

Gdzie się podziała zima?

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz, Katedra Dydaktyki Fizyki, UMK, Toruń
Ekspert XII Dyrektoriatu EU, IAEA w Wiedniu i Provincia Autonomia di Trento

“Czy to już wiosna?” pyta moja lekarka, i dodaje “Zmiany klimatyczne w historii Ziemi zachodziły zawsze”. Prawda, Pani Doktor! “Efekt cieplarniany występuje też na Marsie” – mówi ekspert w programie TVP, a drugi ekspert, też profesor, nie potrafi tej tezy ocenić. “Para wodna jest głównym gazem cieplarnianym” – stwierdza na głównym kanale włoskiej RAI znakomity skądinąd popularyzator nauki. „A w czasach dinozaurów temperatura była wyższa o 12 stopni.” Tak, ale pewno Fahrenheita. Czyli wszystko prawda, ale zebrane w całość składa się na jeden, duży stek: percepcja społeczna efektu cieplarnianego (i niestety w dużej mierze spójność naukowa) nie przekracza poziomu szesnastolatki.

Zmiany klimatyczne są cechą immanentną wszystkich planet. Na Ziemi miały miejsca zlodowacenia całego globu, np. jakieś 800 mln lat temu: to zamrożenie oceanów pozwoliło na przyspieszenie ewolucji, która mogła eksperymentować różne rozwiązania dookoła oceanicznych kominów wulkanicznych [1]. Co było przyczyną tego rodzaju zlodowaceń – chyba nie do końca wiemy. Wiemy natomiast z absolutną pewnością, że dzięki obecności gazów wieloatomowych (absorbujących w podczerwieni), jak H_2O i CO_2 (ale we właściwych proporcjach) *naturalny* efekt cieplarniany na Ziemi wynosi $+33\text{ K}$, a bilans ciepła aż 116%. Innymi słowy, gdyby nie ten efekt, średnia (po porach roku i na całym globie) temperatura wynosiłaby (minus) -18°C : żadnego życia a jedynie lodowa pustynia. Na Marsie też jest dwutlenek węgla, ale ciśnienie atmosferyczne jest rzędu 1/100 ziemskiego, więc efekt cieplarniany wynosi zaledwie $+3\text{K}$, a średnia temperatura pewno -40°C ⁱ.

Tak, zmiany klimatyczne zachodziły, i zachodzić muszą. Astronomiczną przyczyną są zmiany geometrii orbity (i nachylenia osi) Ziemi. Złożenie trzech zmian periodycznych o różnych okresach, ale wszystkich rzędu dziesiątek tysięcy lat, daje tzw. cykle Milankovica. Kolejne hasło do zapamiętania. Niestety, te cykle nie wyjaśniają nagłych zlodowaceń przez ostatnie setki tysięcy lat: sprzężeń zwrotnych, które doprowadzają do bistabilności układu.

Kolejna liczba do zapamiętania to zawartość CO_2 w atmosferze: między rokiem 1000 (początek wiarygodnych danych z różnych metodologii) a 1850 r. (początek przemysłowego spalania węgla w Anglii i gdzie indziej) wynosiła ona 270 ppm. Zadaniem dla trzecioklasisty jest przeliczenie, ile procentowo 412 (?) jest większe od 270. Niedługo ssaki nie będą miały czym oddychać. Na szczęście, większość węgla i ropy już spaliliśmy: „Nature” w 2002 roku oceniło zasoby węgla na 202 lata, stąd zapewne różne publiczne przemówienia. Hipokryzją jest też raport wielkiego panelu IPCC z grudnia 2019, że wzrost temperatury *warto* powstrzymać na granicy $+2^\circ\text{C}$, bo po prostu, nie ma już czego spalać.

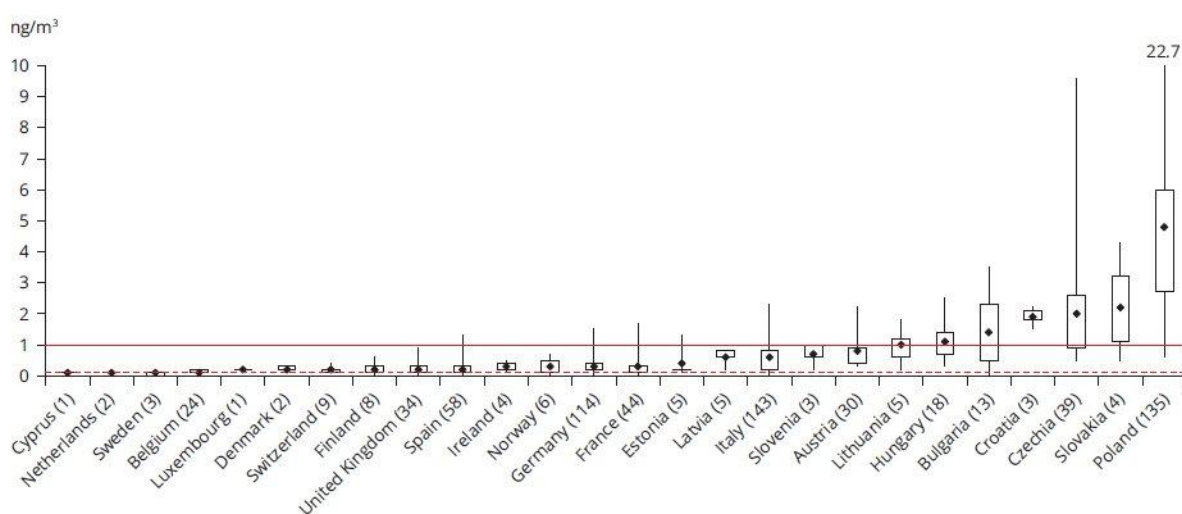
Ale jeśli modele, w tym IPCC mają tak duży zakres niepewności, to może nie wszystkie sprzężenia zwrotne systemu są dostatecznie przewidywalne: spadające albedo kurczącej się pokrywy lodowej, wzrost ciśnienia parcjalego H_2O , spadek rozpuszczalności CO_2 w morzach - są uwzględnione w modelach [2], ale nieoczekiwane uwolnienie klatratów metanu z dna oceanów – chyba nie.

Trzeba też przytoczyć, że w czterech krajach świata energetyka jest oparta na węglu kamiennym. Są to Chiny, Indie, Kazachstan i Polska. Towarzystwo doborowe! Dopłaty do węgla w Polsce to mniej więcej 2 tys. zł na jednego obywatela rocznie. Według badań

brytyjskich [3] zwiększona (250 ng/m^3) zawartość benzopirenu w powietrzu w cyklu życia 40 lat podwaja szanse na raka płuc. Stąd przyjętą w UK normą jest $2,5 \text{ ng/m}^3$. W Polsce zmierzony w 2017 roku poziom benzopirenu nie mieści się na wykresie [4]. Ot, komora gazowa i, co gorzej, nie za darmo!

Po ustaleniu faktów (byłoby dobrze, gdyby choćby środowisko naukowe umieściło w zasobie pojęciowym +33K, 270 ppm i cykle Milankovica), warto szukać rozwiązań. Jednym jest dyskutowana wśród fizyków (zob. np. Postępy Fizyki 2019) energetyka uranowa, innym możliwym cykl torowy (zob. mój tekst w PA z czerwca), innym jeszcze „energetyka wodorowa”, jak to umawiano w listopadzie w Gdańsku [5]. Ale jeden region i 2000 ton zdeklarowanych to nadal kropla wodoru w morzu ropy.

Figure 6.1 BaP concentrations in 2017 and number of stations considered for each country



Note: The graph is based on the annual mean concentration values. For each country, the number of stations considered (in brackets), and the lowest, highest and average values (in ng/m^3) recorded at its stations are given. The rectangles mark the 25th and 75th percentiles. At 25 % of the stations, levels are below the lower percentile; at 25 % of the stations, concentrations are above the upper percentile. The upper horizontal line marks the concentration of 1.0 ng/m^3 . The lower horizontal line marks the estimated air quality RL. The graph should be read in relation to Map 6.1, as a country's situation depends on the number of stations considered. The highest value for Poland, 22.7 ng/m^3 , is out of the graph for representation purposes.

Source: EEA, 2019c.

Więcej (wykłady autora) na stronach Projektu EU Horizon 2020 „Fuel Cell Hydrogen Educational Model” http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/857

[1] Nick Lane, *Life Ascending. The Ten Great Inventions of Evolution*, Profile Books, 2009.

[2] <https://www.earth-syst-dynam-discuss.net/esd-2018-84/esd-2018-84.pdf>

[3] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412010002278>

[4] <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>, str. 43.

[5] <http://rigp.pl/posumowanie-miedzynarodowej-konferencji-na-temat-technologii-wodorowych/>

ⁱ Pisząc „jakieś 800 mln lat temu” i „pewno -40°C” robię to celowo: dokładne liczby w tym przypadku nie mają istotnego znaczenia. Do zapamiętania, i to od piątej klasy szkoły podstawowej są natomiast +33K i + 3K.