

tloušťka izolace 50cm

$$Q = 0,035 \frac{50 \cdot 150}{0,5} \text{ W} = 500 \text{ W} = 4400 \text{ kWh/rok}$$

ztráty asi 50%,

izolace + beton: díra s rozměry 7x7x7m³

Investice 1 mil. Kč ?

Cíl: zajistit akumulaci pro 1 mil. domácností

investice 1 bilión Kč

šestiletá výroba betonu v celé ČR

Získá se několik procent celkové spotřeby energie ČR

Německo poslední rok

Power generation and consumption

[GWh/day]

2 000

1 600

1 200

800

400

0

12/2023

01/2024

02/2024

03/2024

04/2024

05/2024

06/2024

07/2024

08/2024

09/2024

10/2024

11/2024

— Total electricity dema...

● Biomass

● Hydro

● Wind offshore

● Wind onshore

● Solar

● Conventional

● Nuclear

● Lignite

● Hard Coal

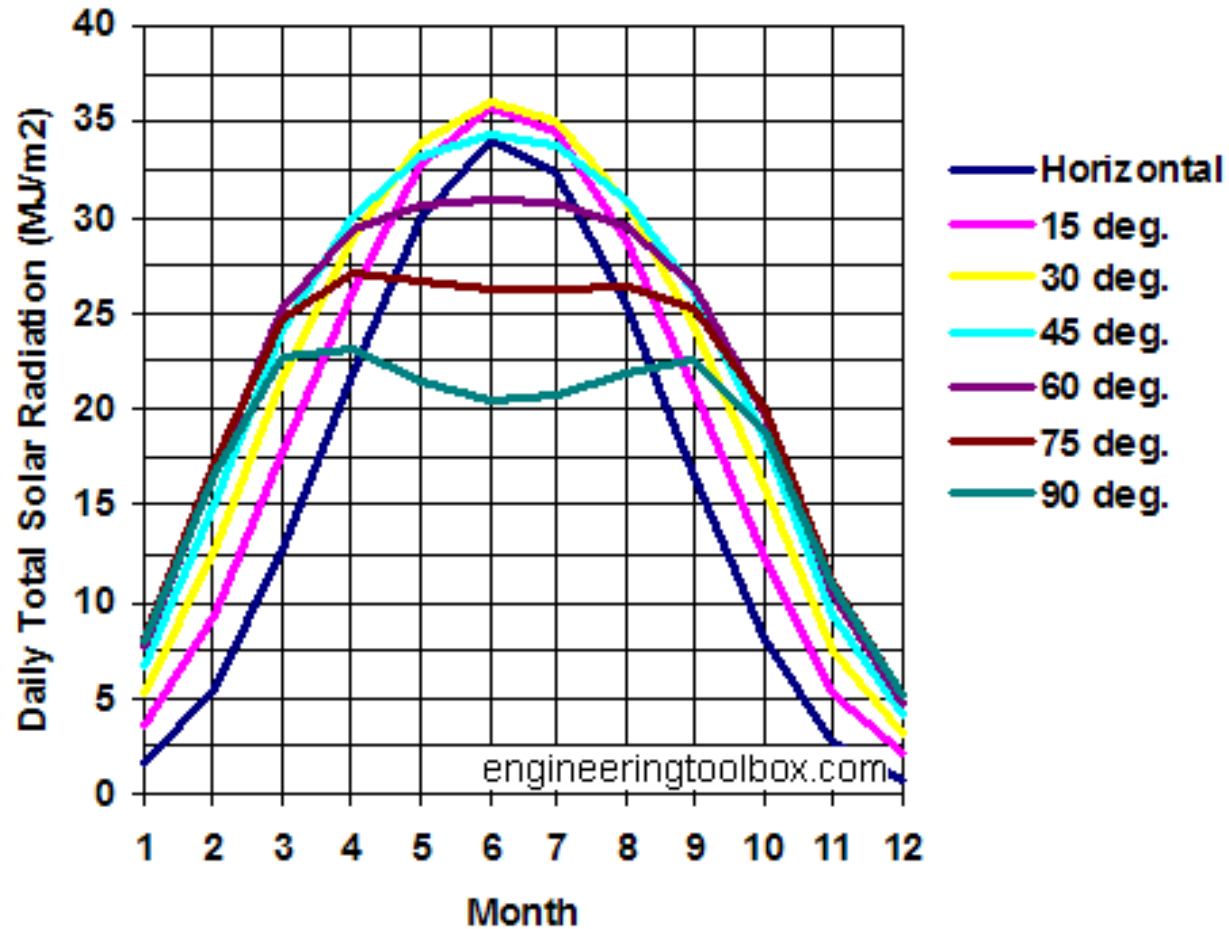
● Natural Gas

● Pumped storage gen...

● Other

odkaz

Základní problém: akumulace



Na úvod jedna kuriozita

Gravitační akumulace [zde](#)

projekt Gravitriciti v Ostravě



Modelový příklad

1000 tunové závaží do hloubky 1000m
(1000 tun = 700 vozů Octavia)

Potenciální energie

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

5 sekund práce Temelína

Možnosti akumulace:

Krátkodobá

- akumulátorové baterie
- horká voda
- vodík (+ syntetická paliva)
- přečerpávací elektrárny
- gravitace

Dlouhodobá

- vodík (+ syntetická paliva)
- horká voda

Vodík

palivo s vysokou hmotnostní výhřevností (120MJ/kg)
(nafta 43MJ/kg)

ale velmi malou objemovou: 1 litr nafty je 5000 litrů vodíku
(za norm. tlaku)

V současnosti používané tlakové nádoby 350
atm, počítá se s 700 atm

energie potřebná ke kompresi cca 10% energie paliva



**350 kg stlačeného
vodíku v 40t soupravě**

**spotřebuje na 100km
jízdy 3% toho, co veze**



**38 000l (32 000 kg) nafty
v návěsu**

**spotřebuje na 100km
jízdy 0,1% toho, co
veze**

Akumulace solární elektřiny ve vodíku

Slunce → fotovoltaika → elektřina → vodík → elektřina

Na 1m² dopadne za rok asi 1000kWh

Solární články vyrobí 200kWh (účinnost 20%)

Elektrolýzou se získá 140kWh (70%)

Po kompresních ztrátách zbude 126 kWh (90%)

Po spálení (palivový článek, hoření) zbude 50-75kWh (40-60%) (V dalším budeme počítat s 60kWh)

Modelový příklad:

Akumulace energie na zimu pro české domácnosti

Spotřeba elektřiny domácností v období říjen-březen
8800GWh

4,5 mil domácností v průměrném nízkoenergetickém
bytě (domě) s plochou 80m² a spotřebou na vytápění
30kWh/m² za rok.

10 000GWh

Průměrná spotřeba teplé vody: 40l na osobu a den pro
ČR v období říjen-březen

2 900GWh

(systematické chyby)

Pro pokrytí zimních potřeb domácností bude potřeba 350km² plochy solárních článků

Jen pro akumulaci na zimu!

+ solární články na okamžitou letní spotřebu + články na krátkodobou akumulaci (noc, zamračené počasí)

Spotřeba domácností je jen zlomkem celkové spotřeby státu (20 – 25%)

Lze tedy odhadnout, že bude potřeba cca 1 500km² solárních článků.

i kdyby to byla polovina.....

i kdyby to byla třetina.....

je to zcela mimo realitu.

Uvažujme tu třetinu

Máme 500km² solárních článků (200W/m²).

Ve slunečném dni se v síti objeví 100GW
(50 elektráren Temelín)

a bude muset být k dispozici infrastruktura, která tento výkon dokáže zpracovat (elektrolýza, komprese)

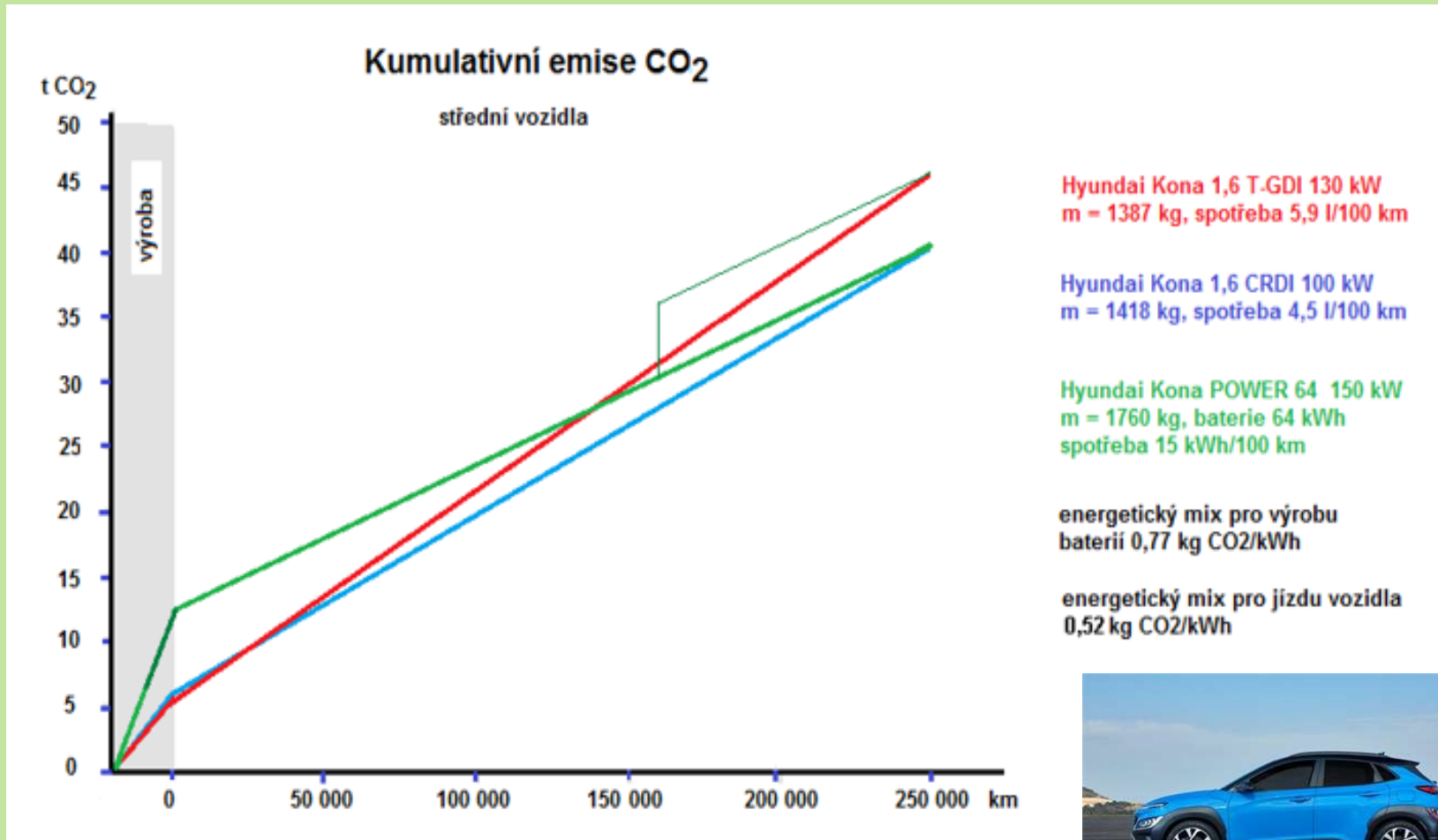
a to vše se má stihnout za 26 let.

Ani desetina není reálná!

Elektromobilita

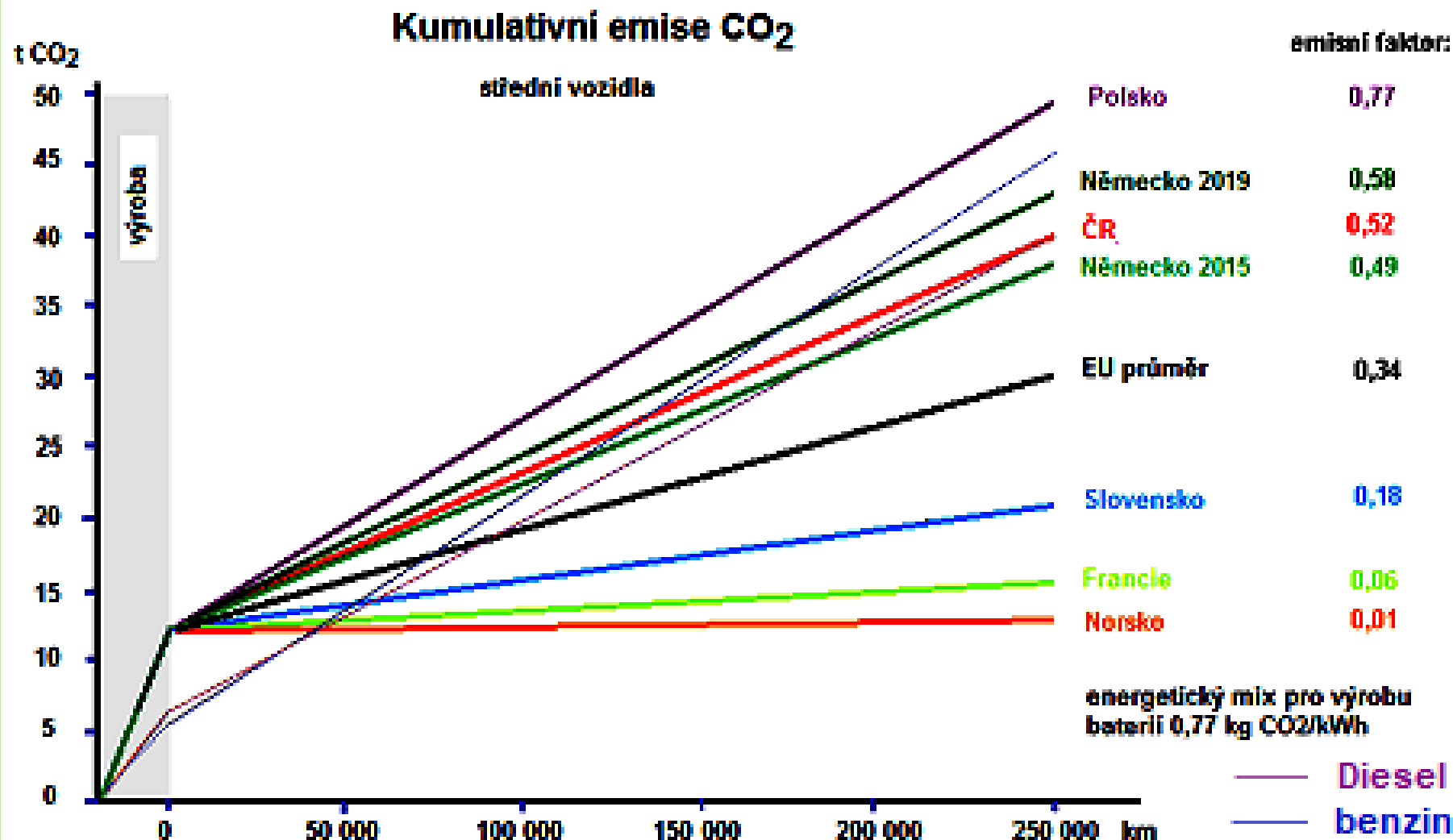
Kam kráčíš elektromobilito?

([ČVUT, Fakulta strojní](#))



Energetický mix ČR:

0,52 kg CO₂/kWh



Obrázek 2: vliv energetického mixu na emise elektromobilu

Elektromobily:

- Omezený dojezd, dlouhé dobíjení
- Vysoká cena
- Omezená životnost nejdražší části
- Surovinová náročnost baterií
- Surovinová závislost (Čína)
- **Další nárok na výrobu elektřiny**
- Energetické ztráty při rozvodu, „tankování“ a skladování (v baterii)
- Další nárok na skladování energie „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%)

60TWh „příkonu“ je tedy cca 24TWh „výkonu“

Což je asi 1,5 Temelína

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

Ztráty:

ztráty při nabíjení 15%

ztráty při přenosu 5%

účinnost elektromotoru

95%

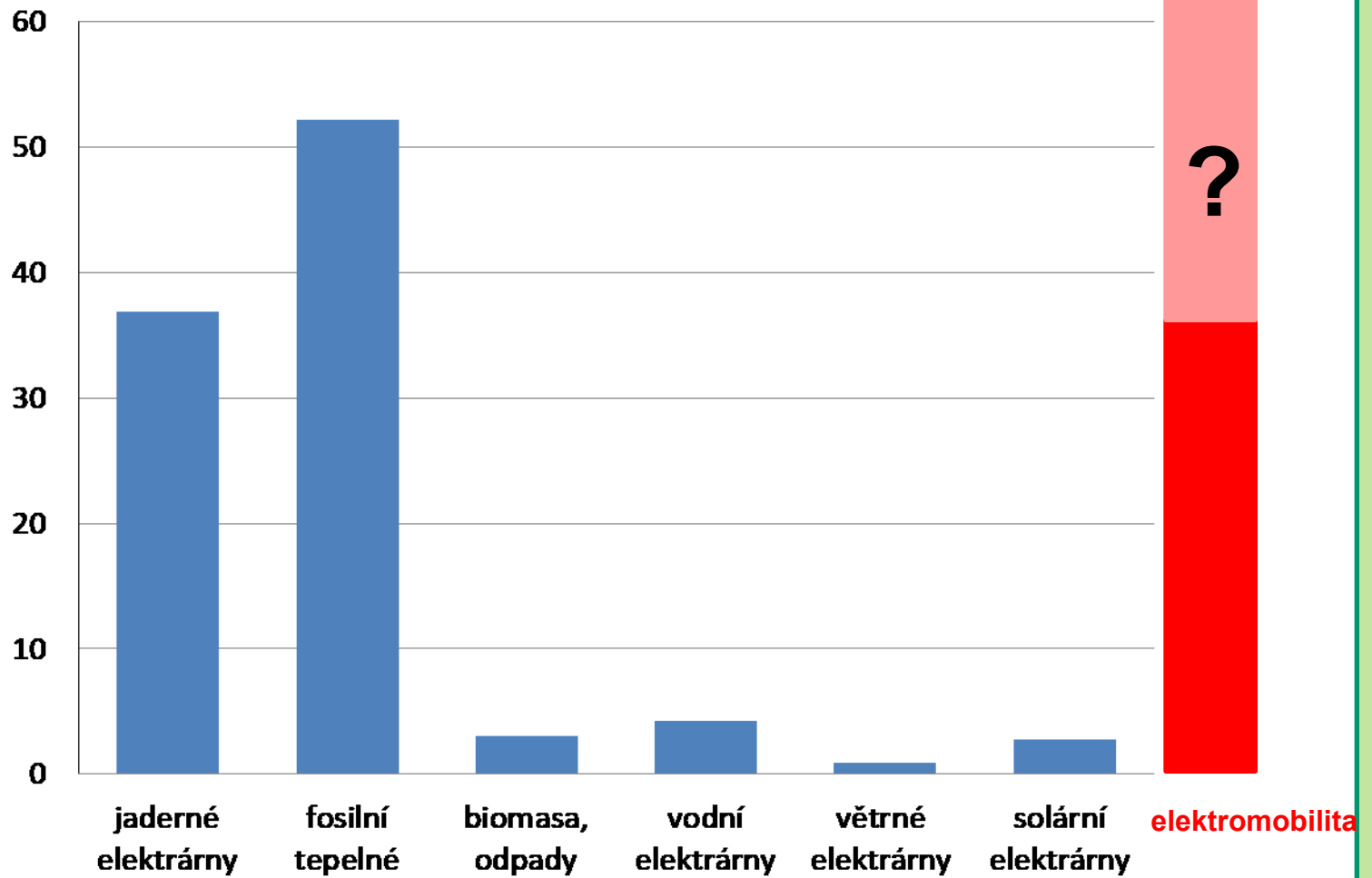
Dodatečné ztráty 23%

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

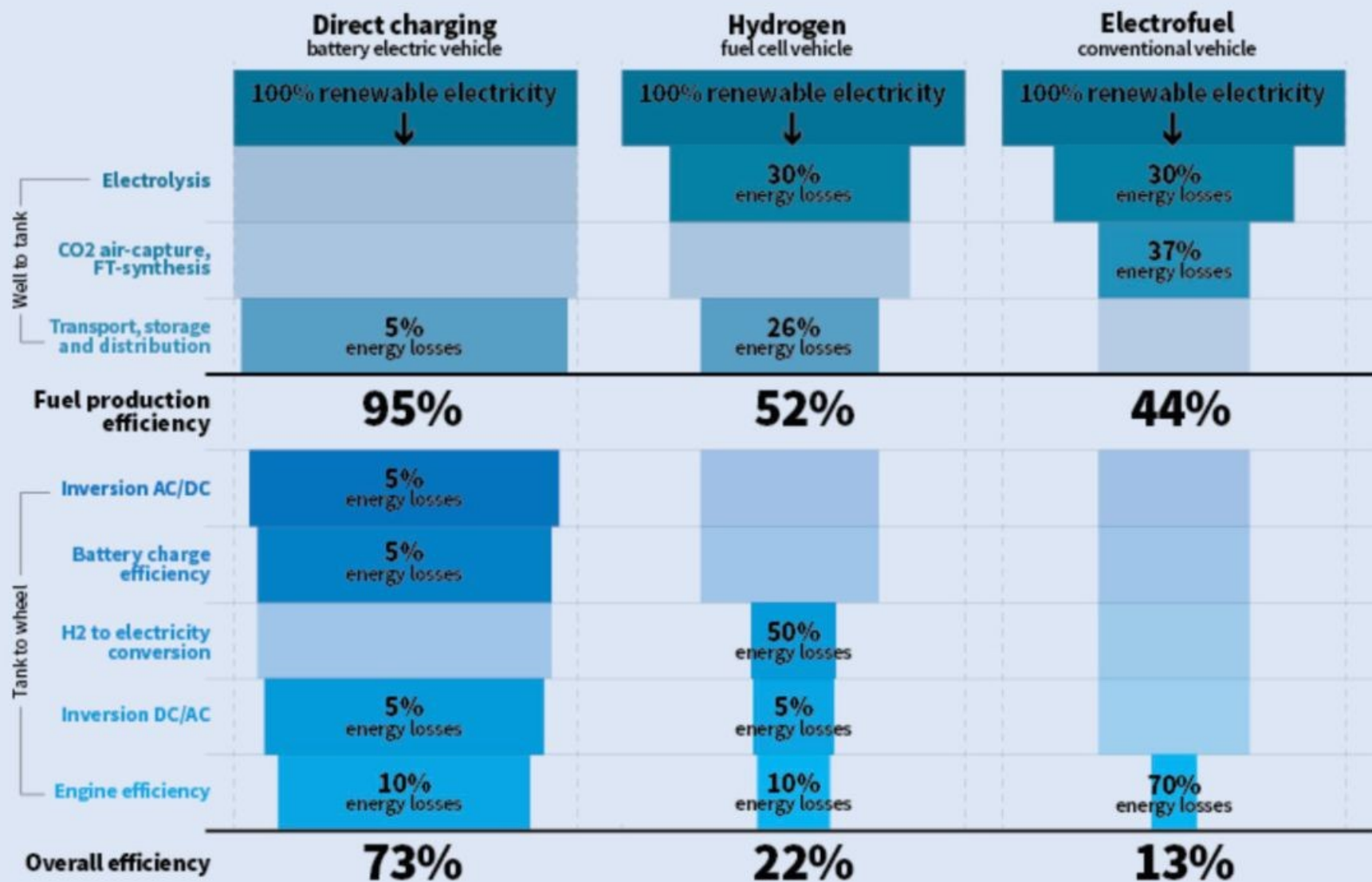
2 Temelíny

Reálně spíše násobek této hodnoty

Podíl zdrojů ČR 2020 (%)



Energy efficiency of different technologies in a passenger car



Vynucená elektromobilita je nesmysl!

Racionální zdůvodnění pro zákaz spalovacích motorů existuje:

Primárním cílem elektromobility není „bezemisní“ doprava.

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

Ano, pak to smysl dává!

Green Deal je mylný projekt, který je v násobném rozporu s fyzikální a technickou realitou.

Trend snižování spotřeby fosilních paliv je správný, ale harmonogram je zcela nerealistický a některé zvolené metody chybné.

Výsledkem nebude záchrana planety, ale bída.



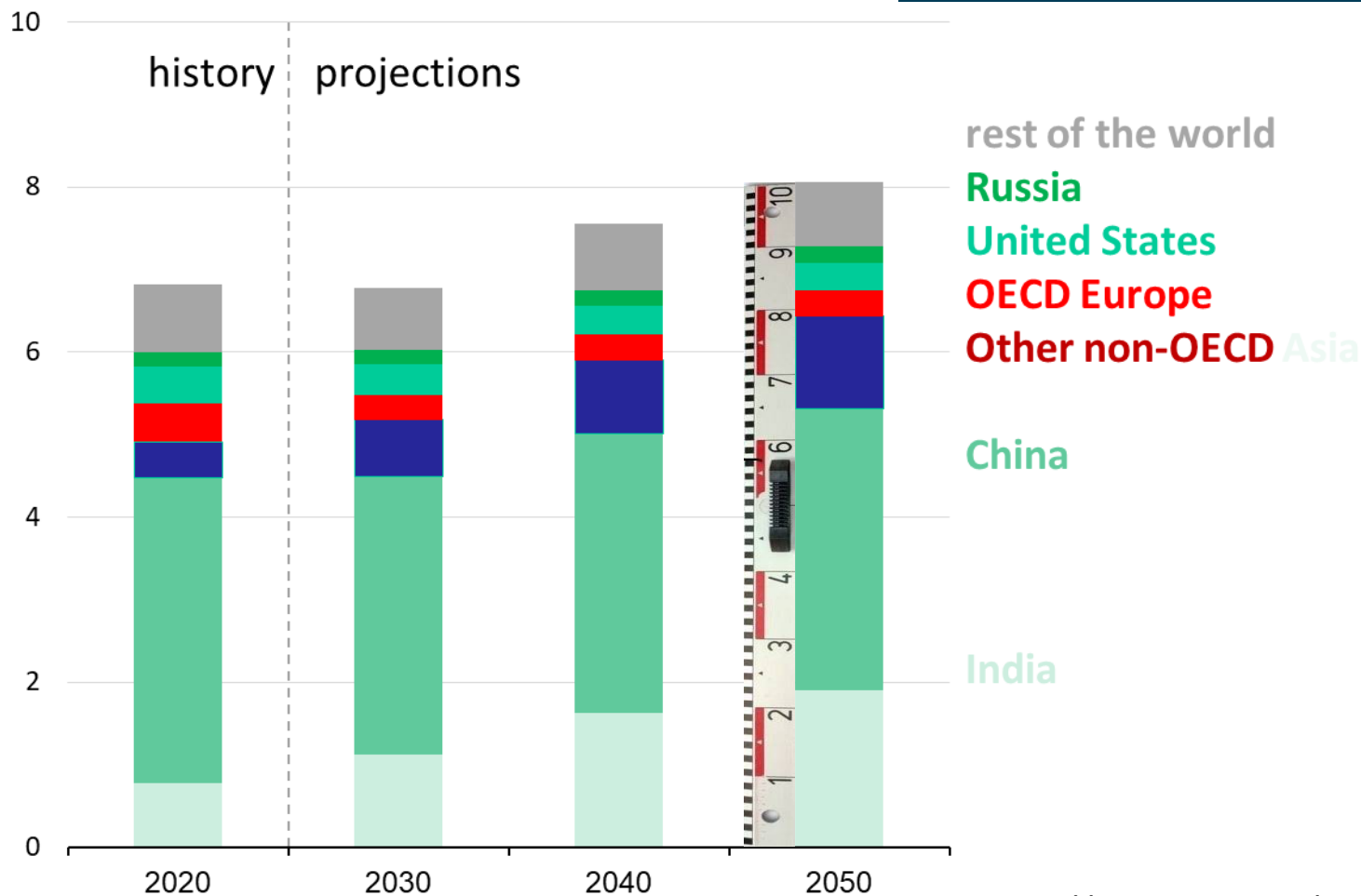
World thermal coal consumption and production

Thermal coal consumption

billion short tons



Independent Statistics and Analysis
U.S. Energy Information Administration



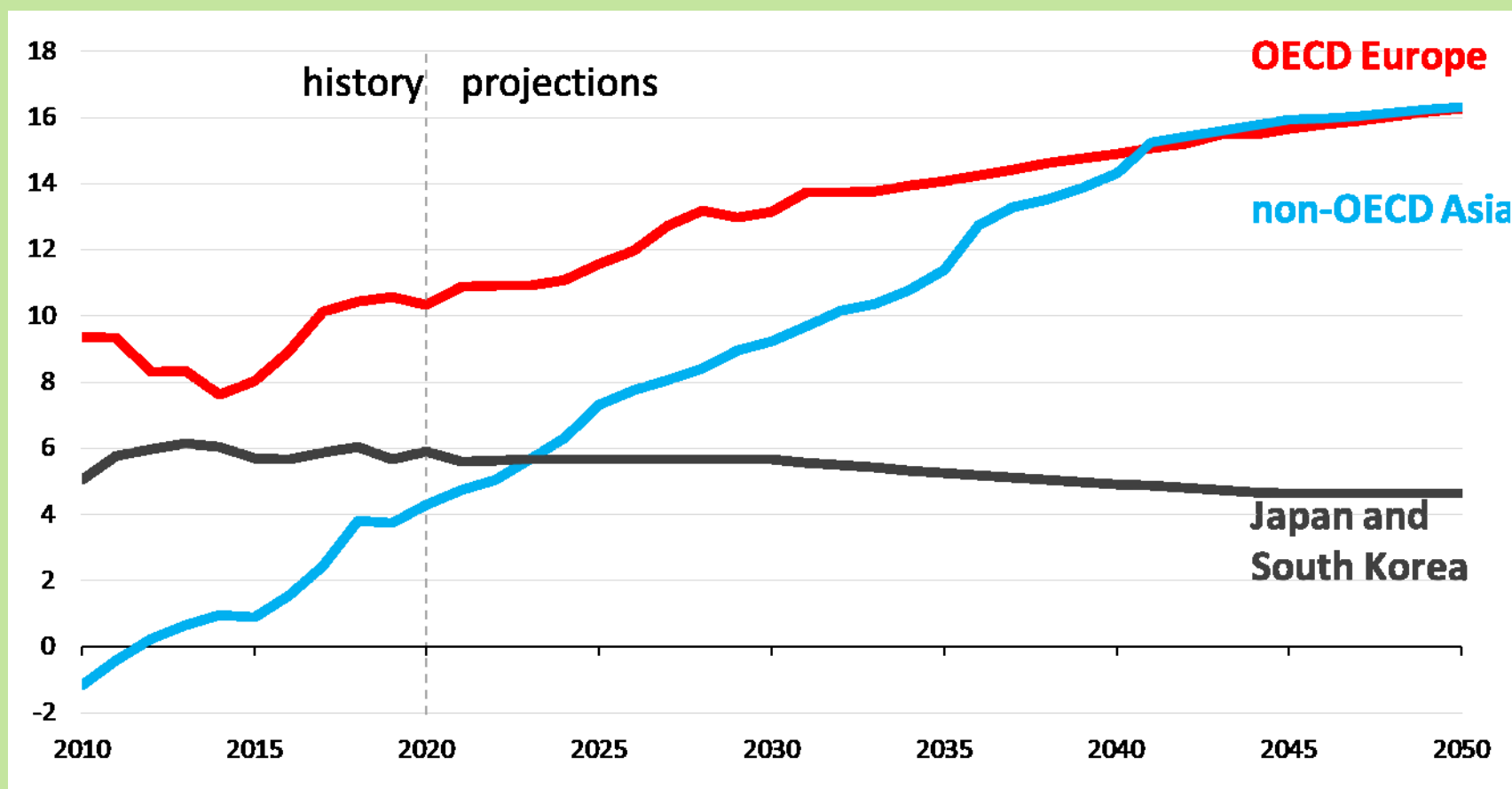


Natural gas net imports, top importing regions



Independent Statistics and Analysis
**U.S. Energy Information
Administration**

Net imports of natural gas
trillion cubic feet

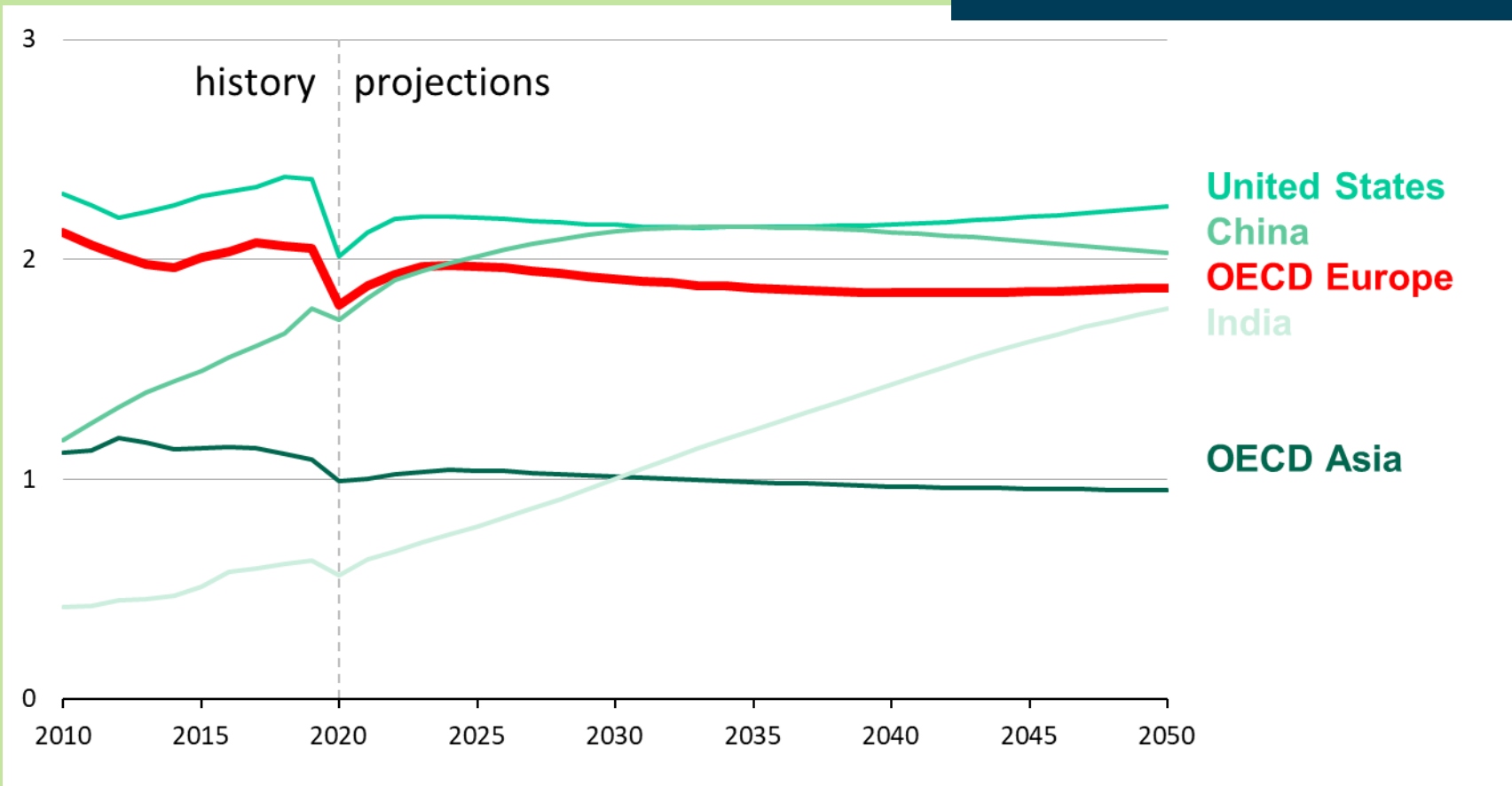




Petroleum liquids carbon dioxide emissions by region

Liquid fuels-related carbon dioxide emissions for select regions

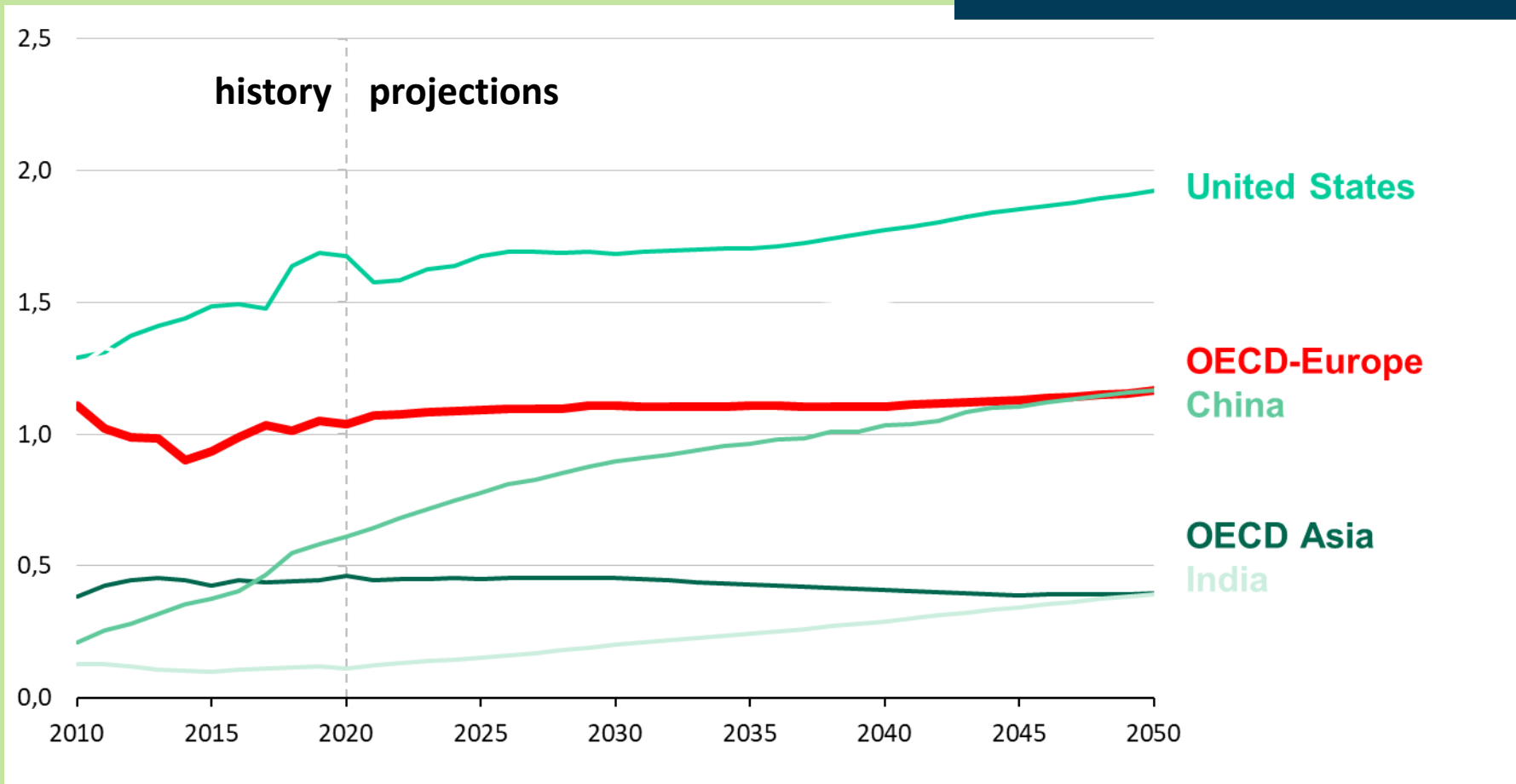
billion metric tons





Natural gas carbon dioxide emissions by region

Natural gas-related carbon dioxide emissions for select regions
billion metric tons





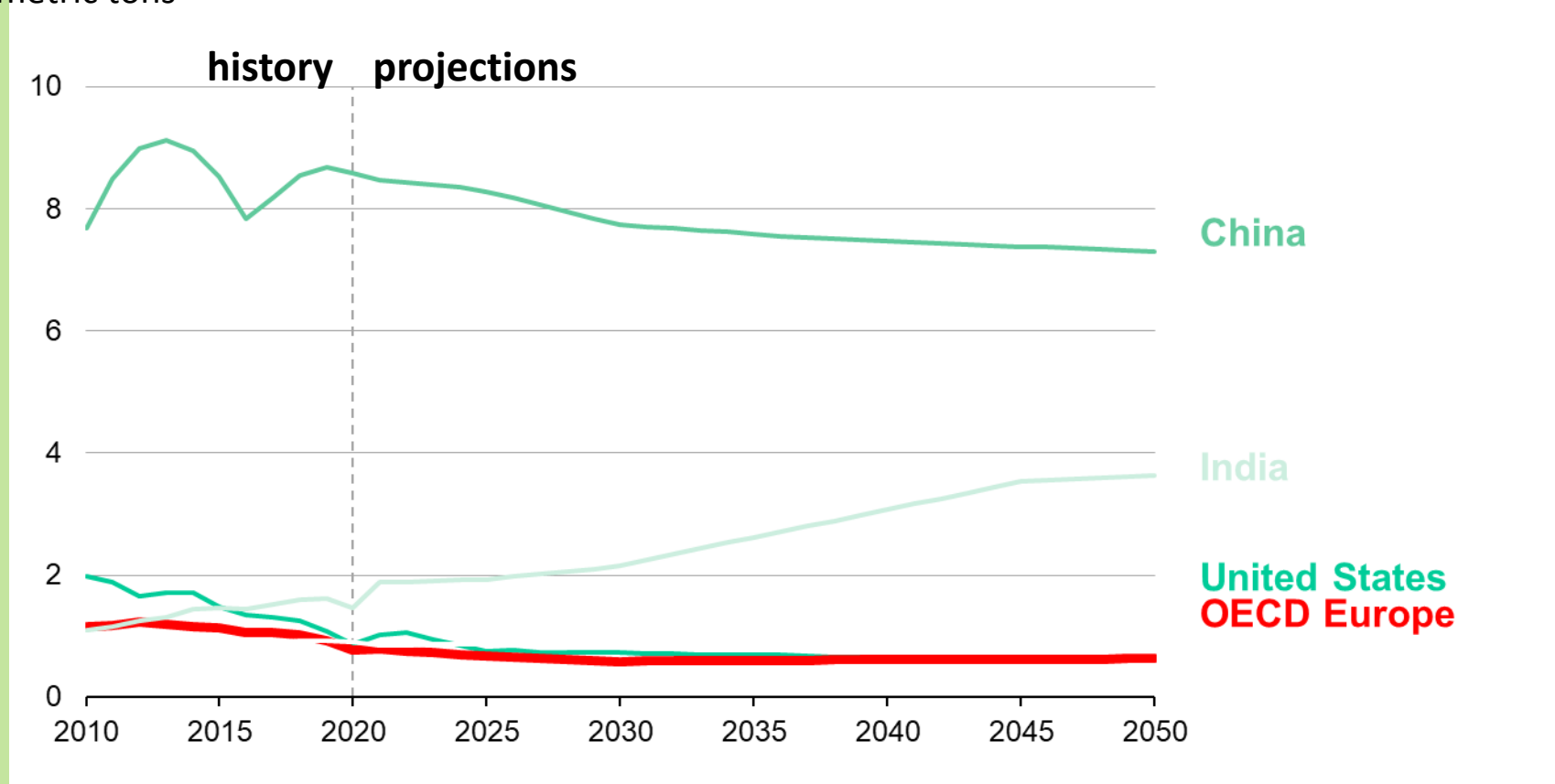
Coal carbon dioxide emissions by region



Independent Statistics and Analysis
U.S. Energy Information Administration

Coal-related carbon dioxide emissions for selected countries/regions

billion metric tons



**Jak je to možné?
Přece to musí být nějak
spočítané!**

Lisabonská strategie (2000):

Do roku 2010 bude EU nejkonkurenceschopnější a nejdynamičtější ekonomika světa.

Wikipedie:

Lisabonská strategie dle všech dostupných dat skončila fiaskem.

Švédsko

Závazek 1980: odstoupení od jaderné energetiky do roku 2010

skutečnost 2022: 29% elektřiny z jádra

[zde](#)

Nové závazky 2006:

do r. 2020 – nezávislé na ropě

[zde](#)

do r. 2050 – bez emisí CO₂

Dvě hypotézy

1) Nekompetence

EU chystá zákaz topinkovačů a rychlovarných konvic

[zde](#)

Martin Bursík: Do roku 2030 lze uhelné elektrárny nahradit fotovoltaikou.

[zde](#)

2) Je to spočítané, ale jinak

Řešení není v technologiích!

Je třeba změna společenského systému!

Existují jediné dvě možnosti, jak skutečně
významně a rychle 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!

Teror státní moci

Občanský teror

Našlápnuto je docela slušně

Extinction Rebellion ČR [zde](#)

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

Skutečné šílenství, [zde](#)

Skutečné násilí, [zde](#)

Severní Korea je méně šílená než americká univerzita, [zde](#)

Vaporizace, [zde](#)

Green Deal je hrozbou,

hrozbou ohrožující

prosperitu,

svobodu.

Děkuji za pozornost.