



Mi köze az EROI-nak az AI-hoz ?

avagy

Lesz-e mindenre energiánk ?

Czakó Ferenc
fizikus, MBA
stratégiai tanácsadó
Cassandra Program



HTE EIVOK, 2026. március 19.



Ember és energia

Teljes energia fogyasztás =

Alapanyagcsere



+

Emésztés



+

Fizikai aktivitás !!!





Az energiához jutás érdekében energiát kell befektetni!

$$\text{EROI} = \frac{\text{Megtermelt energia}}{\text{Befektetett energia}}$$

$$\text{EROI} = \text{EROEI}$$

EROI Energy Return on Investment



Ősember EROI : 1 - 1,2



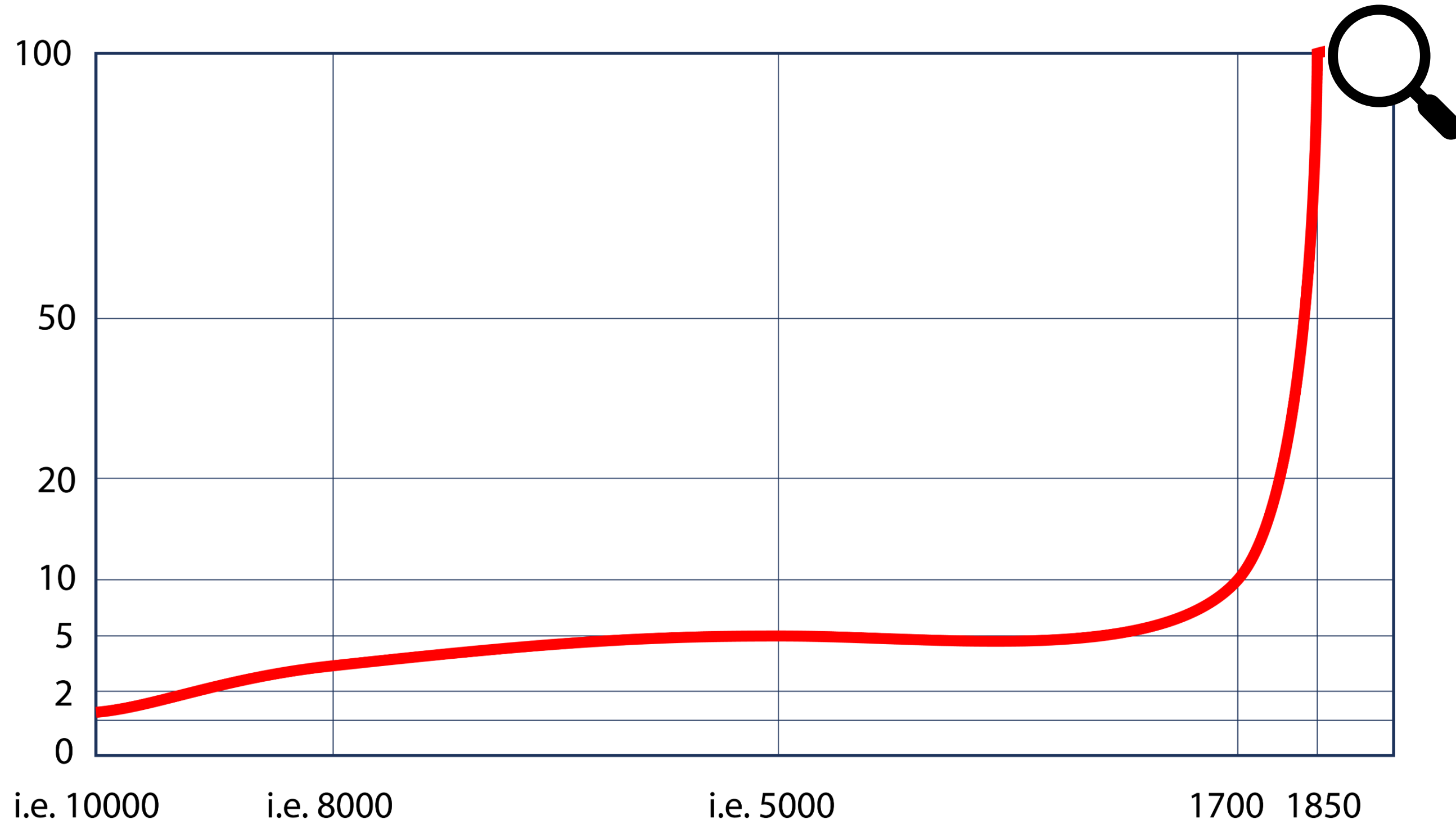


Ókor - Középkor EROI : 2 - 5



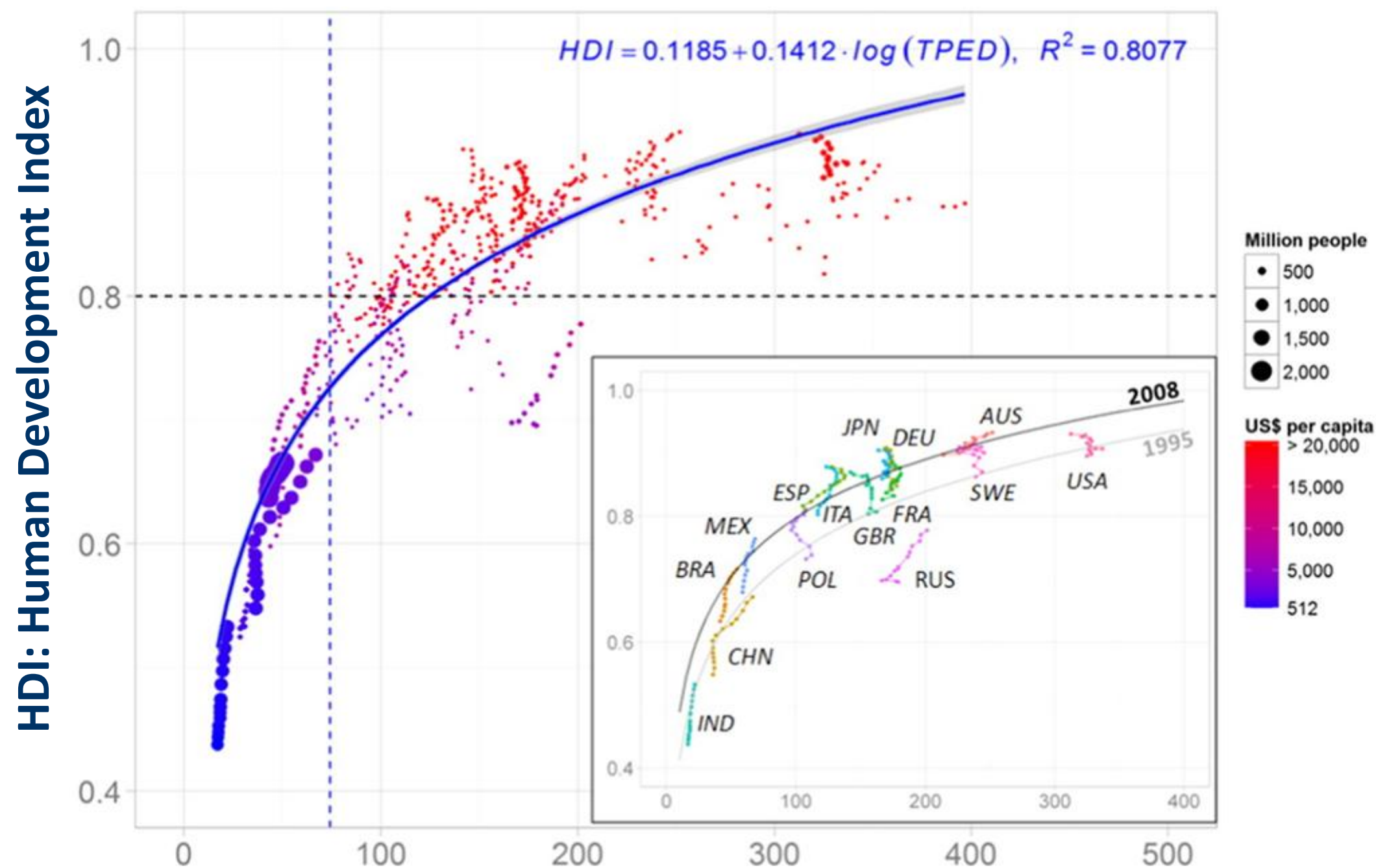


EROI : Merre tartunk?





Energia – Jólét - Jólét



Elsődleges energia felhasználás (GJ/fő/év)

Forrás: Arto et al., 2016



Magas EROI => Jóléti szolgáltatások



Forrás: Dupont et al.



Olympic Cyclist vs. Toaster: Can He Power It ?



#toasterchallenge





Energia konzerveinket eszik az Energia rabszolgáink !!!

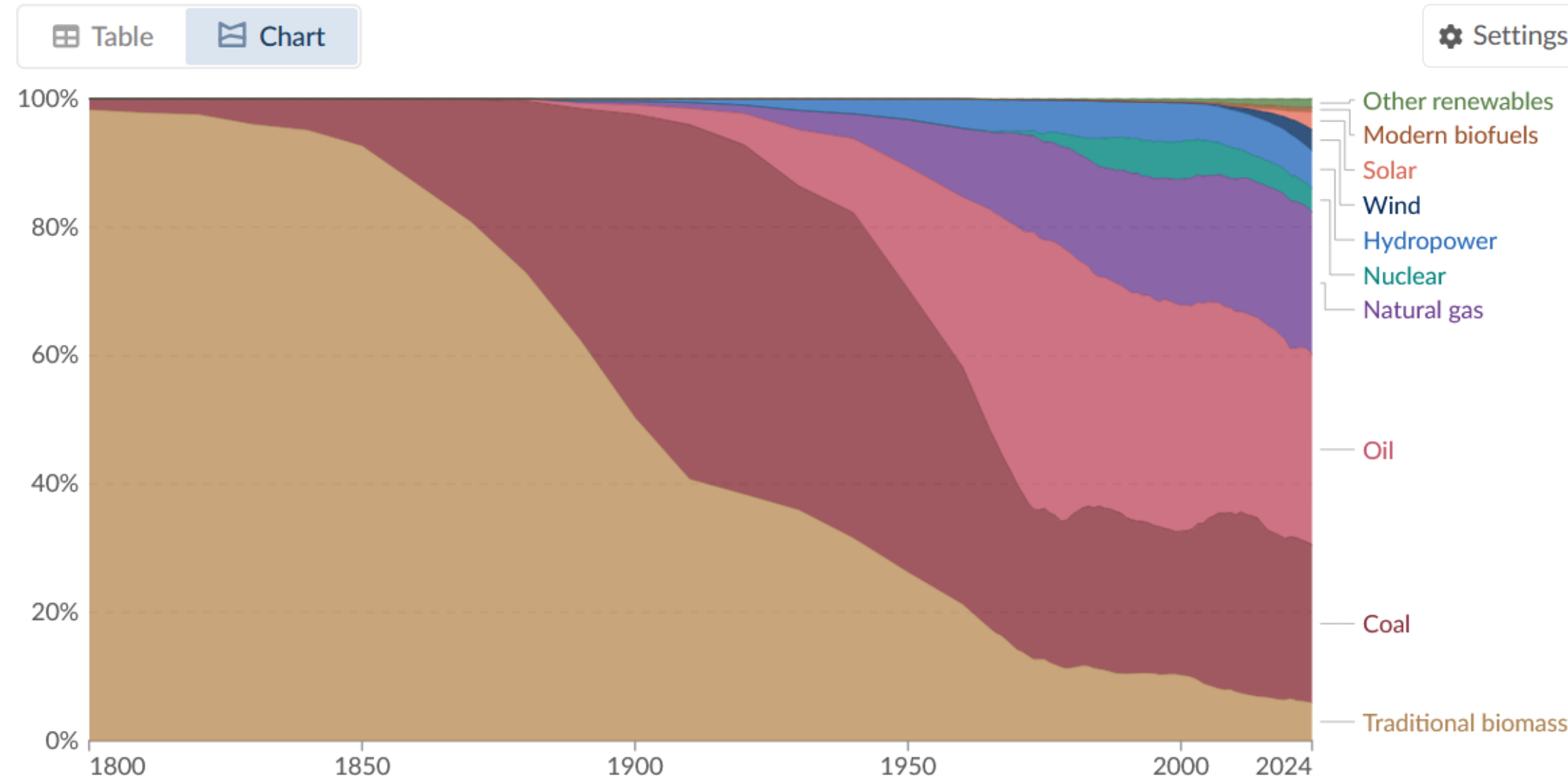
- **1 Robert meg tud pirítani egy szelet pirítóst
0,021kWh – 120 s – max 700 W**
 - **180 (!) Robert meg tud hajtani egy autót**
- **43 000 (!) Robert meg tud hajtani egy repülőt...**
 - **fűnyírógép, traktor, daru....?!!!!**

**1 liter üzemanyag 12 kWh = 30 óra Robert átlagos
teljesítményével**

A rabszolgák 85%-ban még mindig fosszilis üzemanyagot fogyasztanak

Global primary energy consumption by source

Primary energy is based on the substitution method and measured in terawatt-hours.





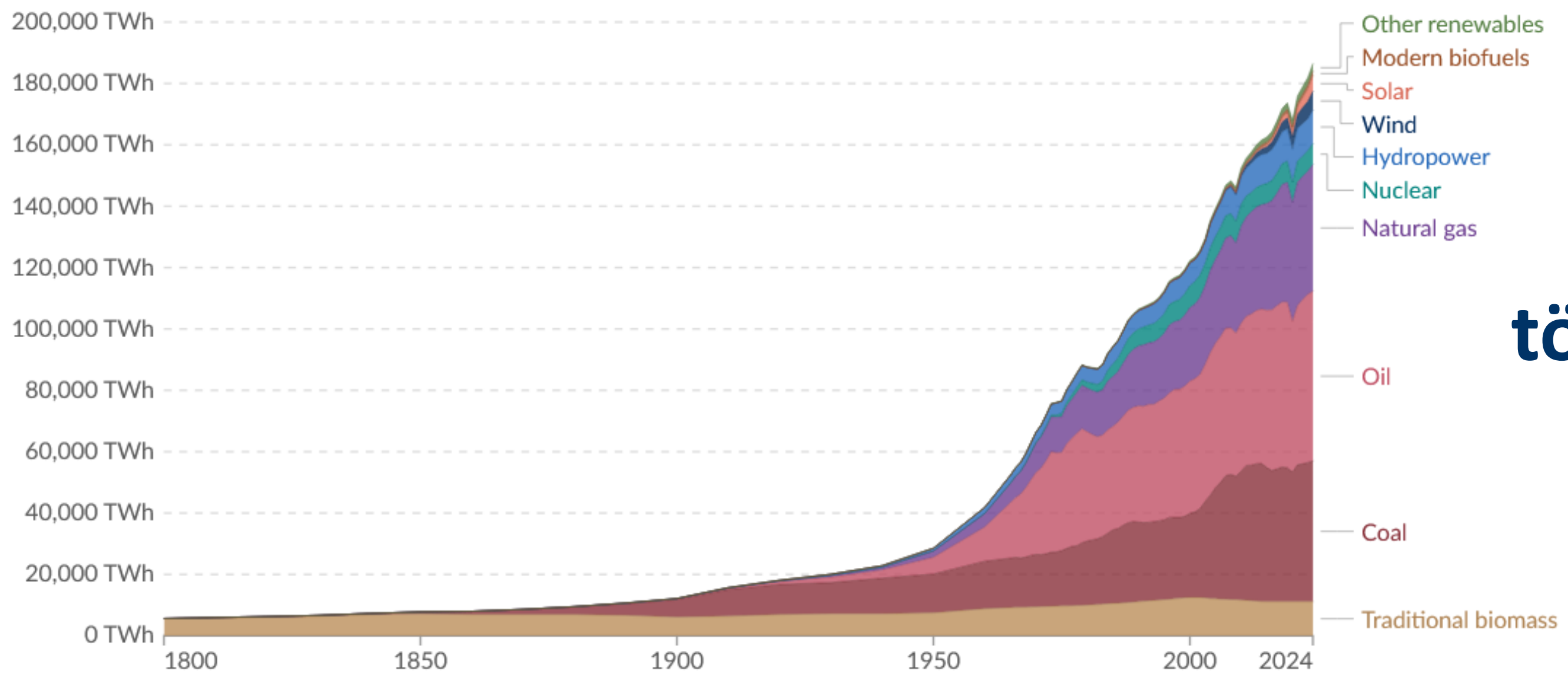
Global primary energy consumption by source

Primary energy is based on the substitution method and measured in terawatt-hours.

Our World in Data

Table Chart

Settings

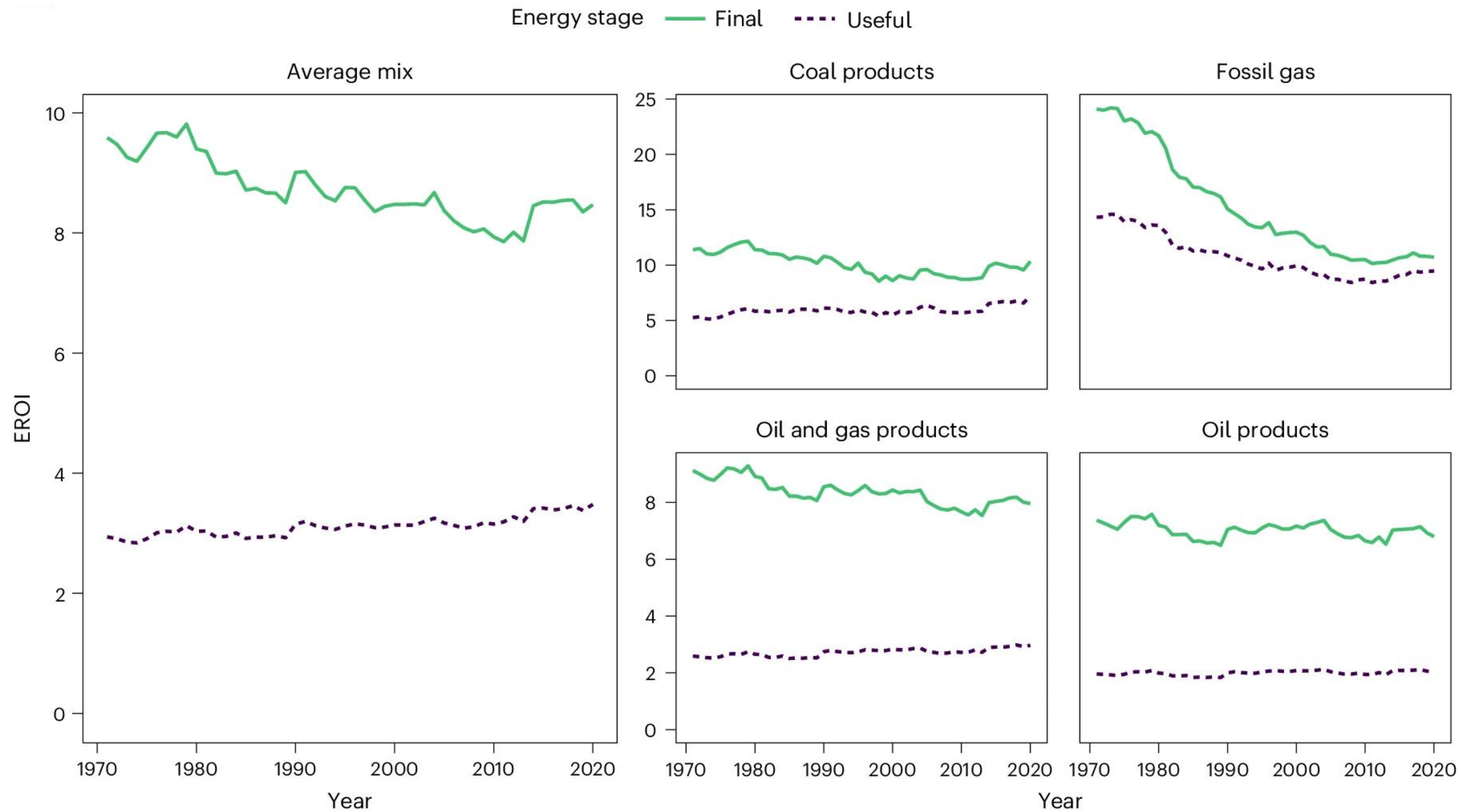


1800 2024

És egyre többet, többet...!



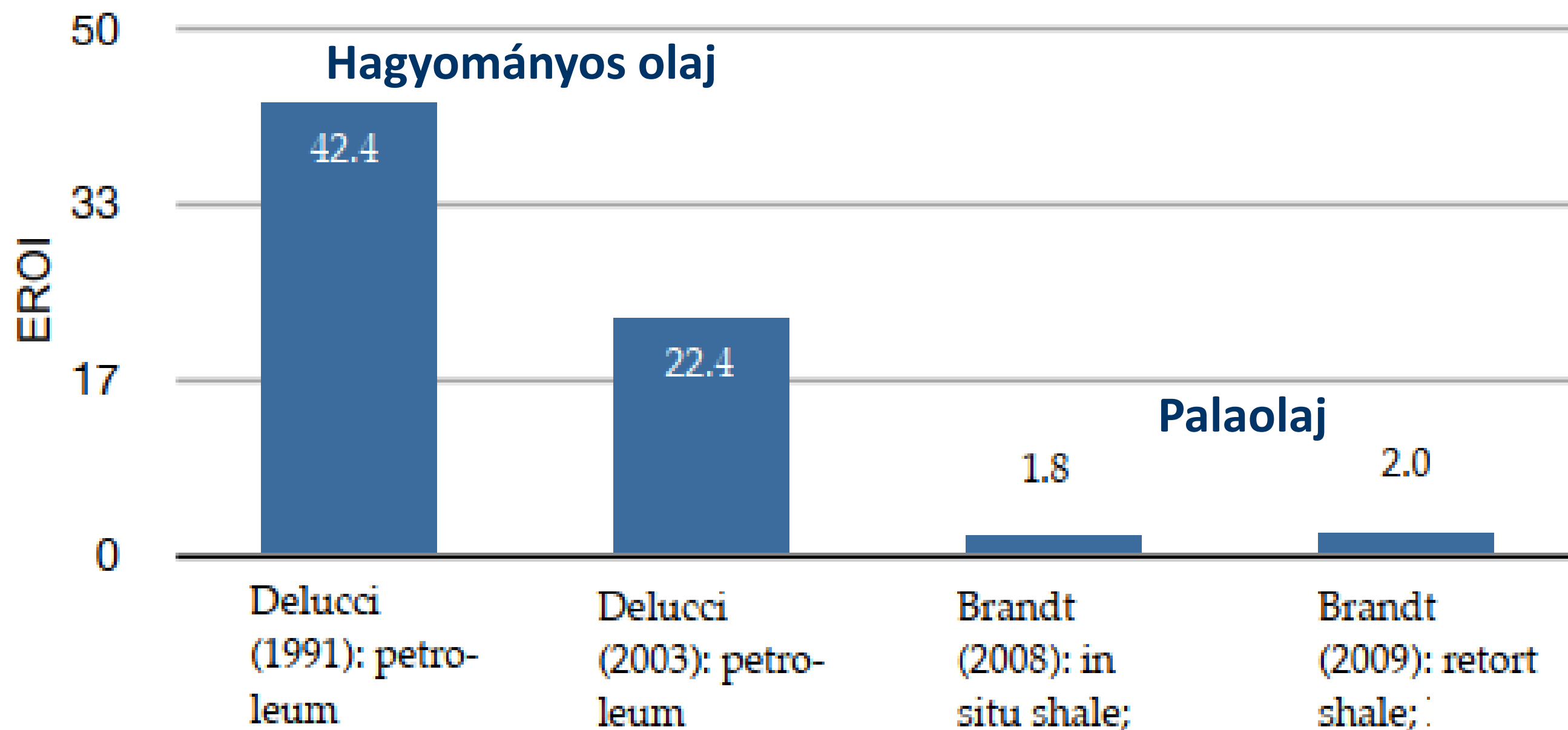
Csökkenő fosszilis EROI



Forrás: Aramendia et al., 2024



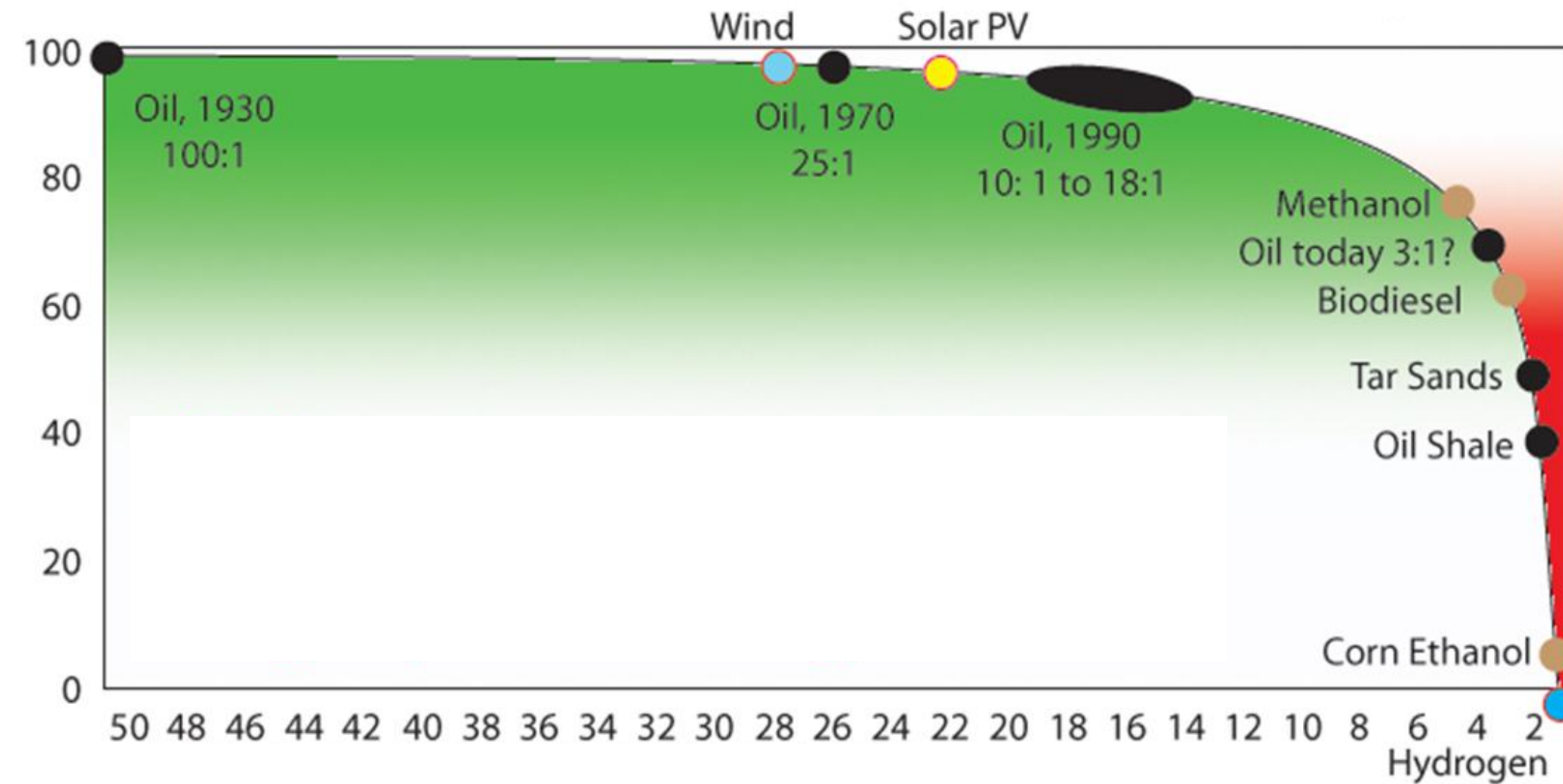
Palaolaj EROI ?





Energia többlet és energia szakadék

Szabadon felhasználható energia
Energiaelőállítás energiaköltsége

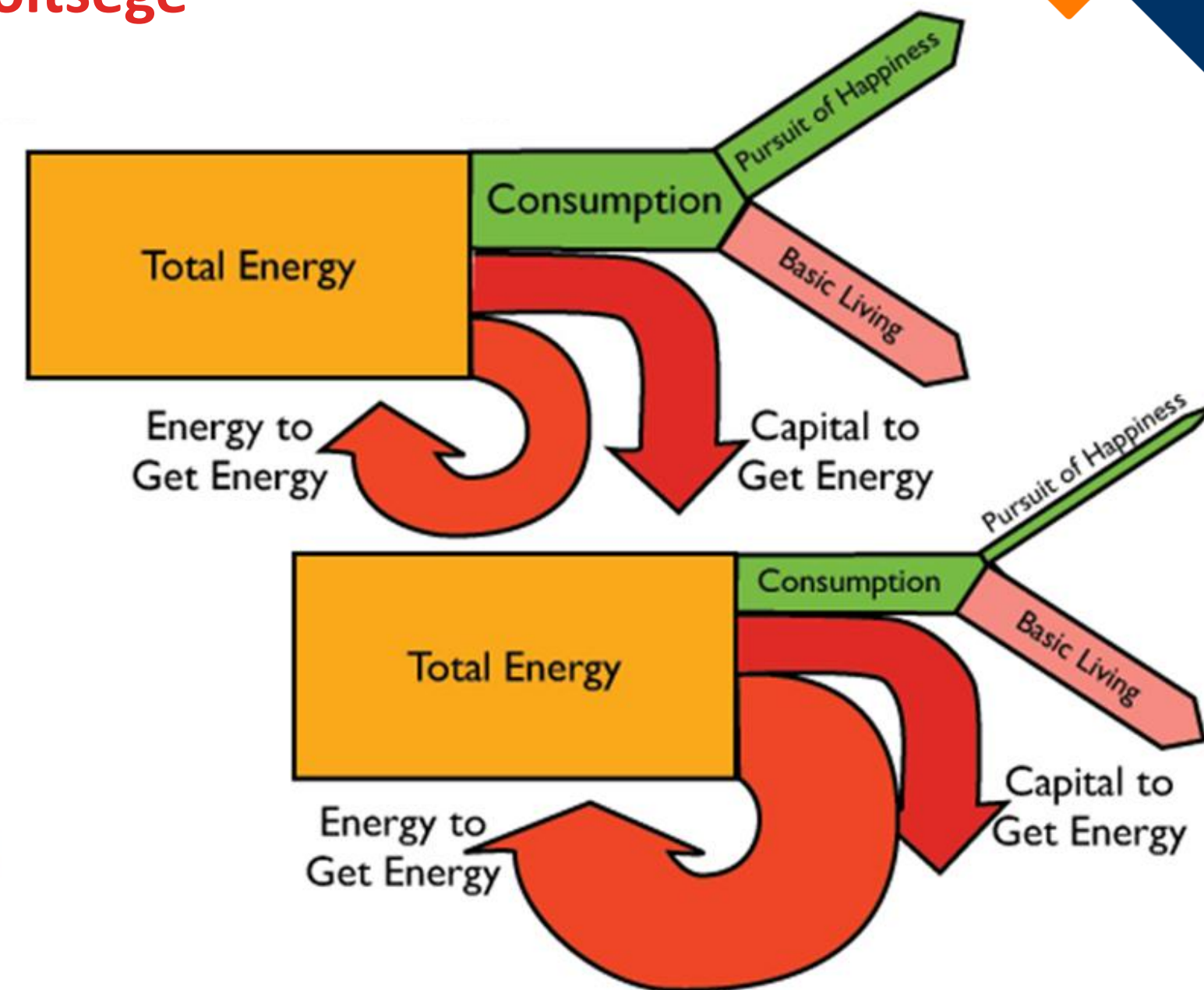
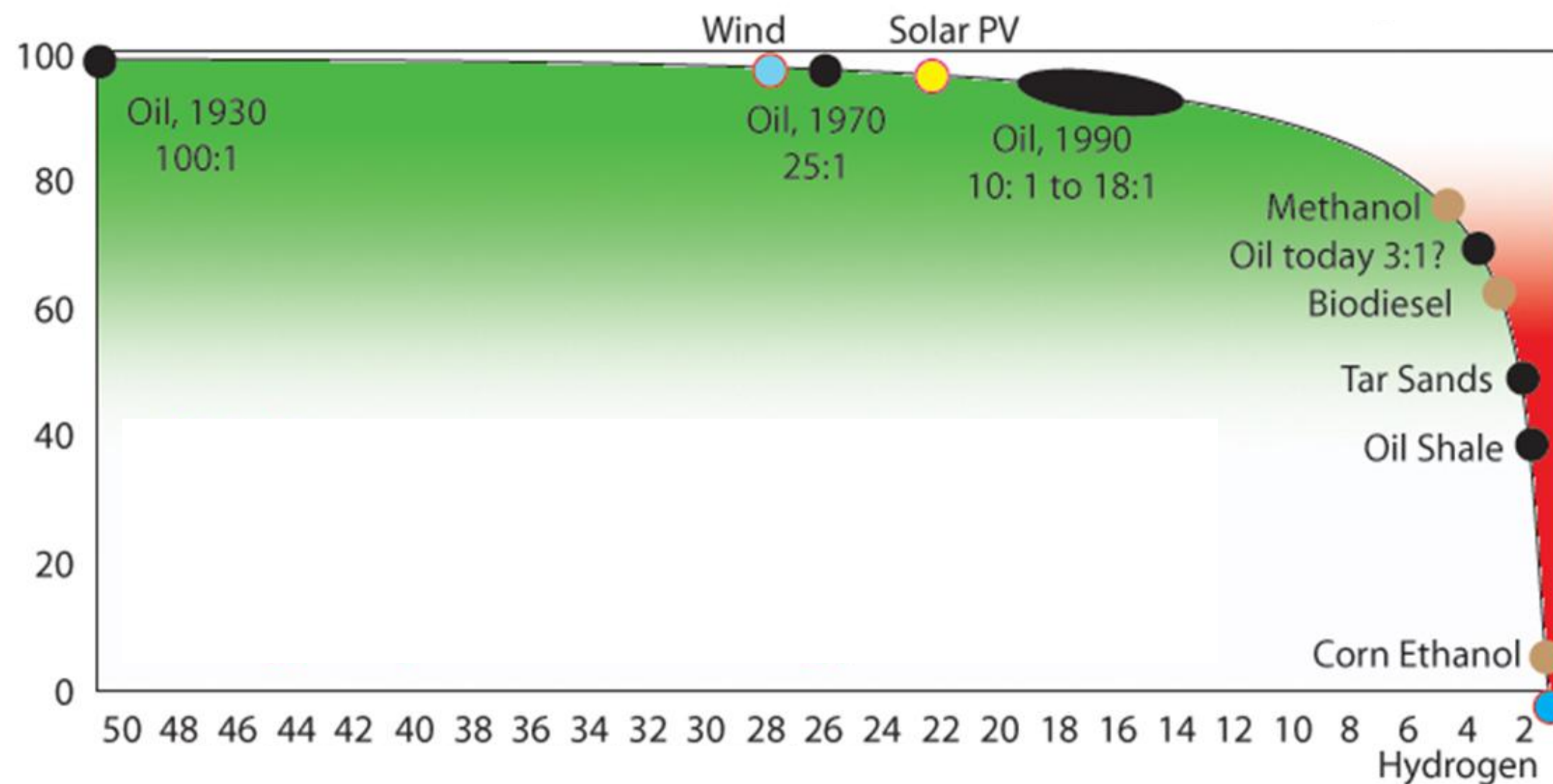




Energia többlet és energia szakadék

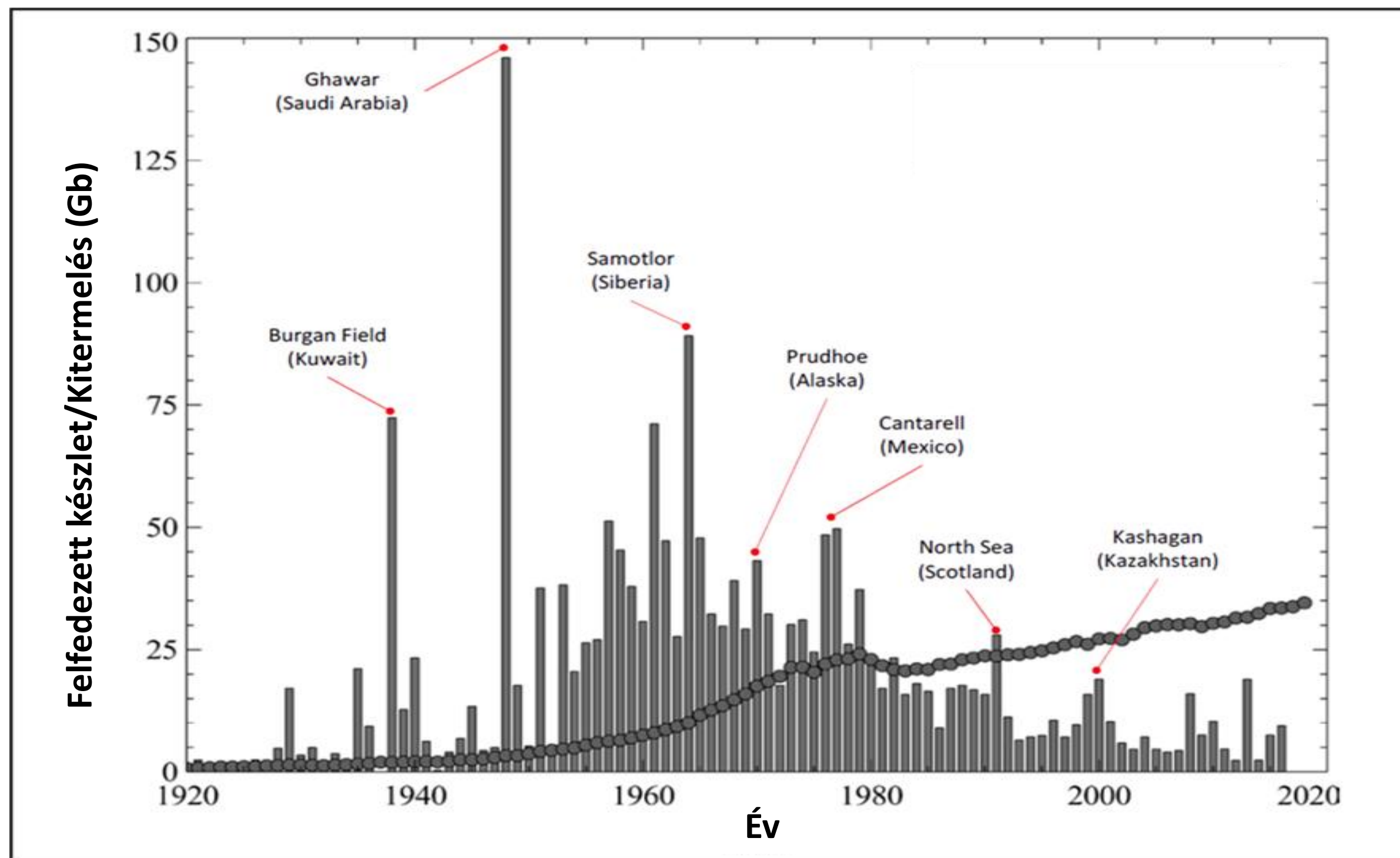
Szabadon felhasználható energia

Energiaelőállítás energiaköltsége





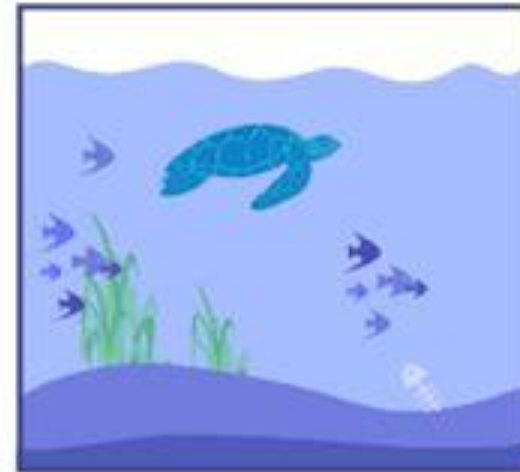
Olajkészletek vs. felhasználás



Forrás: S. Michaux

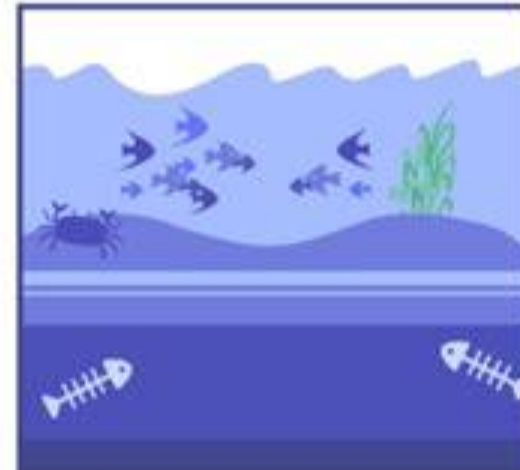


Fossil Fuel Formation



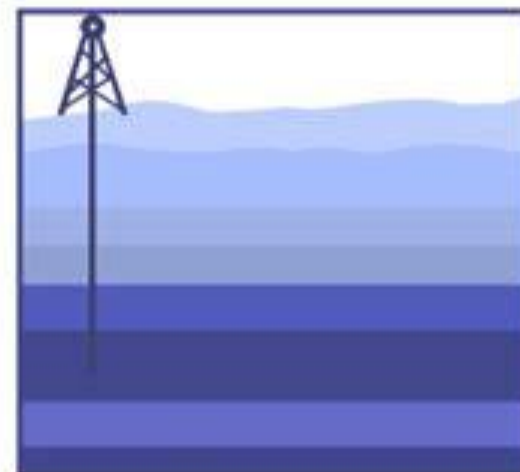
1. 300-400 million years ago

Marine plants and animals die and are buried on the ocean floor.



2. 100 million years ago

Over time, remains are buried by layers of sand and silt and experience extreme temperature and pressure.

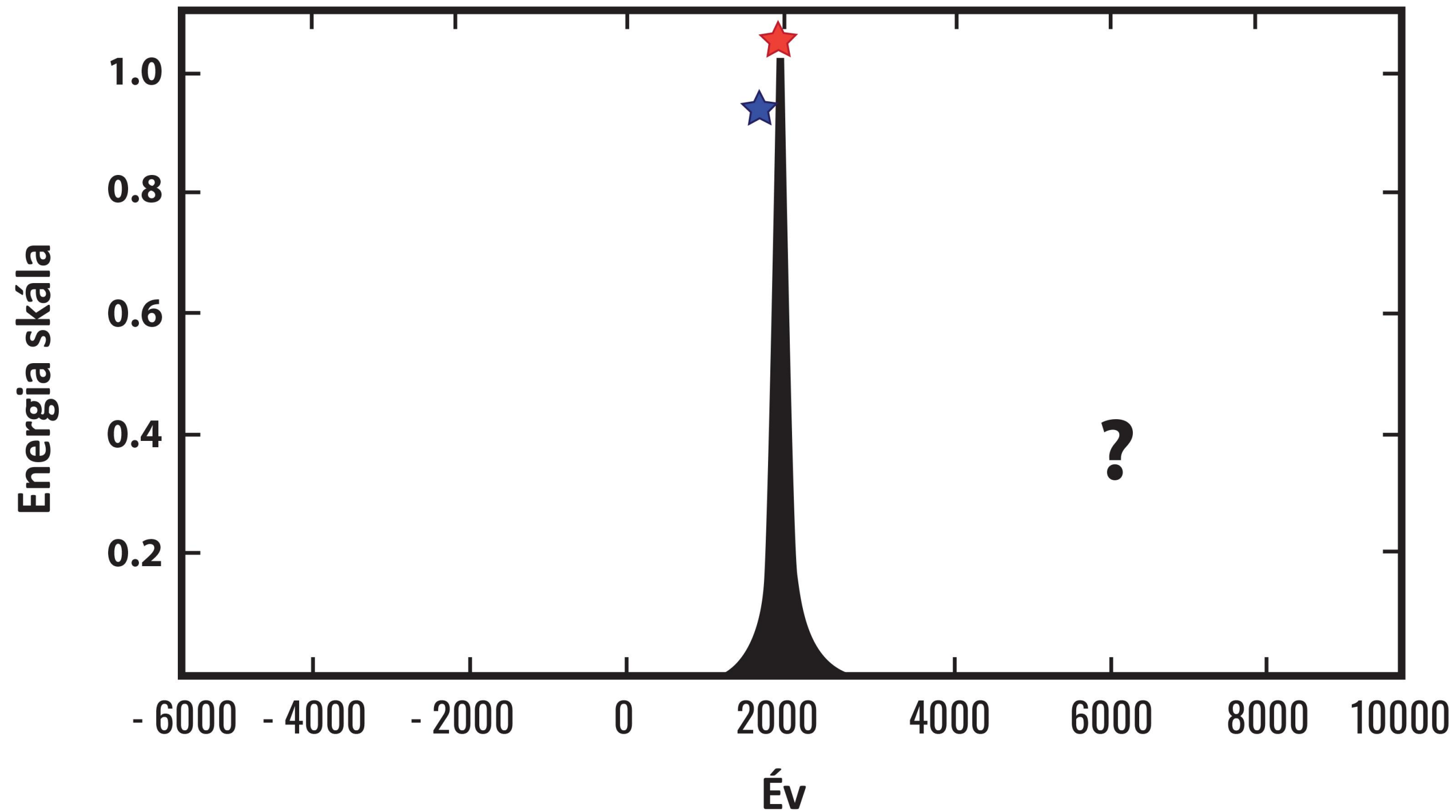


3. Today

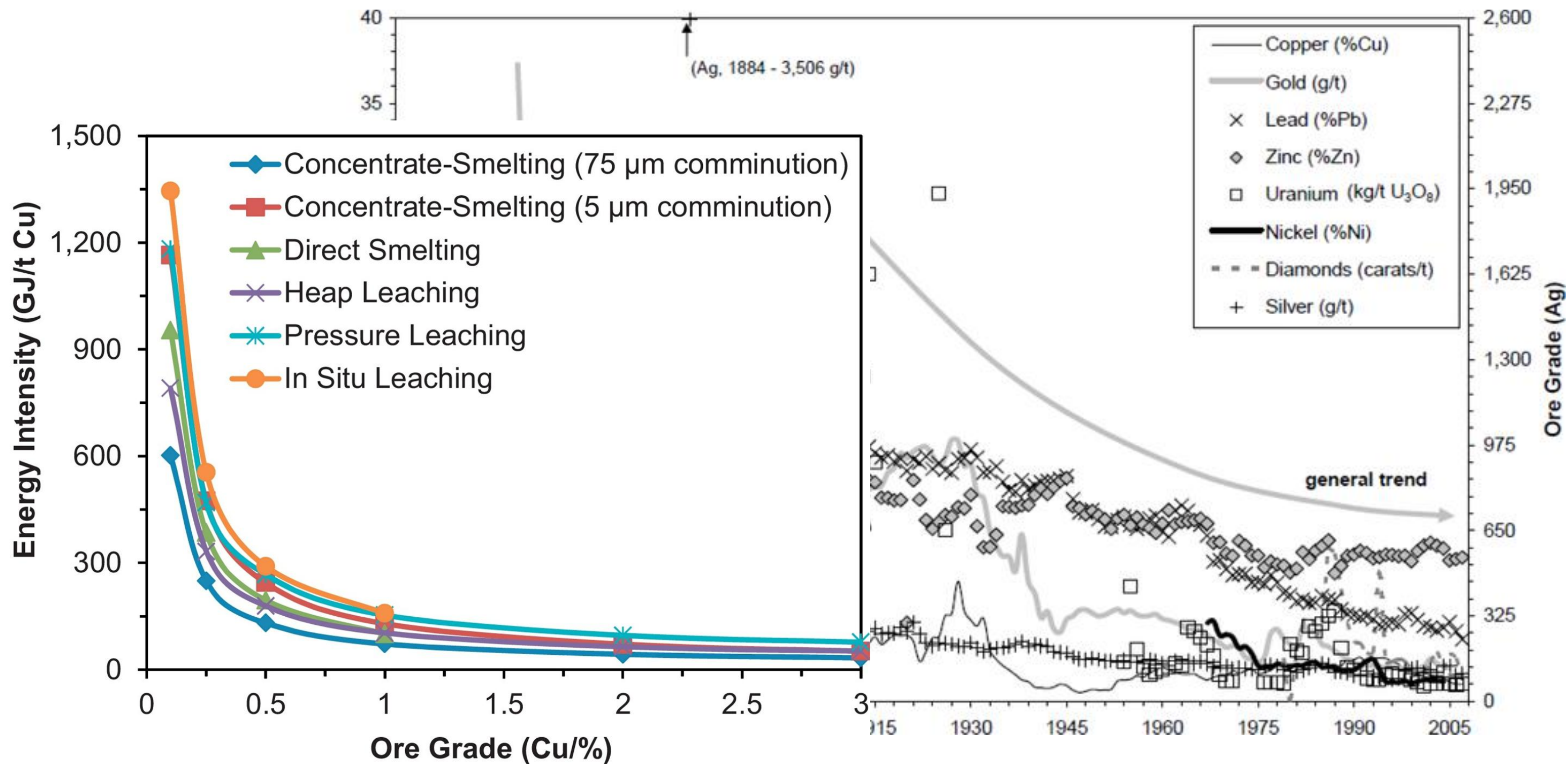
We drill down through layers of sand, silt and rock to reach layer containing oil and natural gas.



Fosszilis csúcs



Alacsonyabb ércsűrűség -> nagyobb energiaigény



Forrás: Gavin Mudd



Energia - Entrópia

- Egy épület felépítéséhez energia kell, összedőlése magától is végbe megy;
- Egy út megépítéséhez energia kell, de magától „kátyúsodik”;
- Egy üzem működtetéséhez energia kell, enélkül a termelés megáll;
- A kisebb ércsűrűségű ásványok feldolgozása több energiába kerül;
- Minden spontán folyamat megbontja a rendezett állapotot;
- **Ha csupán megőrizni szeretnénk azt, amit létrehoztunk, ahhoz is energia és anyag kell!**



Étel az asztalra ...

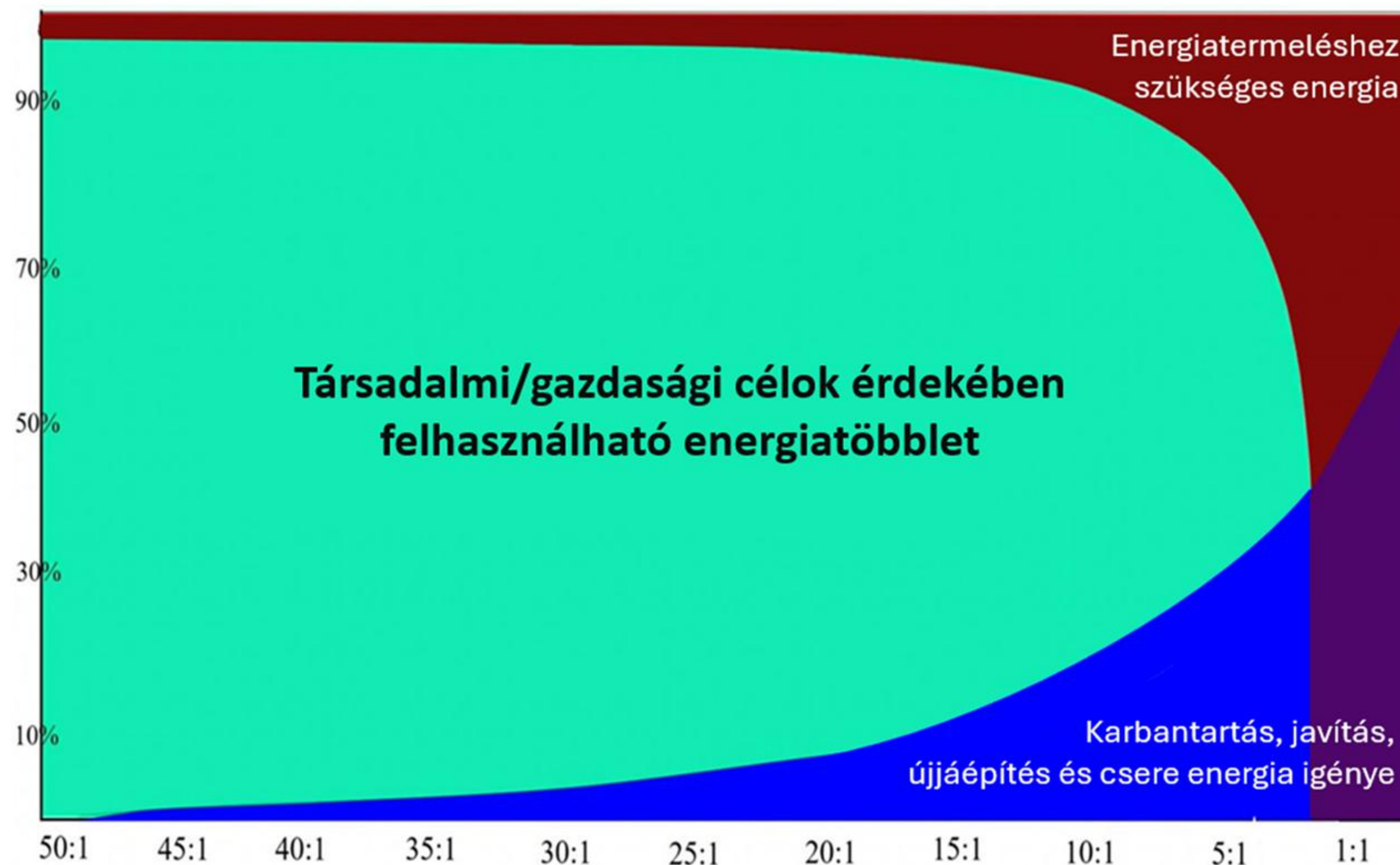
A globális élelmiszerlánc emészti fel
a teljes energiafelhasználás 1/3-át! (200EJ)

- Mezőgazdasági termelés
 - Ipari feldolgozás
 - Logisztika
 - Csomagolás
 - Felhasználás
 - Hulladékkezelés
- 8 milliárd ember kalória igénye kb. 30 EJ
 - 30 EJ hasznosul a 200 EJ-ből!
 - A 200 EJ 80%-a fosszilis energia
 - EROI < 1 csak nagyüzemi módon fedezhető

EROI 1 : 7 !



Energia – EROI – Energia szakadék



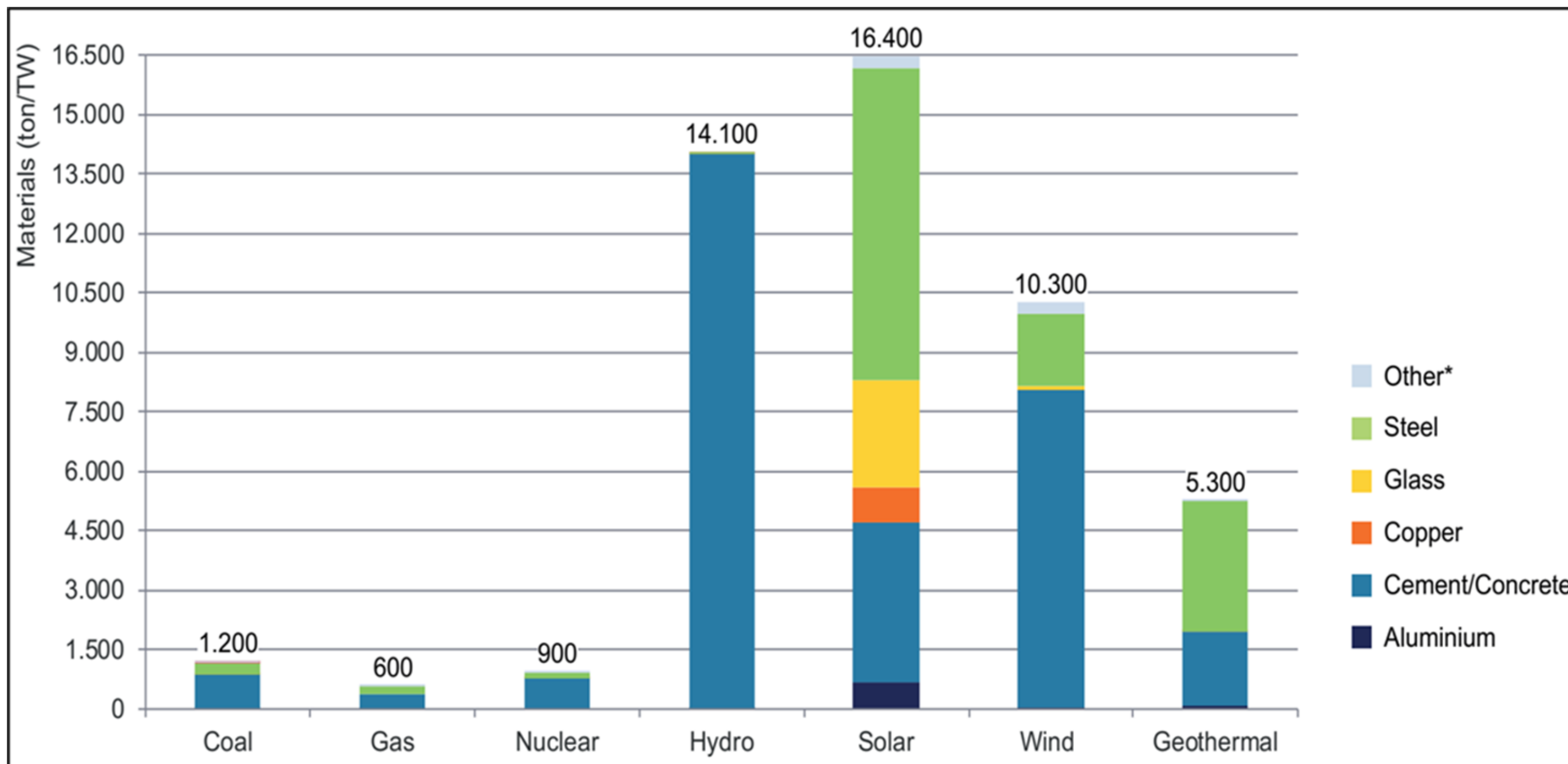


Energiaátállás „megújuló energiákra”?





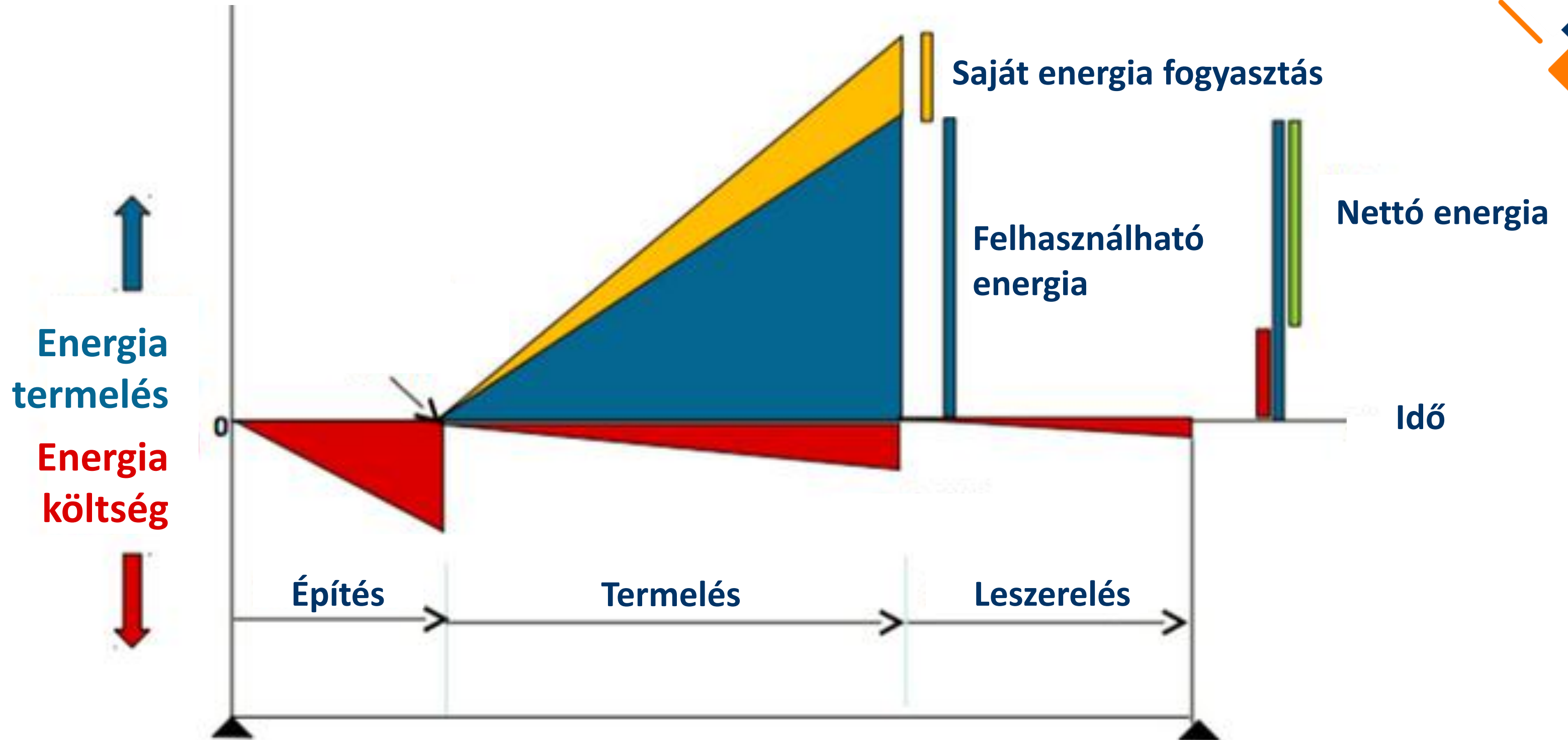
Anyagigényük rendkívül magas



Forrás: US Department of Energy, 2015

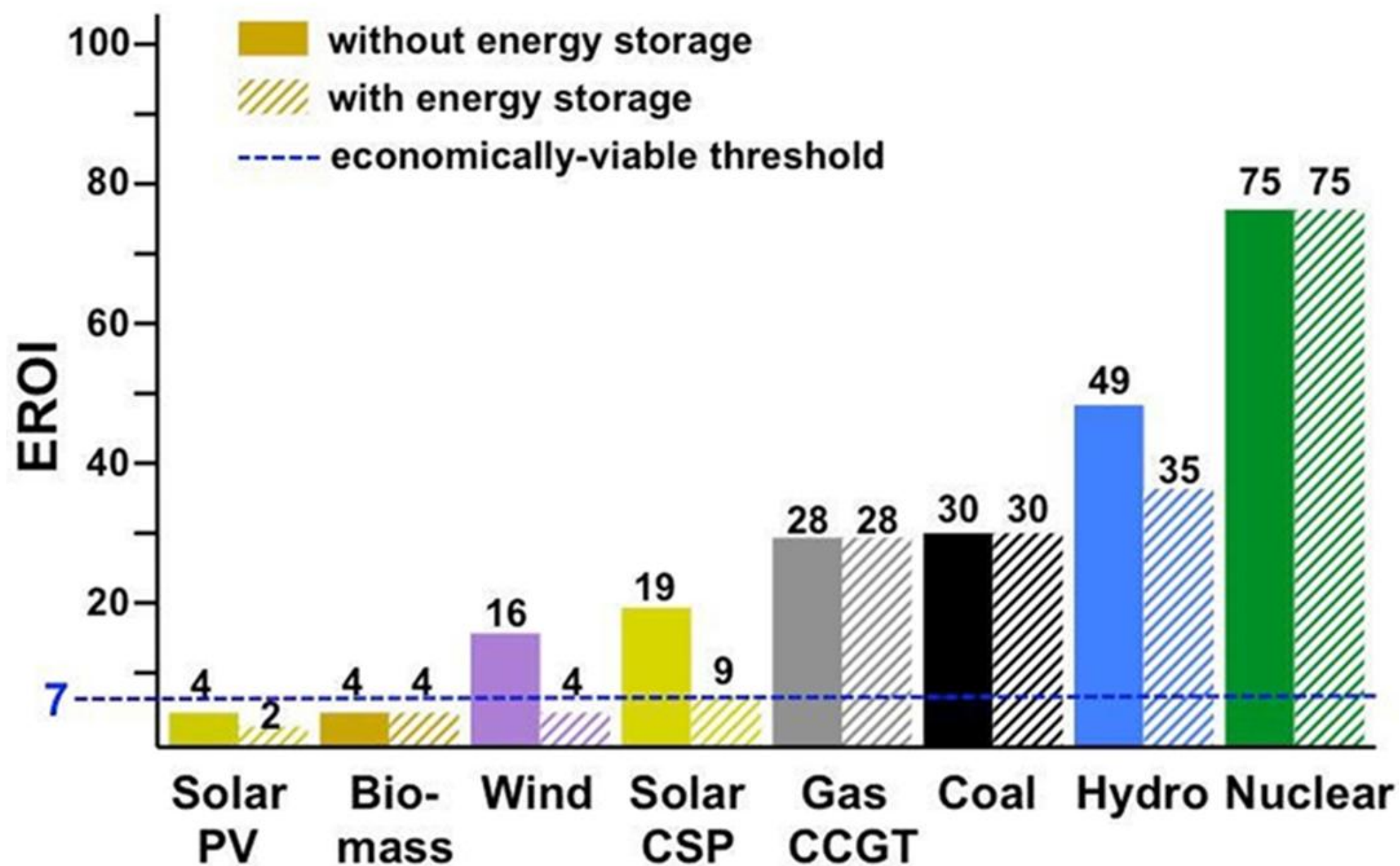


Az építéshez is energia kell! (fosszilis)



A megújulók EROI értéke sem elég jó

Energy Returned On Investment relative to the breakeven value of 1

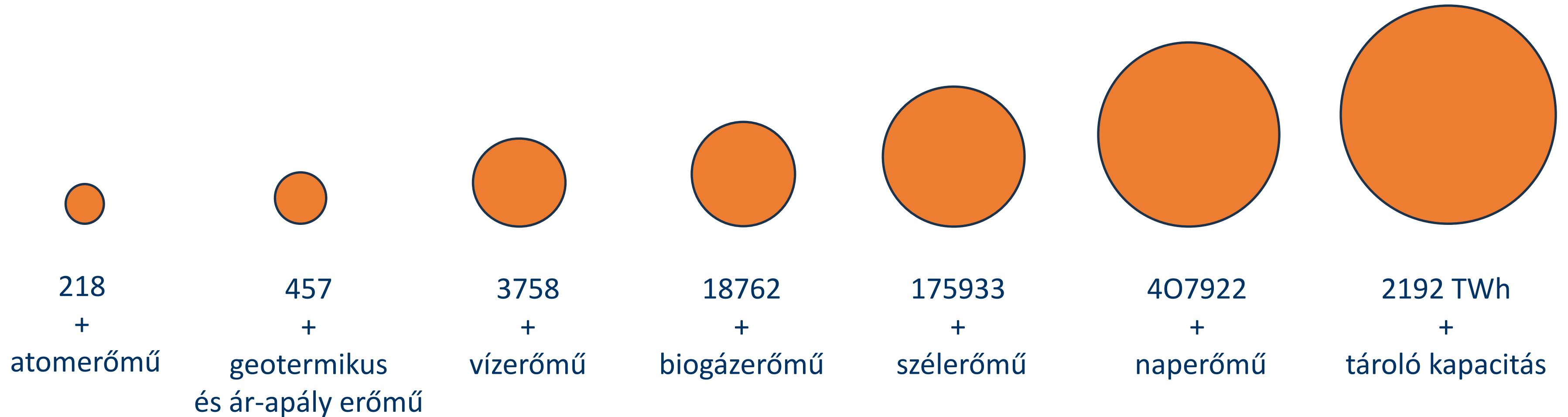


Forrás: Conca, 2015



Az átállás léptéke felfoghatatlan!

A szén, gáz, olaj használat kiváltása 607 052 új erőmű megépítését igényelné!



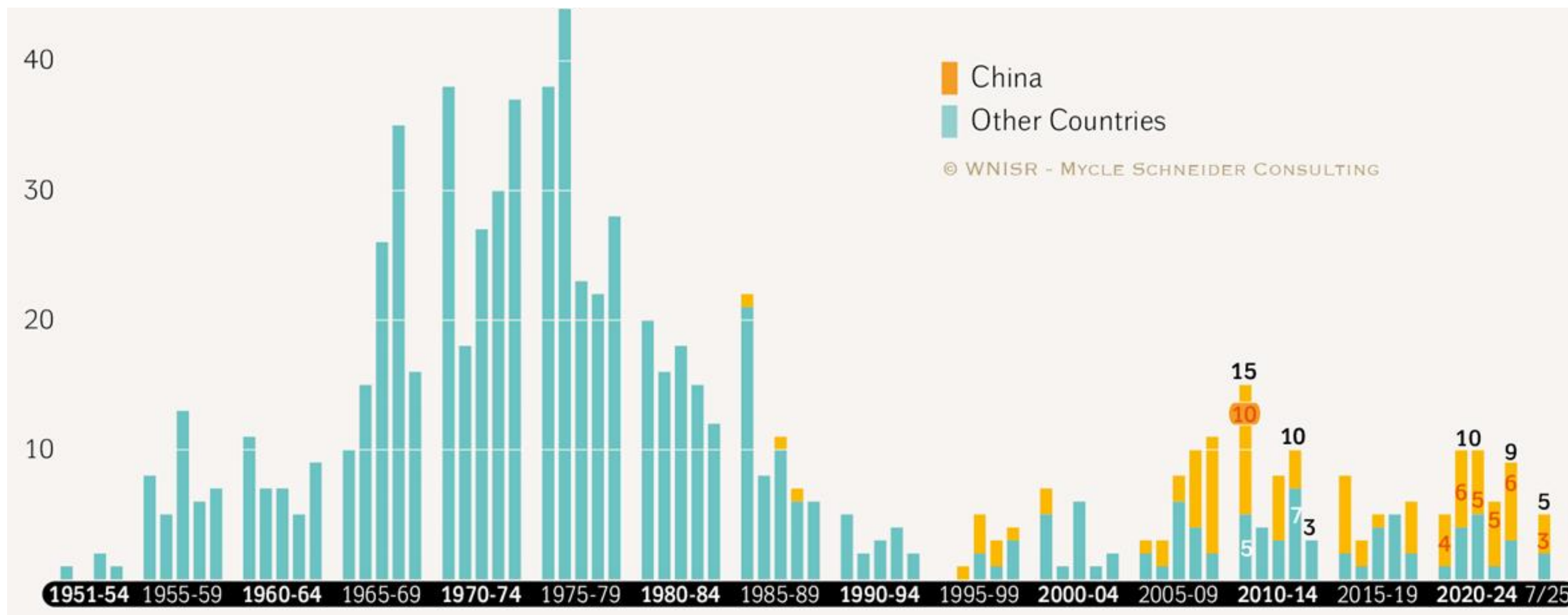
2018-as volumen és arányok mellett

A jelenlegi 46 424 erőművön felül!



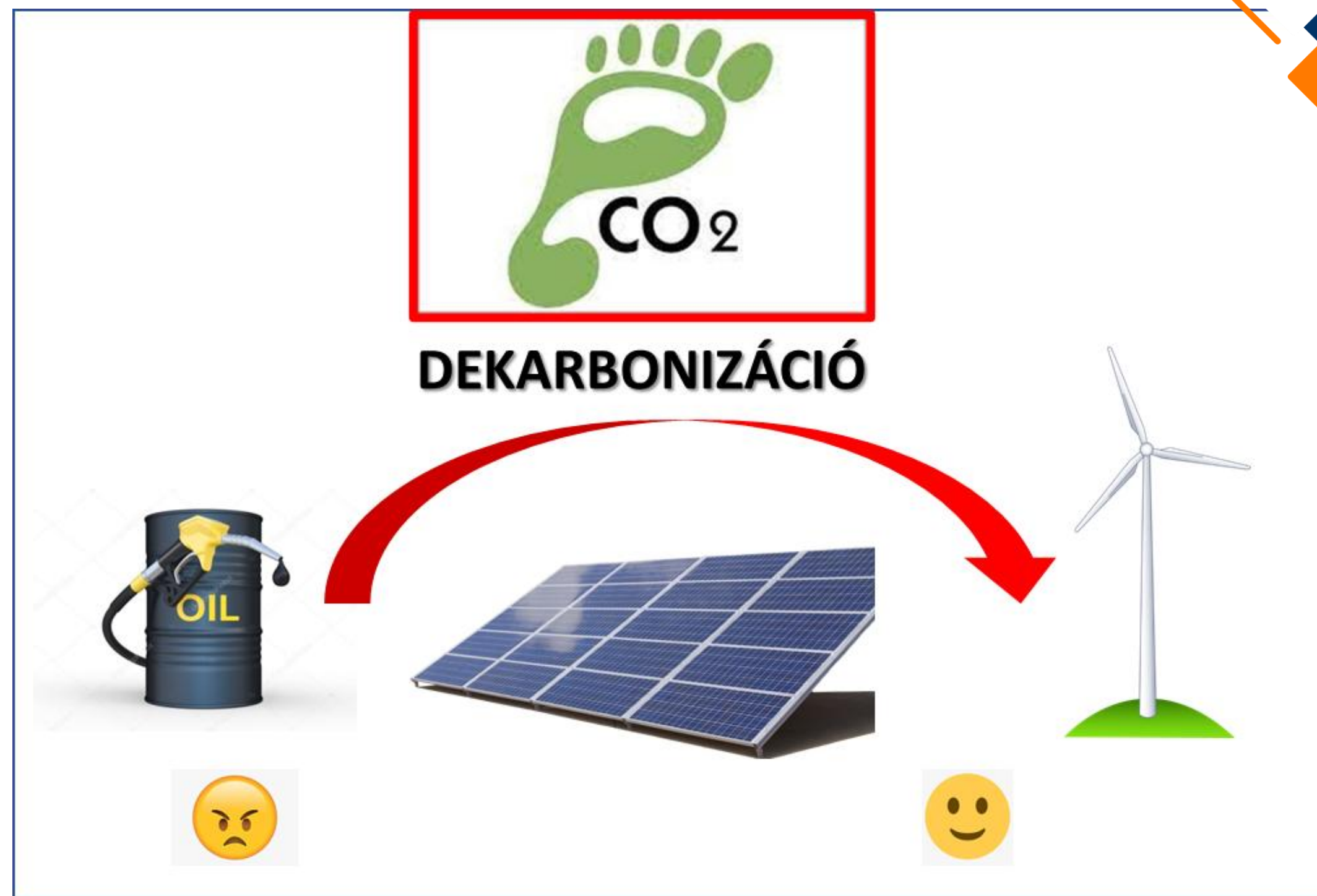
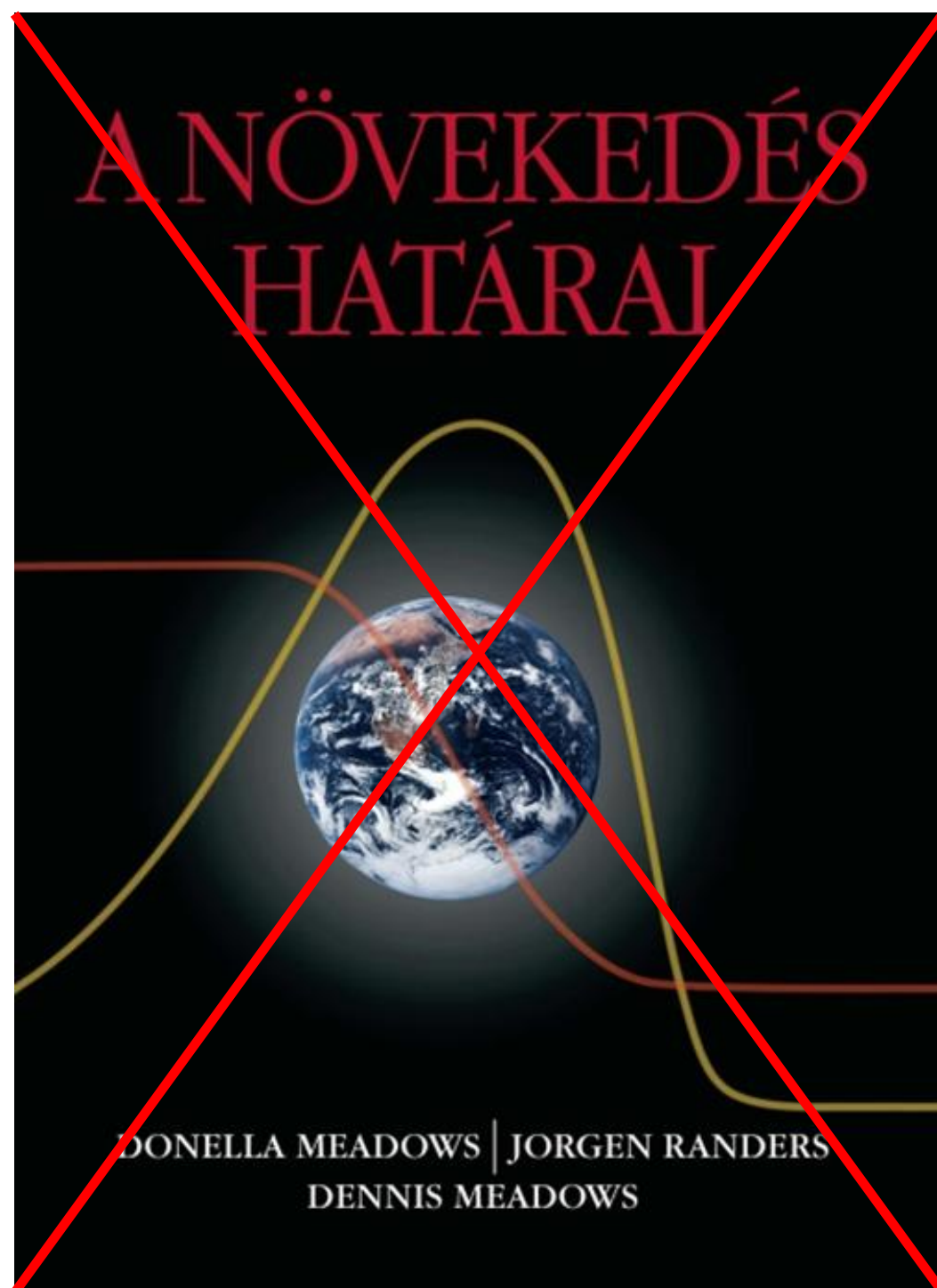
Nincs elég építési kapacitás sem

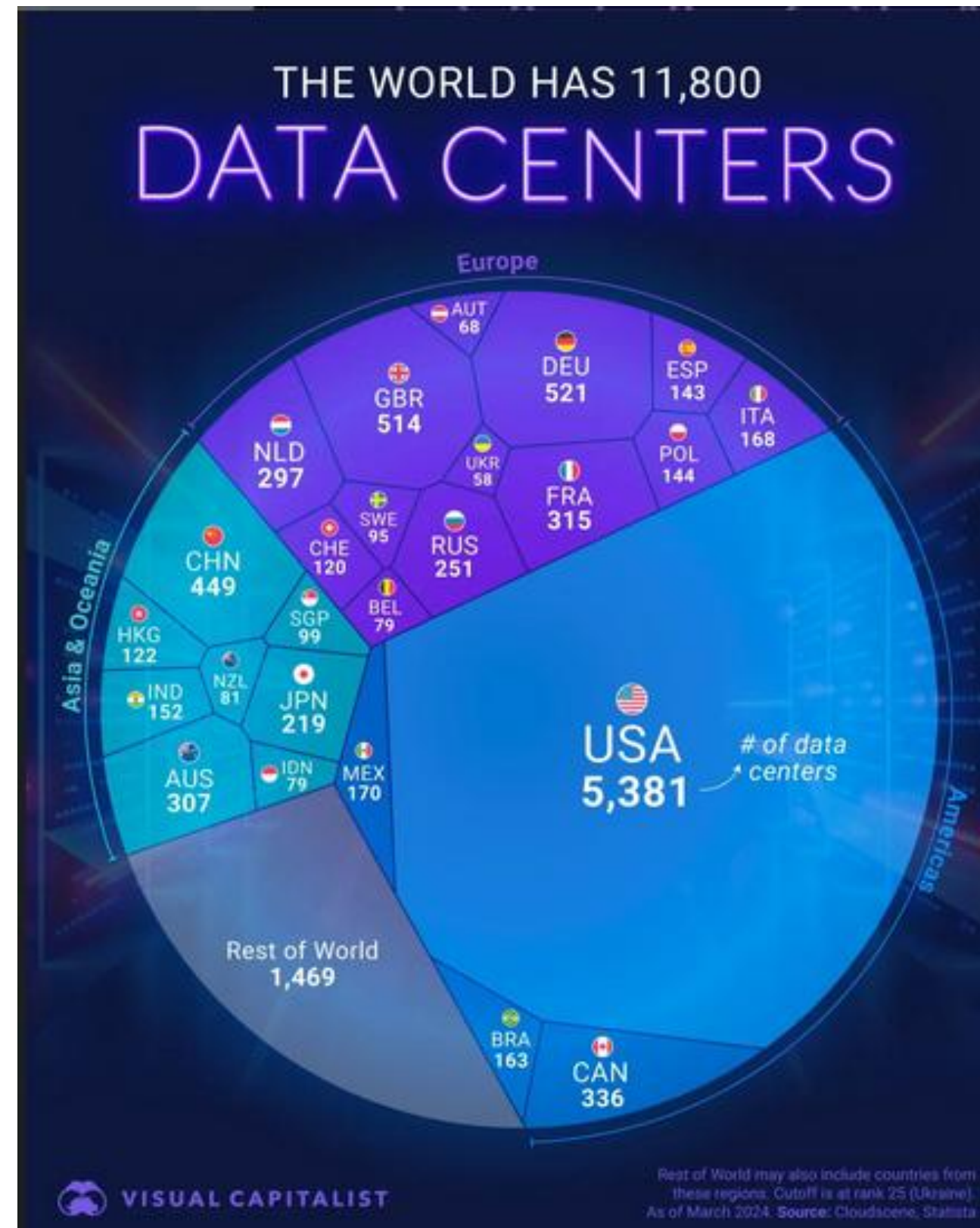
Nukleáris reaktor építés megkezdésének száma a világon 1951-2025



Forrás: World Nuclear Industry Status Report

A „fenntartható fejlődés” egybites dogmája







Adatközpontok és MI

ENERGY TRANSITION

[See all articles](#)

[Alert me about Energy Transition](#)

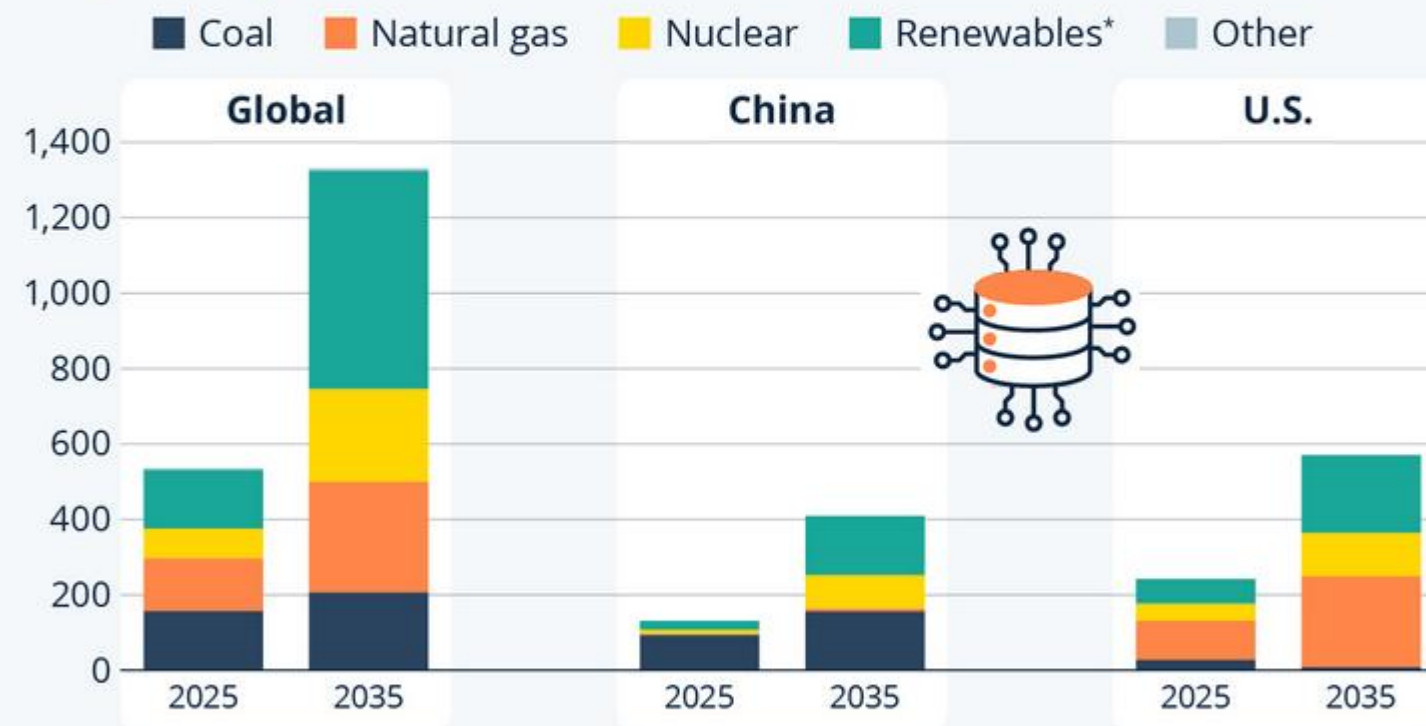


Amazon goes nuclear with atom-powered hyperscale facility

Huge 1,200-acre data centre campus will receive power directly from nearby nuclear plant

Data Center Energy Consumption Surges Amid AI Boom

Electricity generation to supply data centers, by energy source (in TWh)

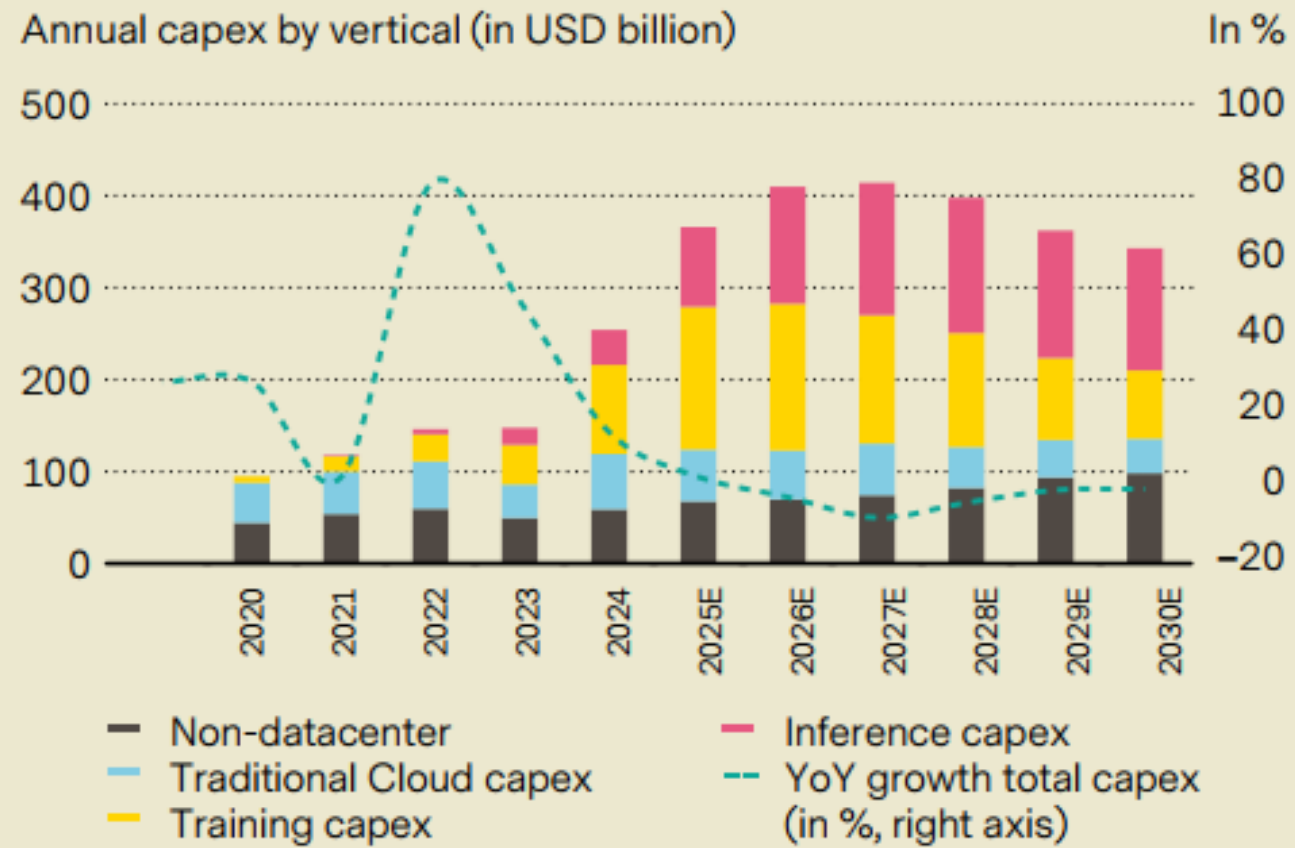


* Solar PV, wind and other renewables
Based on the fuel mix of the electricity physically consumed by data centers rather than contractual mix of different data center operators.
Source: IEA



Adatközpontok és MI

Chart 2: Capex at major global hyperscalers*: focus to shift on inference datacenters**

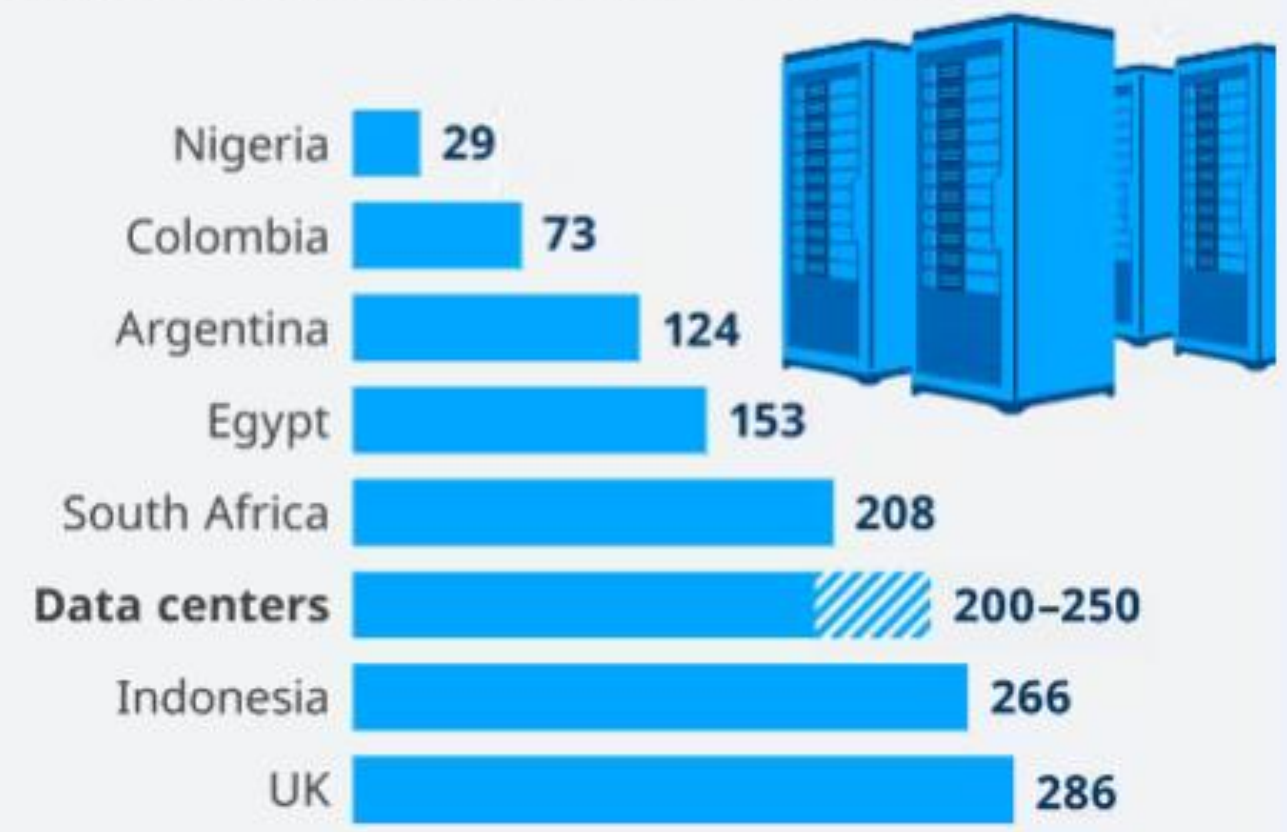


*Microsoft, Meta, Alphabet, Amazon, Oracle, Apple, Alibaba, Tencent
 **Inference datacenters focus on processing and delivering real-time predictions based on trained models, while training datacenters are dedicated to the computationally intensive task of building and updating those models.

Source: Bloomberg, Vontobel; as of March 21, 2025.

Data centers use more electricity than entire countries

Domestic electricity consumption of selected countries vs. data centers in 2020 in TWh



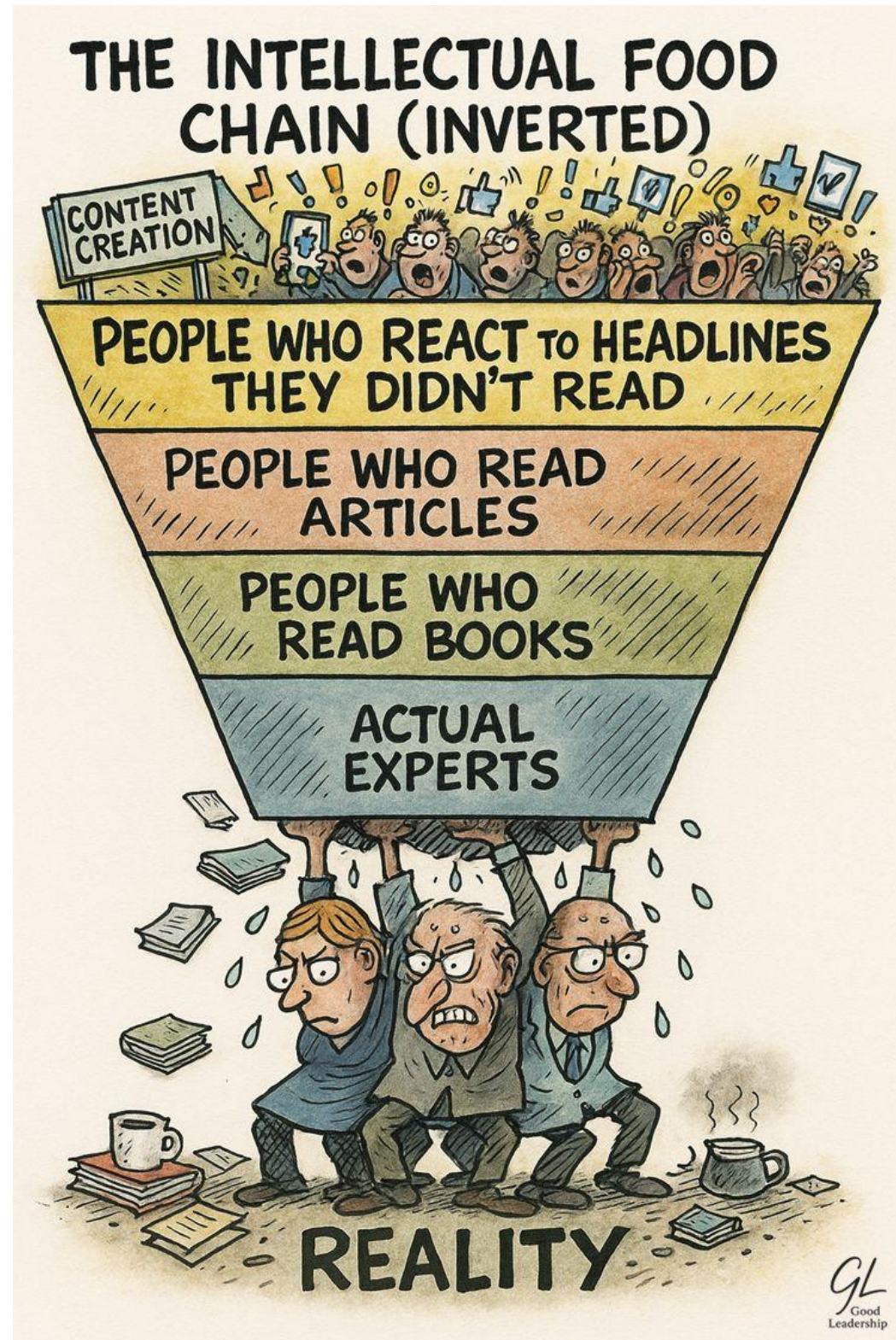
DW Source: Enerdata, IEA



Kapcsolódj be te is !



<https://misszio2050.hu/>



Köszönöm figyelmeteket !
czako.ferenc@cassandraprogram.eu