

Energetyka konwencjonalna odnawialna i jądrowa

Wykład 2 - 9.X.2018

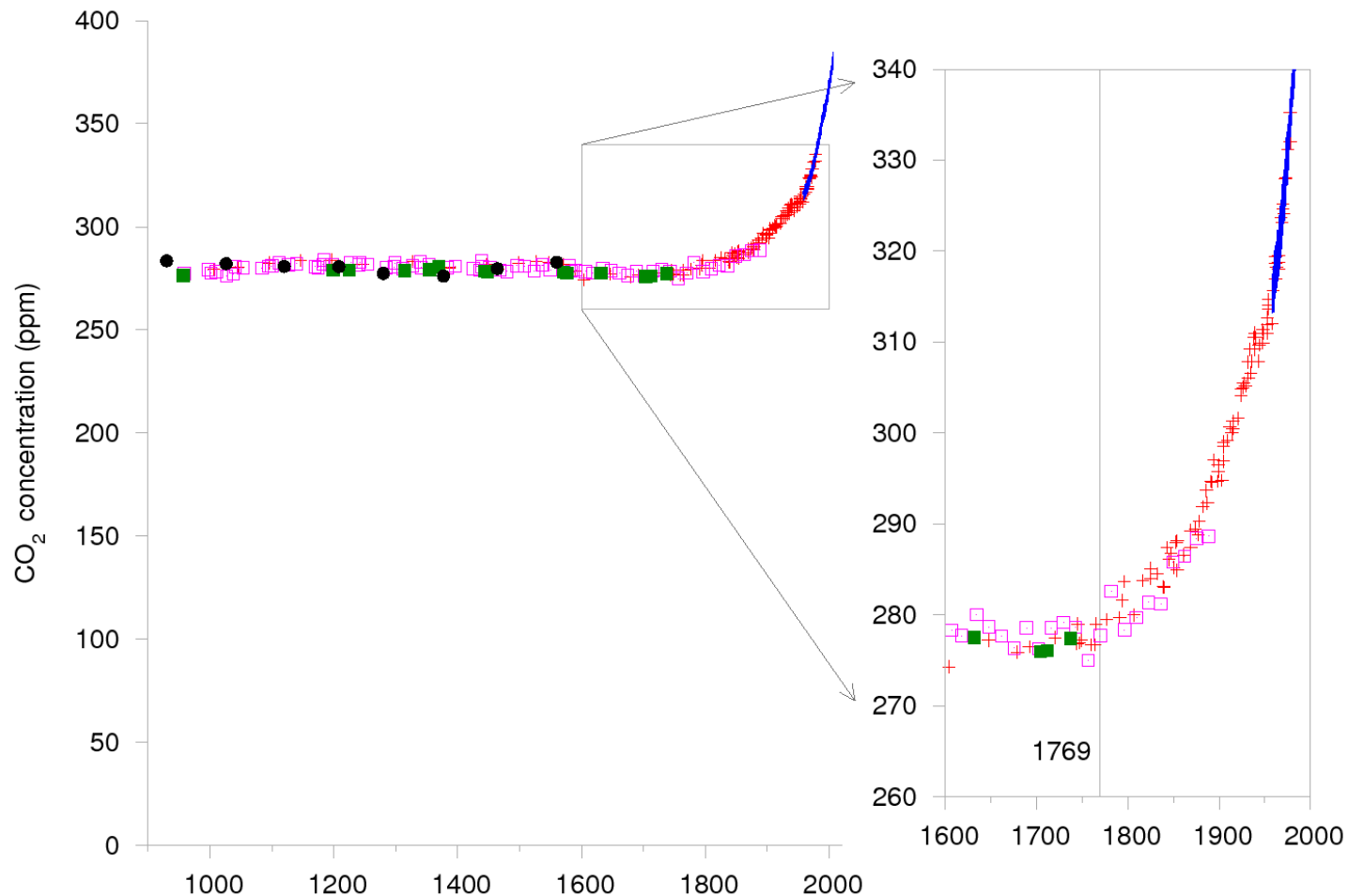
Zygmunt Szefliński

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów

szef@fuw.edu.pl

<http://www.fuw.edu.pl/~szef/>

Koncentracja CO_2 - historia



Stężenie CO_2 stale rośnie od początku XIX wieku!!!
Od 1769 roku do 2006 wydobyte węgla wzrosło 800 razy

Zmiany koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze

Źródło:

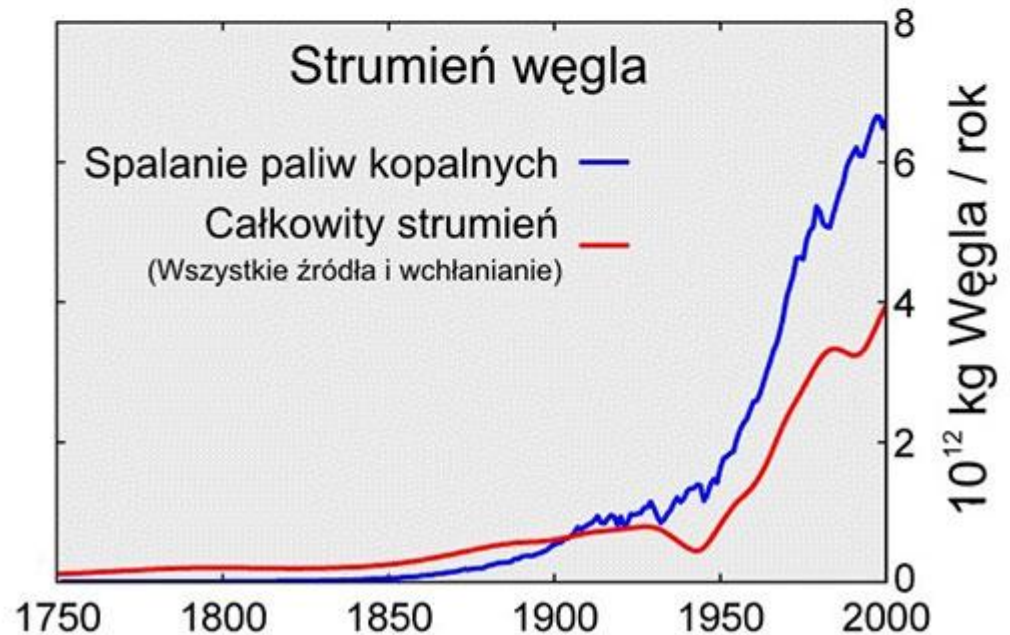
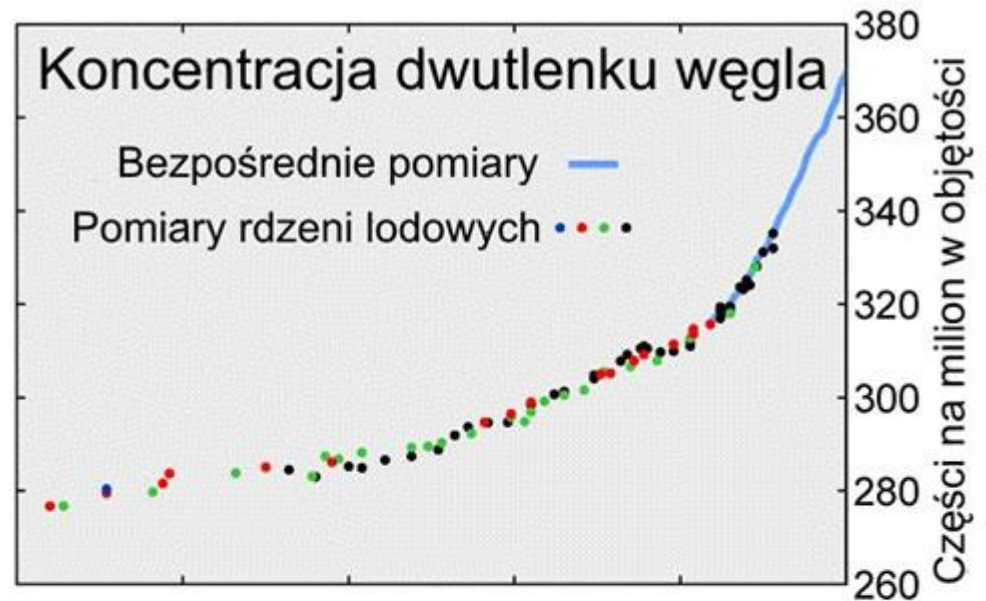
David JC MacKay
Zrównowazona Energia

-Bez Pary w Gwizdek

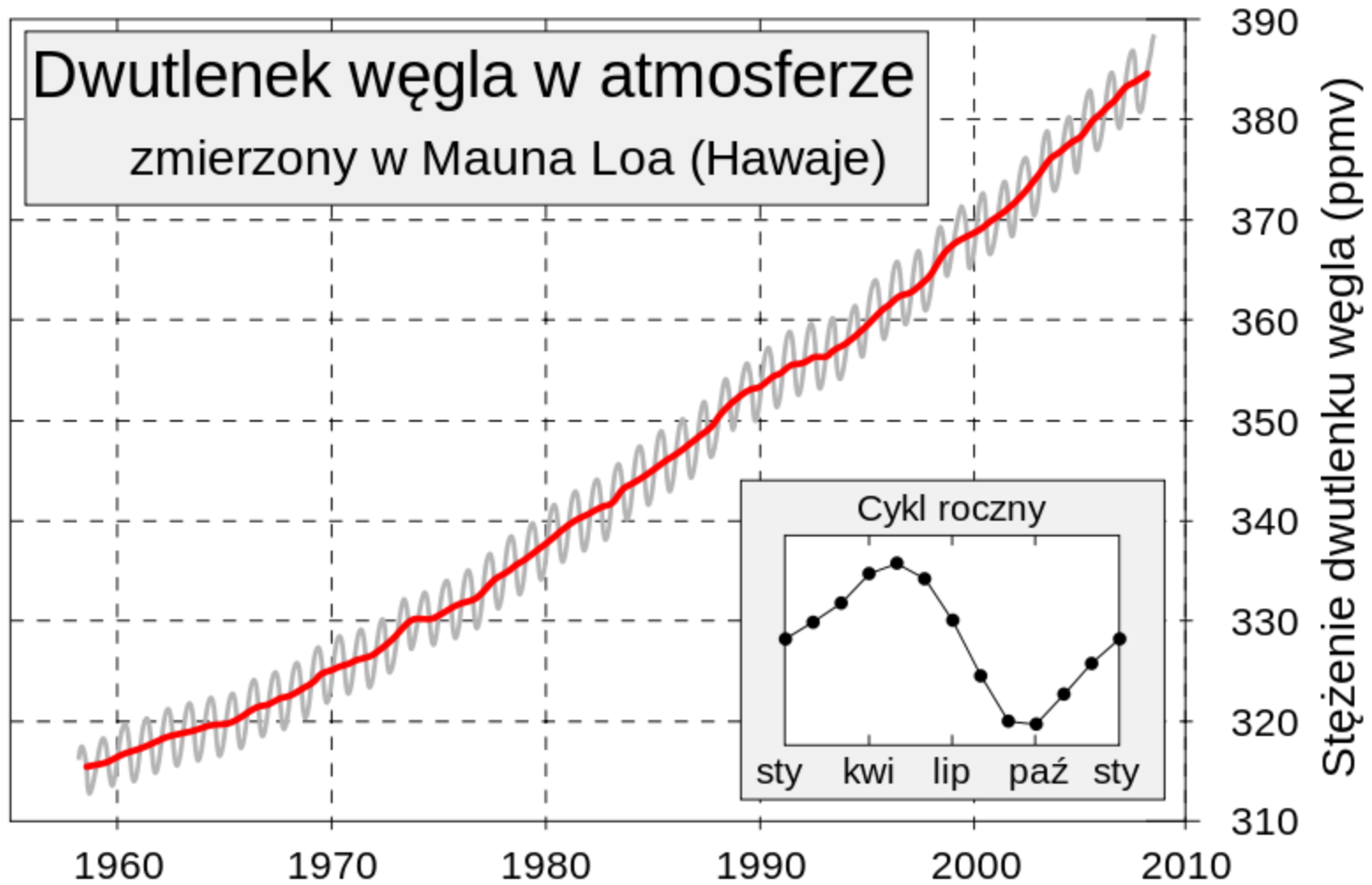
Maszyna parowa (1698)
James Watt (1769)

Spalanie paliw kopalnych
- ok. 1tony na
mieszkańca świata

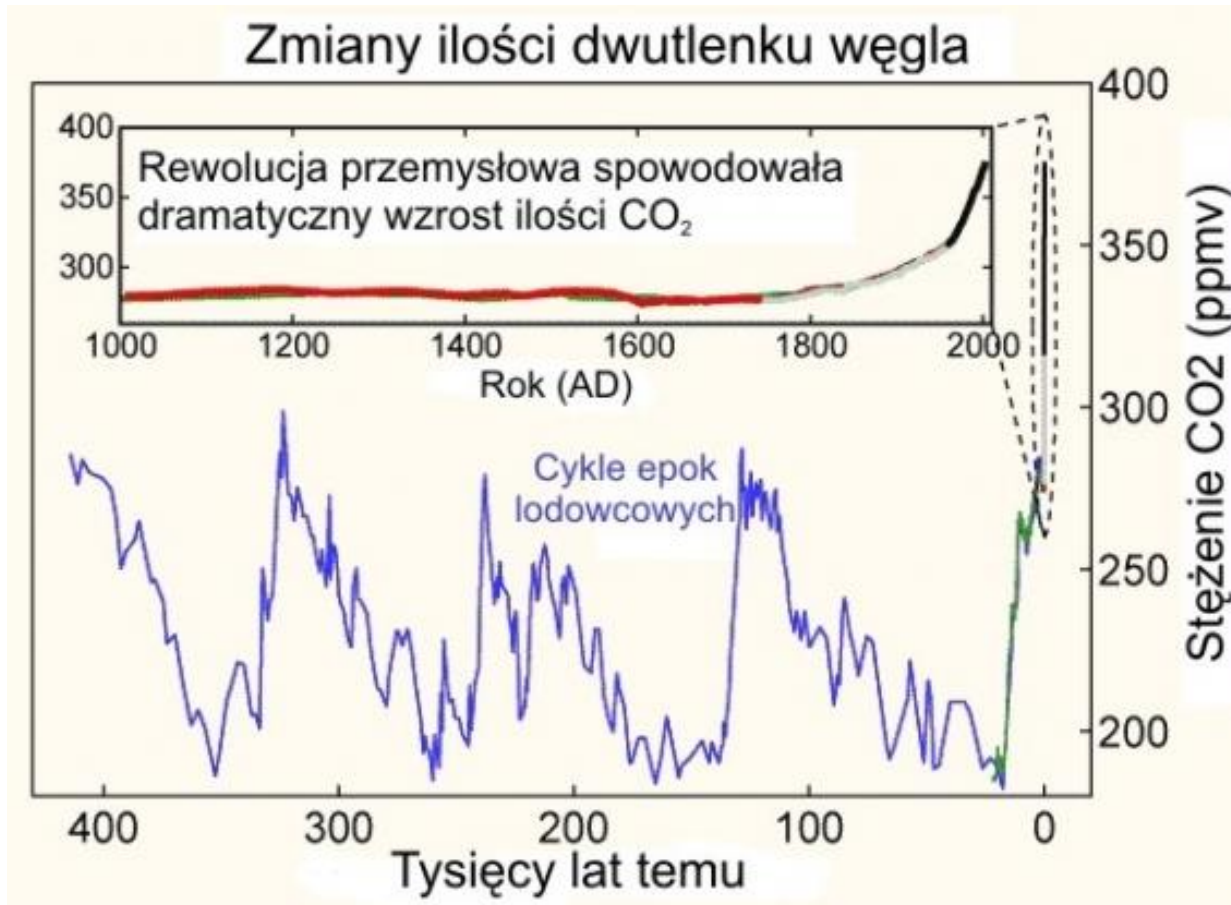
9.X.2018



Efekt cieplarniany



Koncentracja CO₂ - historia



Źródło: globalwarmingart.com

Efekt cieplarniany

Jean Baptiste Joseph Fourier w 1824 roku rozważał możliwość kumulacji ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego na Ziemi jako pierwszy. Później Svante Arrhenius w 1896 roku również badał to zjawisko. Termin **"efekt cieplarniany"** wywodzi się z podobieństwa do przemian cieplnych zachodzących w szklarniach, niekiedy używa się określenia - "efekt szklarniowy".

Na Ziemi termin **"efekt cieplarniany"** odnosi się zarówno do podwyższenia temperatury, związanego z czynnikami naturalnymi, jak i do zmiany tego efektu, wywołanego emisją gazów cieplarnianych wskutek działalności człowieka.

Efekt cieplarniany

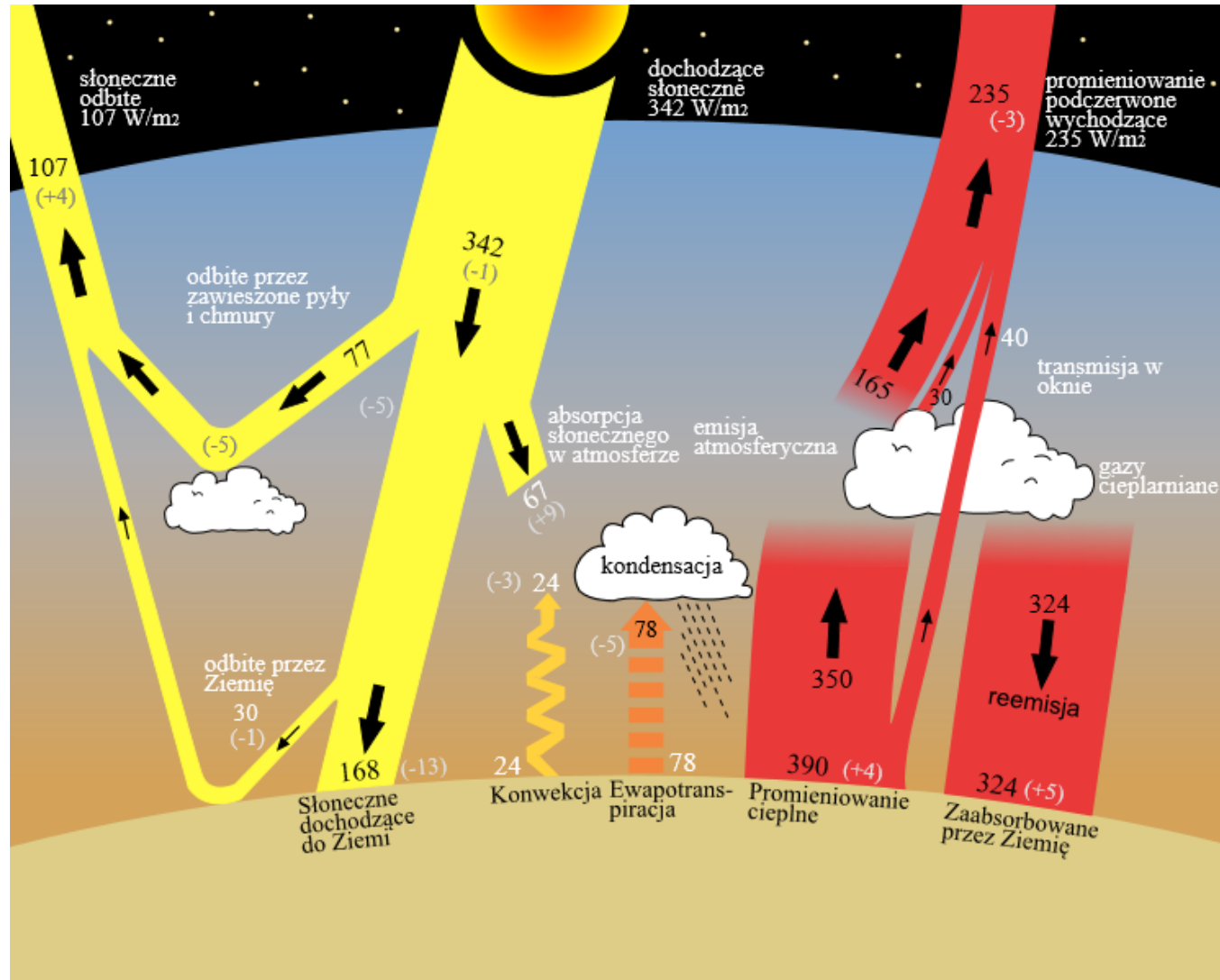
Z przestrzeni kosmicznej do układu Ziemia-atmosfera, dochodzi olbrzymia ilość energii w postaci promieniowania słonecznego. Strumień promieniowania dochodzącego do górnych warstw atmosfery wynosi około **1366 W/m²** powierzchni prostopadłej do promieniowania (jest to tzw. stała słoneczna). Po uwzględnieniu kulistego kształtu Ziemi, odpowiada to około **342 W/m²** powierzchni Ziemi i mocy $1,74 \cdot 10^{17}$ wata dostarczanej średnio całej planecie.

Bilans energii słonecznej

Gdy średnia ilość energii docierającej do planety nie zmienia się w czasie, ustala się jej średnia temperatura, a energia pobierana jest równa energii oddawanej.

W takim przypadku średnia temperatura planety praktycznie nie zmienia się (panuje stan równowagi termicznej).

$$107 + 235 = 342 !$$



Efekt cieplarniany - naturalny

W potocznym rozumieniu efekt naturalny jest często pomijany, zwracana jest natomiast uwaga na wzrost temperatury Ziemi w ciągu ostatniego stulecia, zwany globalnym ociepleniem.

Efekt cieplarniany (naturalny), jest zjawiskiem korzystnym dla kształtowania warunków życia na Ziemi. Szacuje się, że podnosi on temperaturę powierzchni o 20 - 34 °C. Średnia temperatura naszej planety wynosi 14 - 15 °C [1]. Gdyby efekt cieplarniany nie występował, przeciętna temperatura Ziemi wynosiłaby ok. -19 °C [2].

[1] Hansen J., *Climatic Change*, 68, 269, 2005, Dostępny na springerlink.com (ang.)

[2] Paul N. Pearson, Martin R. Palmer. [*Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years.*](#) „*Nature*”. Vol. 406, 2000-08-17. Nr. 6797. s. 695-699.

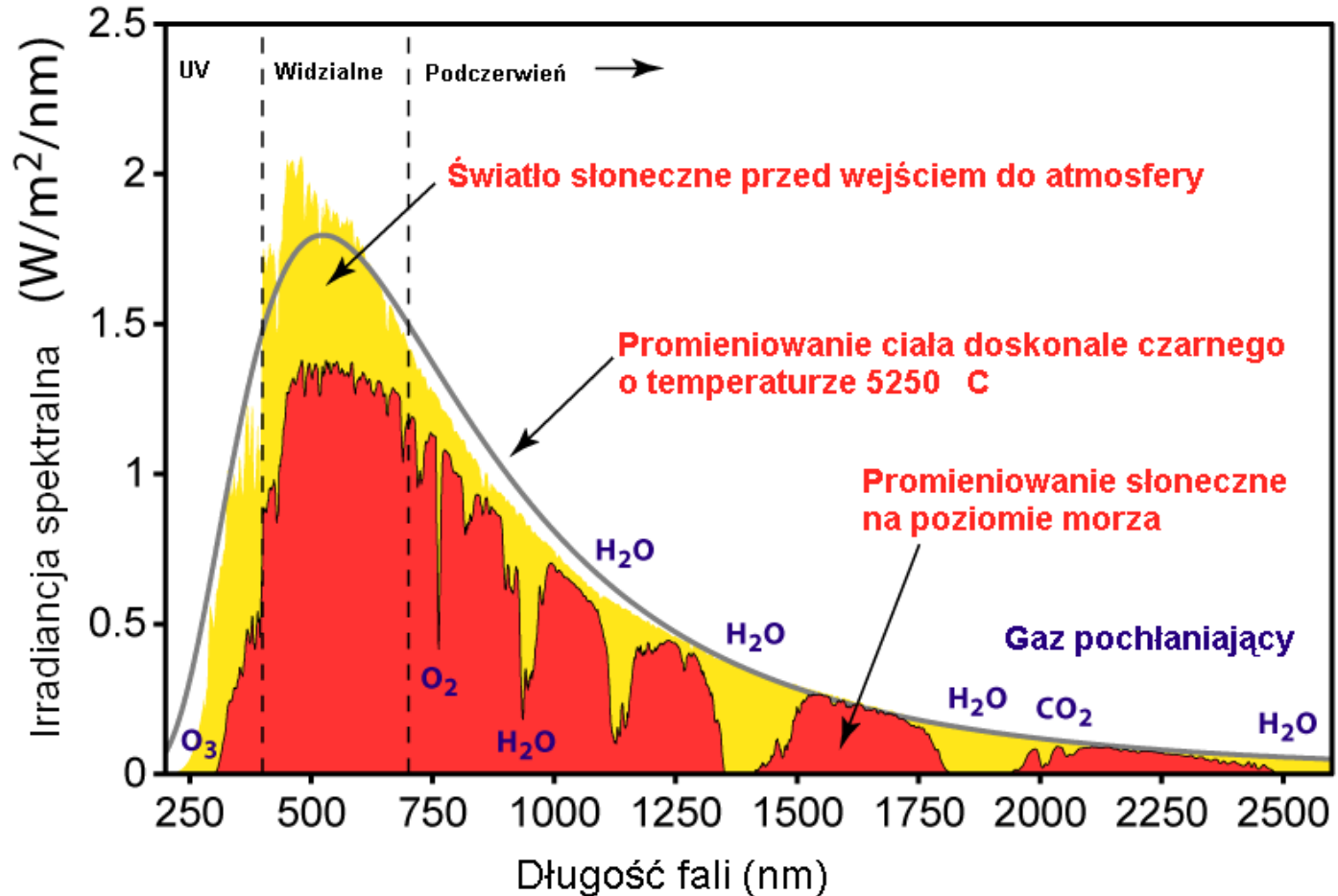
Rola wody i CO₂

Woda wpływa głównie stabilizująco na temperaturę Ziemi. Dzieje się tak dzięki jej specyficznym właściwościom fizycznym (duże ciepło właściwe, parowanie, skraplanie, zamarzanie, sublimacja i topnienie w troposferze Ziemi). Zjawiska te odgrywają ważną rolę w transporcie energii cieplnej w górę atmosfery. Woda paruje na powierzchni Ziemi i kondensuje w górnych warstwach atmosfery. Dzięki temu do górnych warstw atmosfery dostarczane jest więcej ciepła, niż gdyby zachodził jedynie proces wypromieniowywania energii cieplnej.

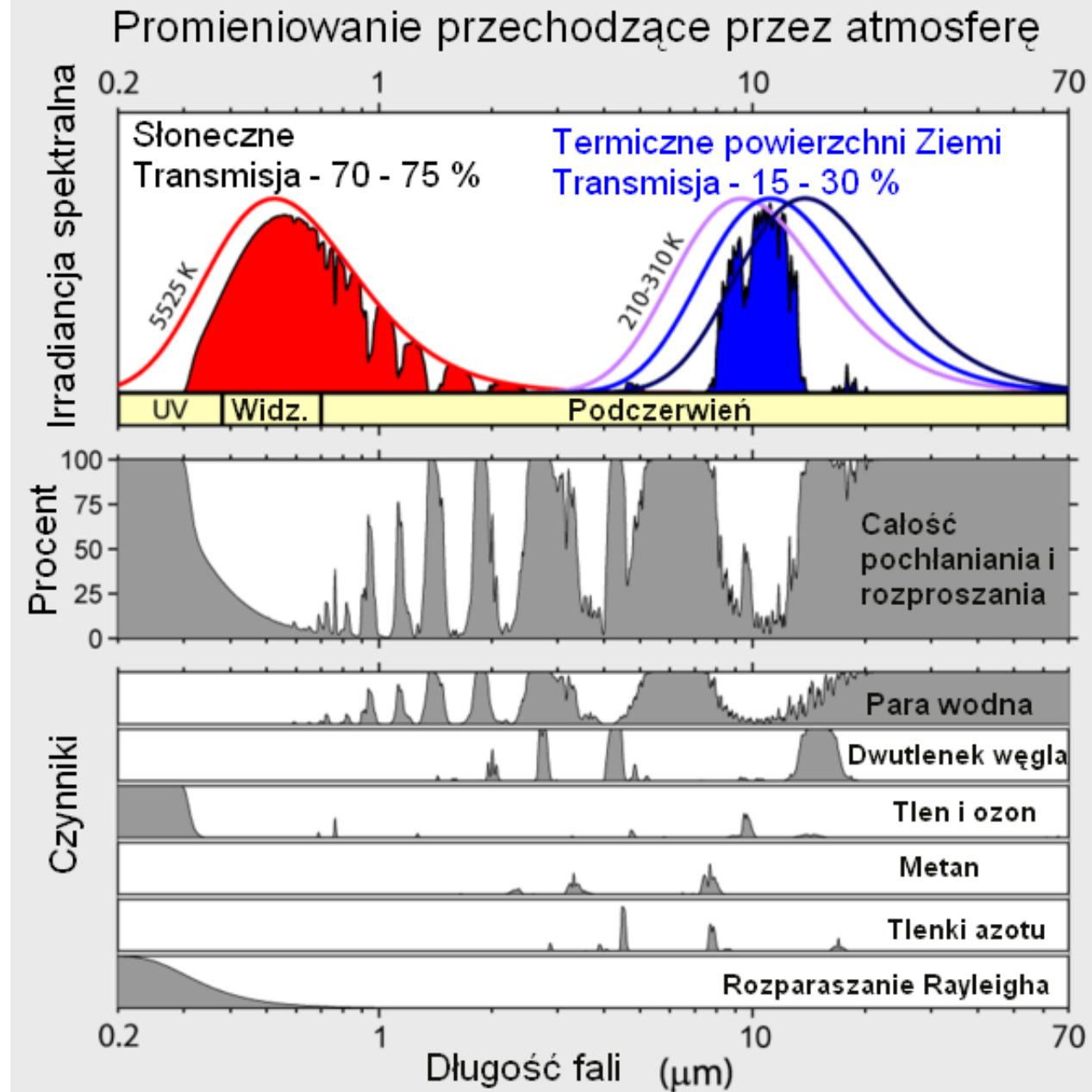
Dwutlenek węgla silnie pochłania promieniowanie podczerwone w trzech pasmach. Jeden z zakresów pochłaniania wypada w pobliżu maksimum promieniowania cieplnego Ziemi, obszar ten przypada w znacznej części na długości fal, w których para wodna słabo pochłania promieniowanie, dlatego jest on ważnym gazem cieplarnianym.

Efekt cieplarniany

Widmo promieniowania słonecznego

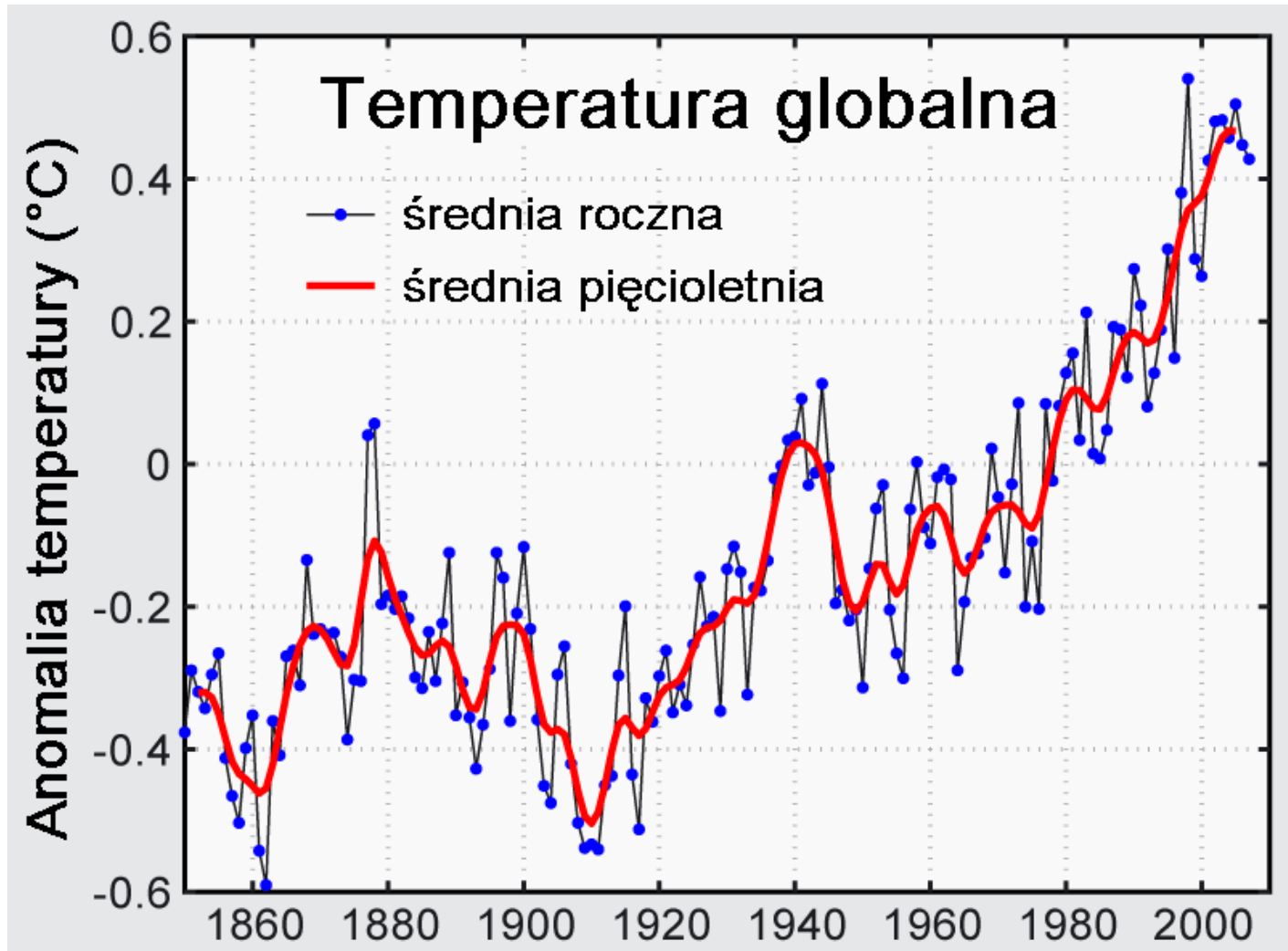


Efekt cieplarniany



Efekt cieplarniany

T



Wykorzystajmy liczby

Policzmy co można uczynić z energią słoneczną.

Energia słoneczna docierająca do powierzchni globu: $100 \frac{W}{m^2}$

Powierzchnia Polski: $312\ 000\ km^2 \approx 3 \cdot 10^{11}\ m^2$

Ludność: $\approx 30\ mln = 3 \cdot 10^7$

Na każdego obywatela wypada $10^4\ m^2 = 1\ ha$

Niech każdy zamontuje ogniwo fotowoltaniczne $10\ m^2$

Powierzchnia ogniw $\approx 3 \cdot 10^8\ m^2$

Całkowita moc przy wydajności 10%:

$$100 \frac{W}{m^2} \cdot 3 \cdot 10^8\ m^2 \cdot 10\% = 3 \cdot 10^{10} \cdot 0,1\ W = 3\ GW$$

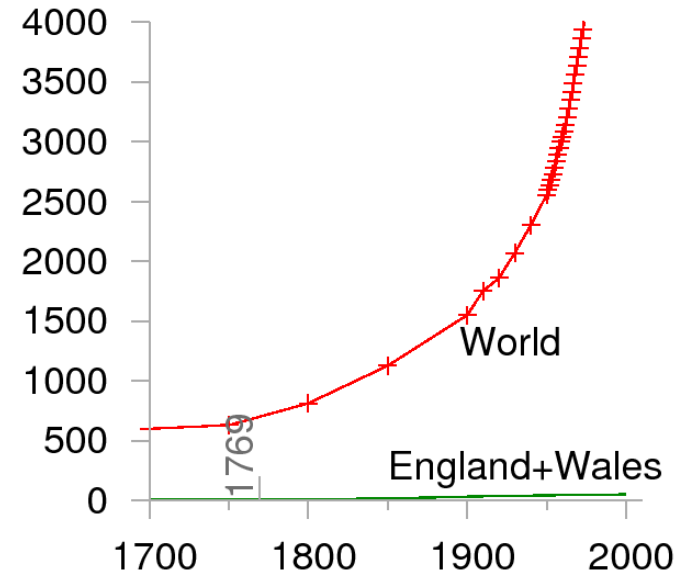
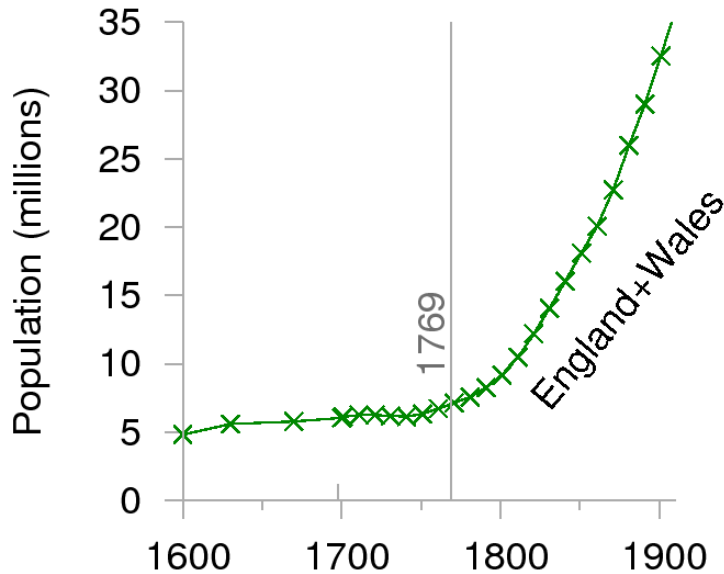
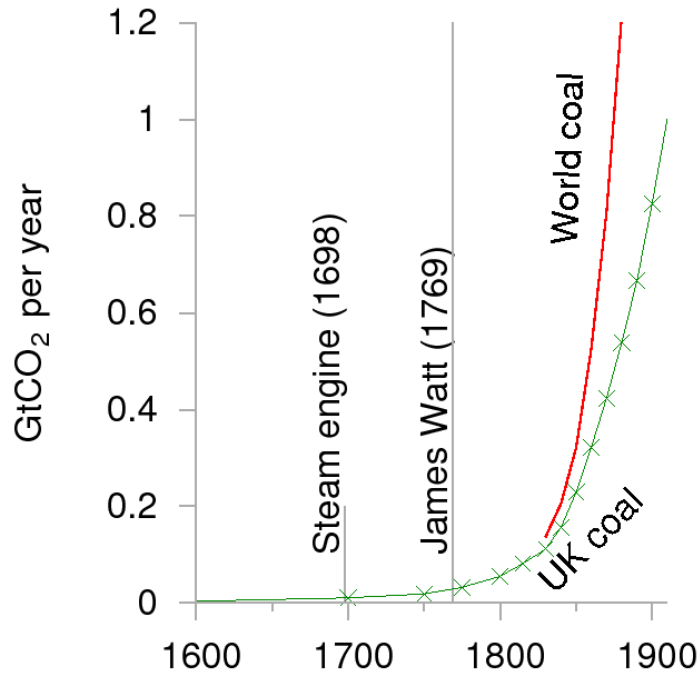
Wydobycie węgla - historia

- Wydobycie węgla w latach 1770- 2005 wzrosło 800 razy i rośnie nadal.
- Czy spalanie paliw kopalnych zwiększa koncentracje CO_2 ?

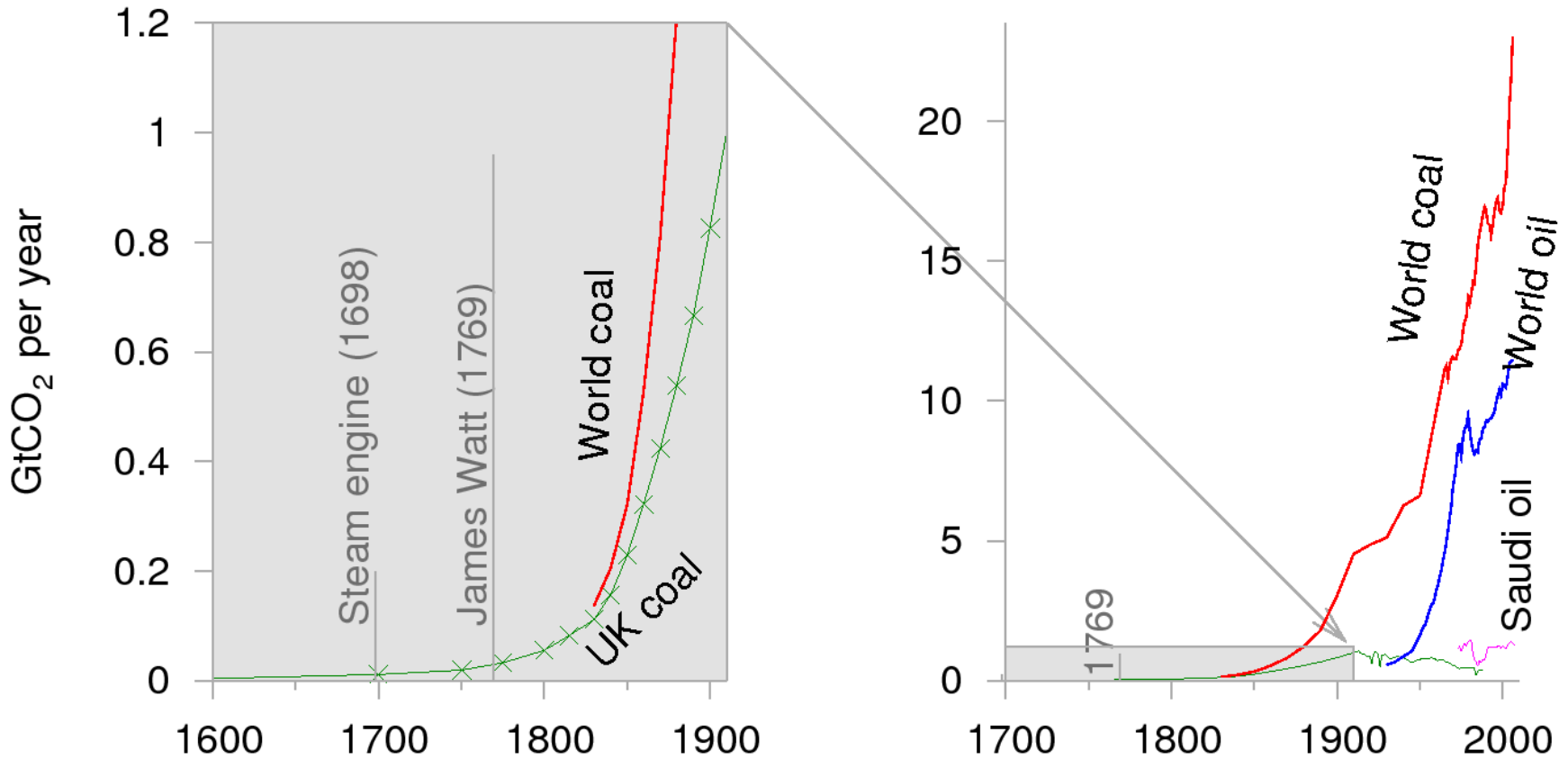
Źródło Emisja CO_2	Dominic Lawson Independent [Gt CO_2]	Prawda [Gt CO_2]	Absorpcja [Gt CO_2]
Spalanie paliw kopalnych	7	26	-
Biosfera	1 900	440	440
Oceany	36 000	330	330

Spalanie paliw kopalnych - ok. 1tony na mieszkańca świata

Wydobywanie węgla i zaludnienie



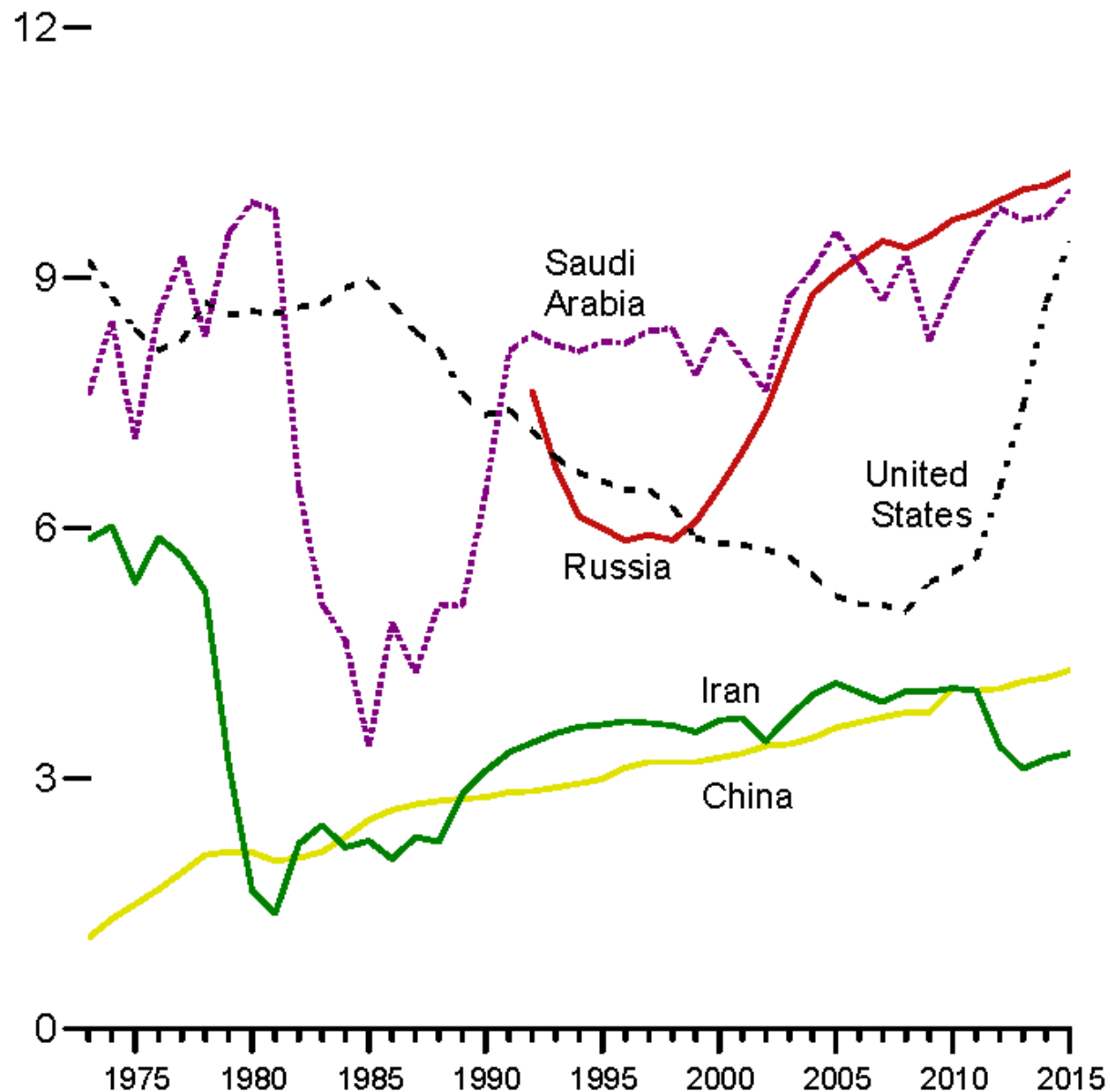
Przyczynki do koncentracji CO₂



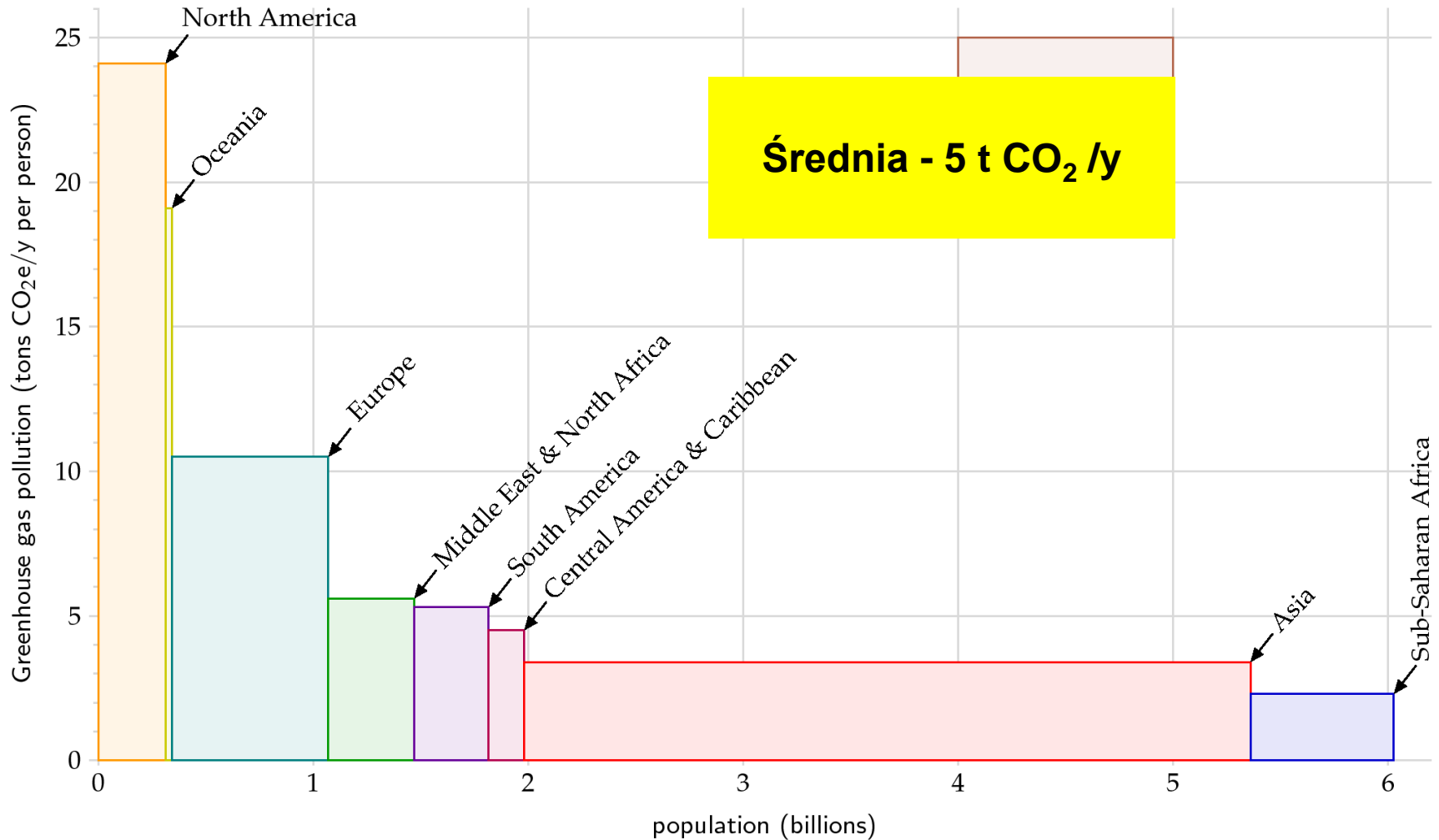
Selected Producers, 1973–2015

Produkcja ropy naftowej - ostatnie lata

mln baryłek/dzień

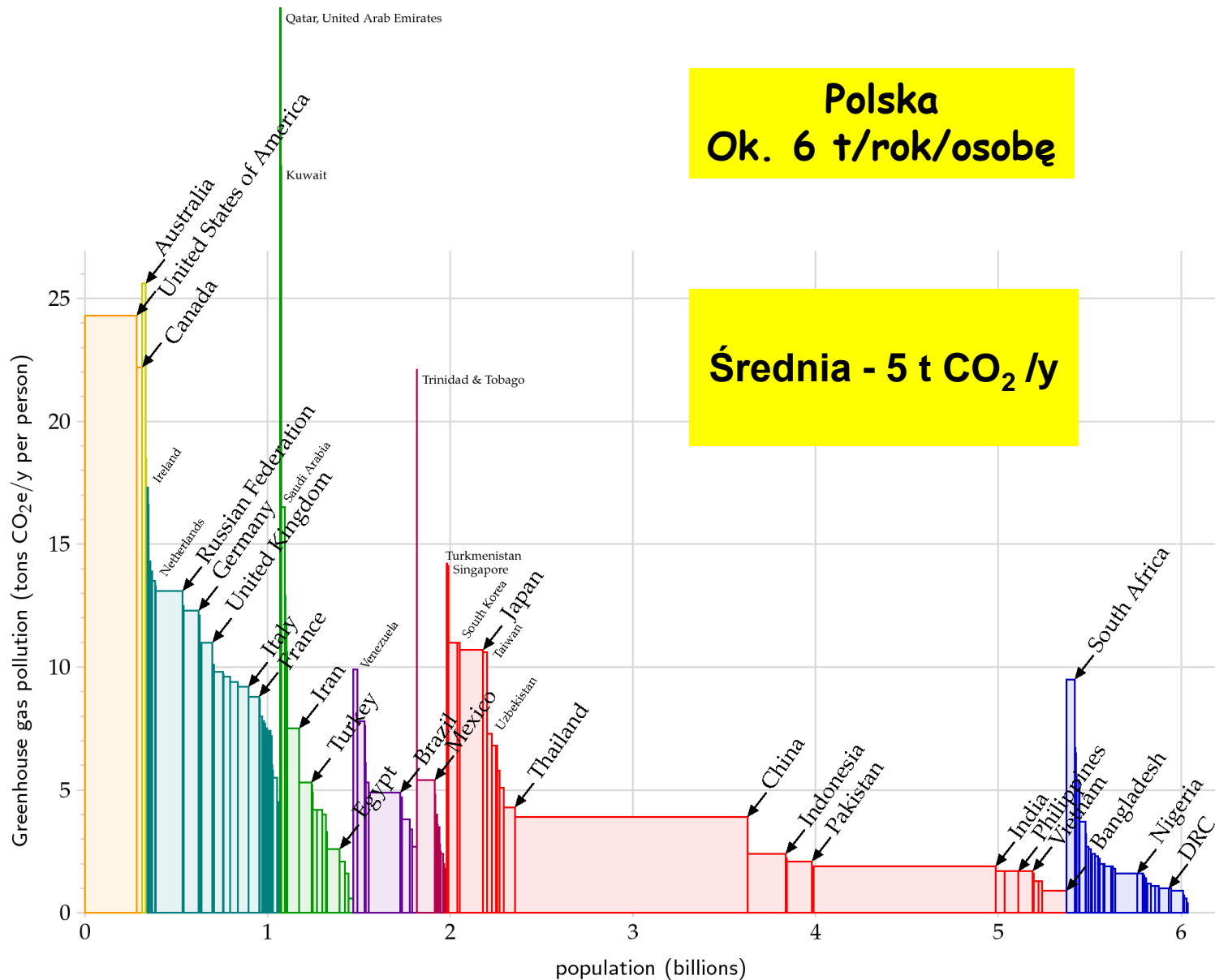


Emisja CO₂ -kontynenty

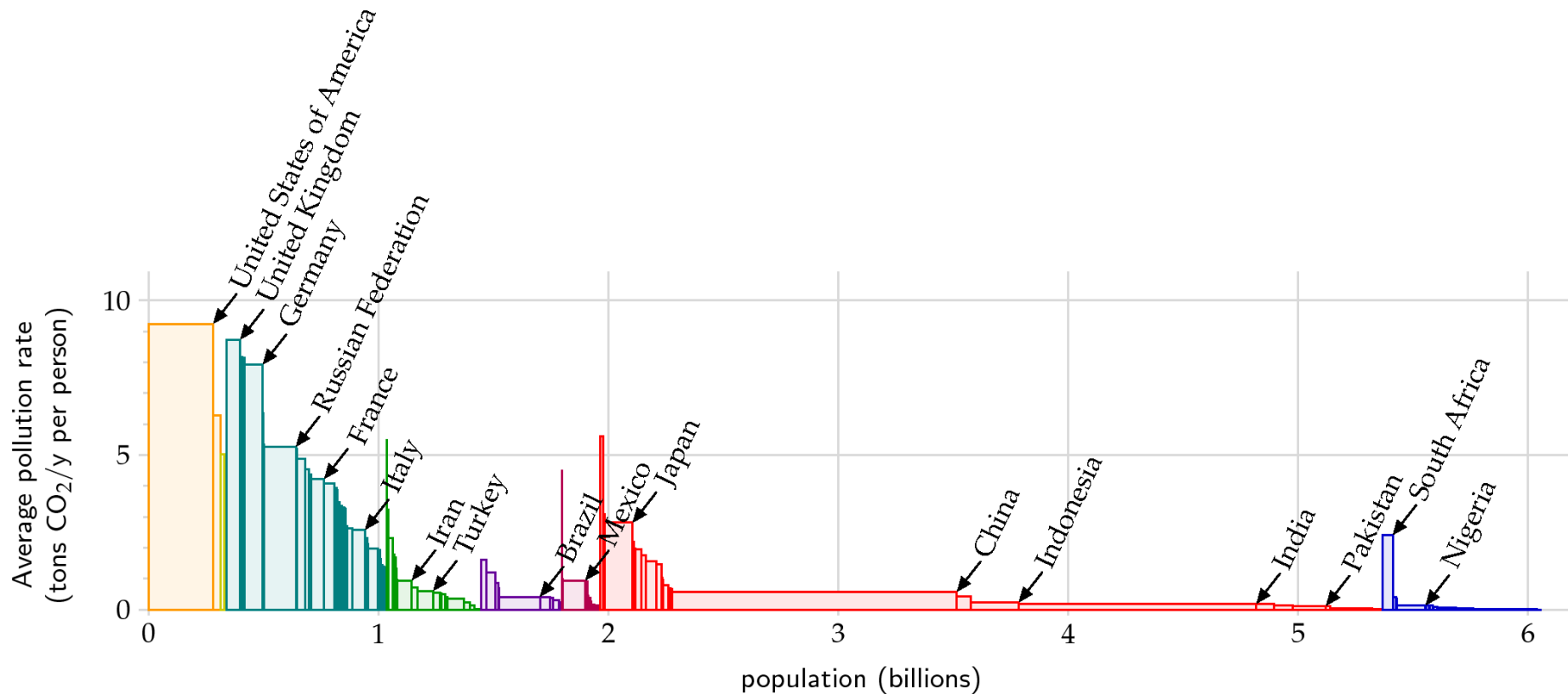


Spalanie paliw kopalnych - ok. 1 tony na mieszkańca świata

Emisja CO₂ -kraje

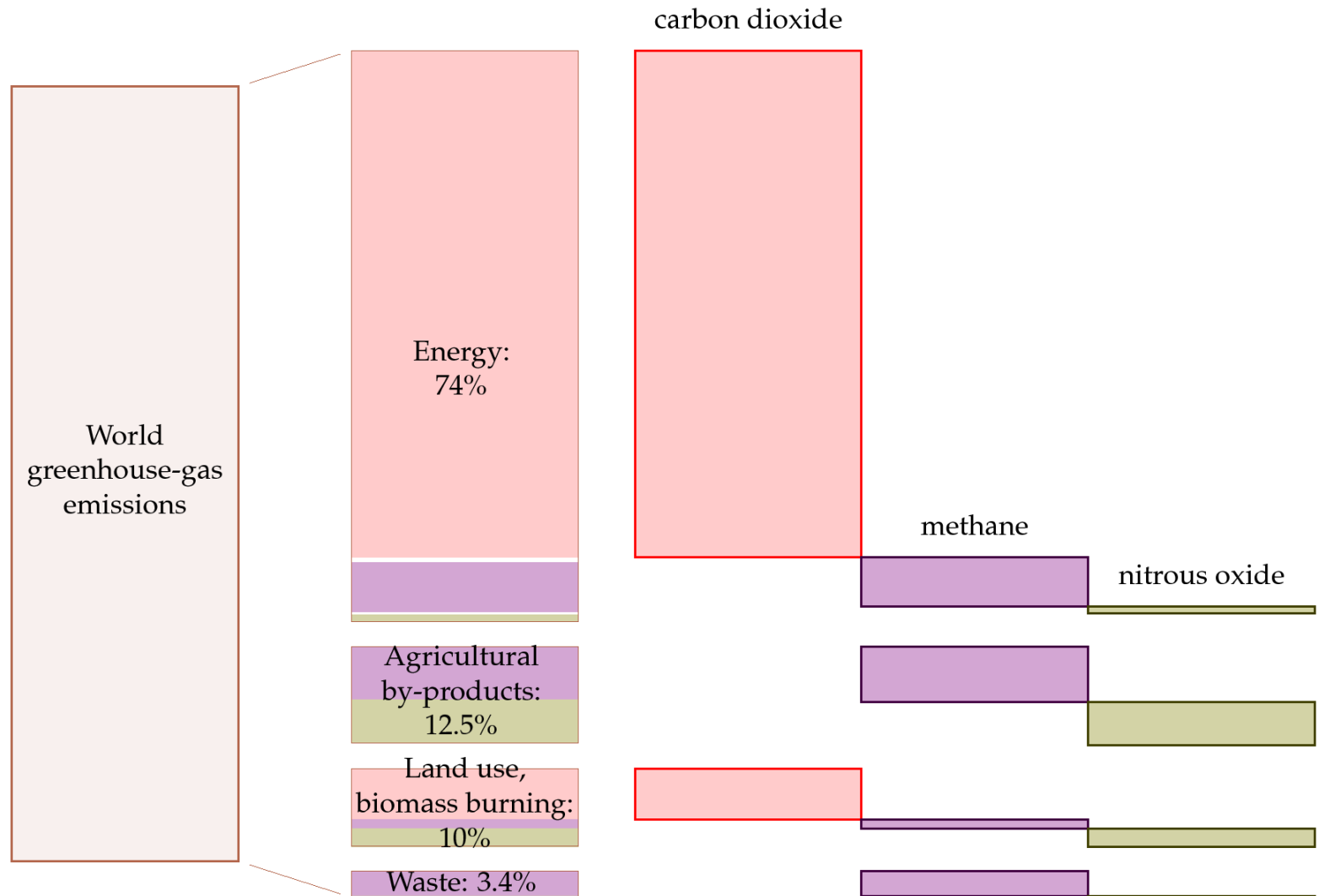


Emisja CO₂ - za lata 1880-2004

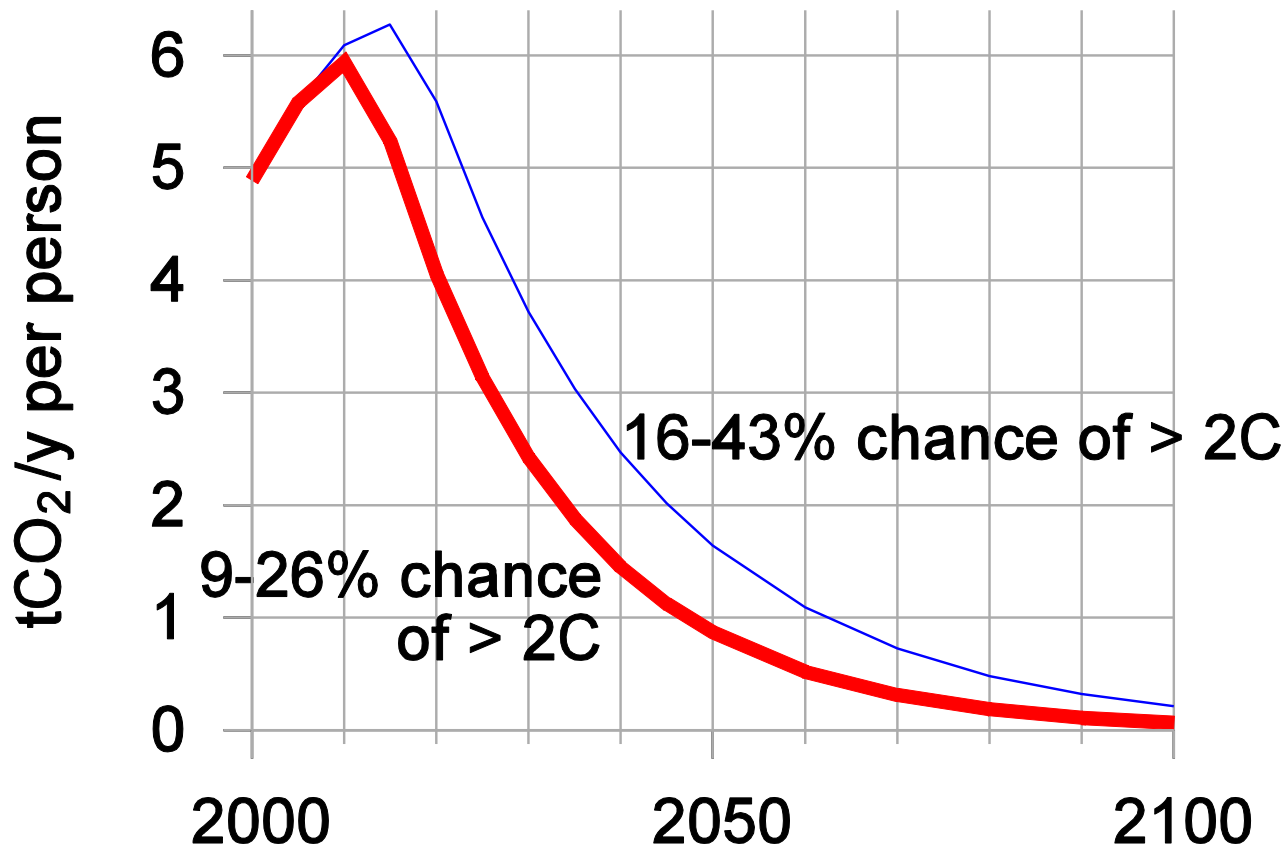


Pole powierzchni to przyczynek od danego kraju.

Przyczyny emisji i rodzaj gazu



Scenariusze redukcji emisji gazów cieplarnianych



Bilans energii

Zużycie energii	Zrównoważone wytwarzanie energii
<ul style="list-style-type: none">▪ transport:▪ samochody, samoloty, transport towarów,▪ ogrzewanie i wentylacja,▪ oświetlenie,▪ systemy informacyjne i inne gadzety,▪ jedzenie,▪ przemysł wytwórczy.	<ul style="list-style-type: none">▪ energia wiatrowa,▪ energia słoneczna:▪ fotowoltaiczna, fototermiczna, biomasa,▪ energia wodna,▪ energia fal,▪ energia pływów,▪ geotermia,▪ energetyka jądrowa? (ze znakiem zapytania, gdyż nie jest do końca jasne, czy ten rodzaj energii można zaliczyć do „zrównoważonych”).

Bilans energii

Wizja optymistyczna



Wizja ponura



Bilans energii - pytania

- Czy wprowadzanie odpowiedniego źródła jest możliwe?
- Jaka skala produkcji jest możliwa?
- Jakie są zasoby poszczególnych źródeł energii?
- Jaka jest opłacalność z ekonomicznego punktu widzenia?

Jeśli po uwzględnieniu zastrzeżeń uzyskamy „ponurą wizję” należy myśleć o zmianie stylu życia, bądź ograniczeniu liczby ludności świata.

Moc a energia



Każda z tych żarówek pobiera określoną moc
Pobrana energia zależy od czasu włączenia i mocy
Ilość światła zależy od typu żarówki (LED, świetlówka)

Moc a energia

Energia i moc to tak ważne wielkości, że mają własne jednostki. Jednostką energii jest dżul (J), a jednostką mocy jest wat (W).

$$1W = \frac{J}{s}$$

Waty i dżule to niepraktyczne wielkości dla energetyki. Jednostką wygodną jest kilowatogodzina (kWh).

To energia jaką odbiornik o mocy 1000W zużywa w ciągu godziny (1000W·1h, lub 1W ·1000h).

$$1 \text{ kWh} = 1000W \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$$

np. 40W ·24h= 960 Wh \approx 1kWh \rightarrow 40W \approx 1kWh/d

$$1kW = 24kWh/d$$

Energia i koszt



60W

$$60W \cdot 8h = 480Wh \approx 0,5kWh$$

$$0,5kWh \cdot 50gr / kWh = 25gr$$



2 kW

$$2000W \cdot 1h = 2 kWh$$

$$2kWh \cdot 50gr / kWh = 1zł$$

Żarówka LED Classic 12W

Moc: 12 W.

Kolor: BIAŁY ZIMNY

Przyjazna Barwa Światła (6500 - 7000 K).

Obudowa: MLECZNA.

Napięcie 230 V.

Typ gniazda: E27.

Diody LED: typ 3528.

Ilość Lumenów: 700 lm.

Gwarantujemy Dokładną Powtarzalność Serii - dzięki czemu zawsze otrzymujesz produkt o tych samych parametrach (jasności i barwy)!

**Otrzymujesz Gwarancję Legalności i Chronisz Środowisko
(Posiadamy Certyfikaty CE i RoHS).**

Dbasz o Swój Portfel = Bardzo Niskie Zużycie Energii El.

ŻYWOTNOŚĆ nawet do 50'000 godzin !

Cena : 22,80 +VAT !

Żarówka 60W E27

Kształt bańki: Kształt gruszki

Moc źródła światła [60W]

Strumień świetlny [lm]: 710

Napięcie lampy [V]: 240

Trzonek: E27

Model: Przezroczysty

Średnia trwałość znamionowa [800h]

Cena ok. 3zł

Żarówka tradycyjna vs. LED

Używamy żarówki 8h/d
Strumień świetlny: 710 lm
 $60W \cdot 8h/d = 480 \text{ Wh} \approx 0,5 \text{ kWh/d}$
300 dni w roku to:
 $0,5 \text{ kWh/d} \cdot 300 \text{ d} = 150 \text{ kWh}$
Czas $8h/d \cdot 300 \text{ d} = 2400 \text{ h}$
(potrzebne 3 żarówki o żywotności 800 h)
Koszt roczny:
 $3 \text{ żarówki} \cdot 3 \text{ zł} = 9 \text{ zł}$
 $150 \text{ kWh} \cdot 0,5 \text{ zł/kWh} = 75 \text{ zł}$

Razem rocznie 84 zł

Używamy żarówki LED 8h/d
Strumień świetlny: 700 lm
 $12W \cdot 8h/d = 96 \text{ Wh} \approx 0,1 \text{ kWh/d}$
300 dni w roku to:
 $0,1 \text{ kWh/d} \cdot 300 \text{ d} = 30 \text{ kWh}$
Czas $8h/d \cdot 300 \text{ d} = 2400 \text{ h}$
(potrzebne 0,05 żarówki o żywotności 50 000 h)
Koszt roczny:
 $0,05 \text{ żarówki} \cdot 30 \text{ zł} = 1,5 \text{ zł}$
 $30 \text{ kWh} \cdot 0,5 \text{ zł/kWh} = 15 \text{ zł}$

Razem rocznie 16,50 zł

Różnica w koszcie rocznym : $84 \text{ zł} - 16,50 \text{ zł} = 67,50 \text{ zł}$ i 120 kWh energii

Konwersja energii

Czy ma sens porównywanie różnych rodzajów energii - na przykład energii chemicznej, zawartej w napędzanych benzyną samochodach z energią elektryczną, pochodzącą z turbin wiatrowych?

Mamy:

E_e - Energię elektryczną

E_c - Energię cieplną

E_m - Energię mechaniczną

E_{ch} - Energię chemiczną

Przykłady:

Konwersja $E_e \rightarrow E_c$ wydajność 100% (grzejnik)

Konwersja $E_{ch} \rightarrow E_e$ wydajność 30-45% (elektrownie węglowe)

Konwersja energii

Energia elektryczna pochodząca z elektrowni wodnych jest warta 2,5 razy więcej niż energia chemiczna pochodząca z ropy naftowej.

Uzasadnienie:

1 kWh prądu elektrycznego odpowiada **2,5 kWh ropy**, ponieważ jeśli spalimy tyle ropy w tradycyjnej elektrowni, to uzyskamy zaledwie 40% z 2,5 kWh energii ropy, czyli 1 kWh prądu elektrycznego.

Z drugiej strony:

Możemy używać elektryczności do produkcji paliw płynnych. Rzecz jasna w takim świecie używalibyśmy zupełnie innych przeliczników – każda kWh benzyny kosztowałaby nas wtedy ok. 3 kWh energii elektrycznej!

Konwersja energii

Choć można zamieniać jeden rodzaj energii bezpośrednio w inny, to zamiana energii chemicznej w elektryczną zawsze wiąże się ze stratą energii, podobnie jak zamiana energii elektrycznej w chemiczną.

Dobrym - naukowym i ponadczasowym sposobem przeliczania oraz sumowania różnych rodzajów energii jest **traktowanie 1 kWh energii chemicznej identycznie, jak 1 kWh energii elektrycznej.**

Wybrany sposób porównywania różnych rodzajów energii **„jeden do jednego”** oznacza, że niektóre z naszych wyników obliczeń mogą się nieco różnić od wyników innych podejść.

Czy prawidłowo liczymy?

- kWh(e) - 1 kWh energii elektrycznej
- kWh(c) - 1 kWh energii cieplnej
- kWh(chem) - 1 kWh energii chemicznej

Czy energia elektryczna, cieplna i chemiczna są równoważne?

- Spalanie paliw kopalnych ($w=30-45\%$) daje energię elektryczną
- Huta aluminium zużywa energię elektryczną z ($w\approx 30\%$) by wytworzyć energię chemiczną
- Energię cieplną z elektrycznej wytwarzamy z wydajnością ($w\approx 100\%$), prawo Ohma

Czy prawidłowo liczymy?

- Spalenie 2,5 kWh ropy z wydajnością $w=40\%$ prowadzi do wytworzenia 1kWh elektryczności.
- Paliwo płynne możemy wytwarzać kosztem energii elektrycznej.
- Wodór z wody możemy wytwarzać również kosztem energii elektrycznej.

Czy $1\text{kWh}(e) \equiv 2,5 \text{kWh}(\text{chem})$?

- Elektryczność w silniku benzynowym - nie!
- Benzyna przy zasilaniu telewizora - nie!

Najlepiej uznać wszystkie rodzaje energii za równoważne.

Energia w pożywieniu

składnik pożywienia	Gęstość energii		
	kcal/g	kJ/g, MJ/kg	kWh/kg
białko	4	17	4,7
węglowodany	4	17	4,7
tłuszcz	9	38	10,5
etanol(alkohol)	7	30	8,3
kwasy organiczne	3	13	3,6
poliole (alkohole cukrowe , słodziki)	2.4	10	2,8

Dla tłuszczu wartość energetyczna wynosi 38 kJ/g

$$38 \text{ kJ/g} = 38 \text{ MJ/kg} \leftarrow (36 \text{ MJ}=10\text{kWh})$$

Dla oleju opałowego będzie 42 MJ/kg !!!

$$0,24 \text{ cal}=1\text{J} \rightarrow 1\text{cal}=4,16 \text{ J}$$

Energia w pożywieniu

Produkty żywnościowe posiadają informacje na opakowaniu o wartościach odżywczych oraz o wartości energetycznej [kcal].

1 g białka dostarcza	4 kcal (17 kJ)
1 g tłuszczu dostarcza	9 kcal (37 kJ)
1 g węglowodanów dostarcza	4 kcal (17 kJ)
1 g czystego alkoholu dostarcza	7 kcal (29 kJ)

Przykładowe obliczenia

Spalenie 500 g tłuszczu ($E = 40 \text{ kJ/g}$ gdzie $1 \text{ kJ} = 0,24 \text{ kcal}$)

wymaga:

spoczynek (praca 80 W) 69 godzin

intensywna gimnastyka (praca 500 W) 11 godzin

$1 \text{ W} * 1 \text{ h} = 3,6 \text{ kJ} = 0,86 \text{ kcal}$.

$$500\text{W} * 11\text{h} = 5,5\text{kWh} \quad 5,5 \text{ kWh} * 3,6 \text{ kJ/Wh} = 19,8 \text{ MJ} \approx 20\text{MJ}$$

Przykład -czekolada (masło roślinne)

Produkty żywnościowe posiadają informacje na opakowaniu o wartościach odżywczych oraz o wartości energetycznej [kcal].

Czekolada ma wartość energetyczną:

100 g czekolady	516 kcal	(2146 kJ)
Gęstość energii	5,16 Mcal/kg	(22 MJ/kg)
2,146 MJ \approx 0,6 kWh, 6kWh/kg \leftarrow (3,6 MJ=1kWh)		

Gęstość energii dla czekolady \approx 6 kWh/kg
(mniej niż tłuszcz, więcej niż białko)

100g tłuszczu roślinnego	324 kcal	(1338 kJ)
100g masła	753 kcal	(3095 kJ)
Gęstość energii: tłuszcz \approx 3,7 kWh/kg, masło 8,6 kWh/kg		

Wartość opałowa paliw - tabela:

Rodzaj paliwa	Zawartość energii [MJ]	Zawartość energii [kWh]
1 kg węgla kamiennego	29,33	8
1 kg węgla brunatnego	7,96	2
1 kg oleju opałowego	42	12
1 l oleju opałowego	37,80	10
1 m ³ gazu ziemnego	32,26	9
1 kg mieszanki LPG (50/50%)	43,03	13
1 l mieszanki LPG (50/50%)	25,02	7
1 kg pellets	18	5
1 kg drewna (suche 15% wilgotności)	6,5-11	≈2

Porównanie

Wartości energetyczne produktów żywnościowych i paliw są porównywalne:

1 kg oleju opałowego ma wartość energetyczną 42 MJ
1 kg tłuszczu dostarcza 37 MJ

Pamiętamy, że:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$$

Wobec tego 40 MJ energii

to w wygodnych jednostkach ok. 11 kWh

Cena 11 kWh energii elektrycznej to 5,50 zł

Olej opałowy tyle właśnie kosztuje za 1 kg.

Produkty spożywcze - **masło, czekolada są droższe!**

Jednostki energii i mocy

Waty i dzule to niepraktyczne wielkości dla energetyki.

Jednostką wygodną jest kilowatogodzina (kWh).

To energia jaką odbiornik o mocy 1000W zużywa w ciągu godziny (1000W·1h, lub 1W ·1000h).

$$1 \text{ kWh} = 1000\text{W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$$

Praktyczna jednostka mocy:

$$\text{np. } 40\text{W} \cdot 24\text{h} = 960 \text{ Wh} \approx 1\text{kWh} \rightarrow 40\text{W} \approx 1\text{kWh/d}$$

$$1\text{kW} = 24\text{kWh/d}$$

Spoczynek: 80 W (przez 16h) $\approx 1,3 \text{ kWh/d}$

Intensywna gimnastyka 500 W (8h) $\approx 4 \text{ kWh/d}$

Razem: 5,3 kWh $\approx 20 \text{ MJ}$ (ok1kg białka lub 500g tłuszczu)

Możemy przyjąć: **1000 kcal $\approx 4 \text{ MJ} \approx 1\text{kWh}$**