



UNIwersytet
Warszawski

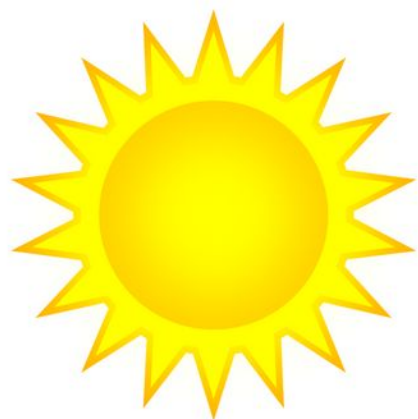


NAUKA O KLIMACIE
DLA SCEPTYCZNYCH

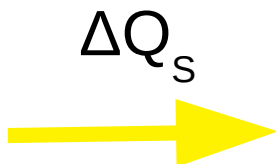
Kryzys klimatyczny i planetarny, czyli dlaczego musimy natychmiast zdekarbonizować gospodarkę

Szymon Malinowski
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego





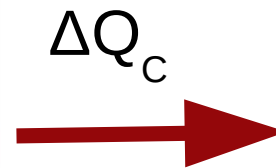
T1



>



T2



>

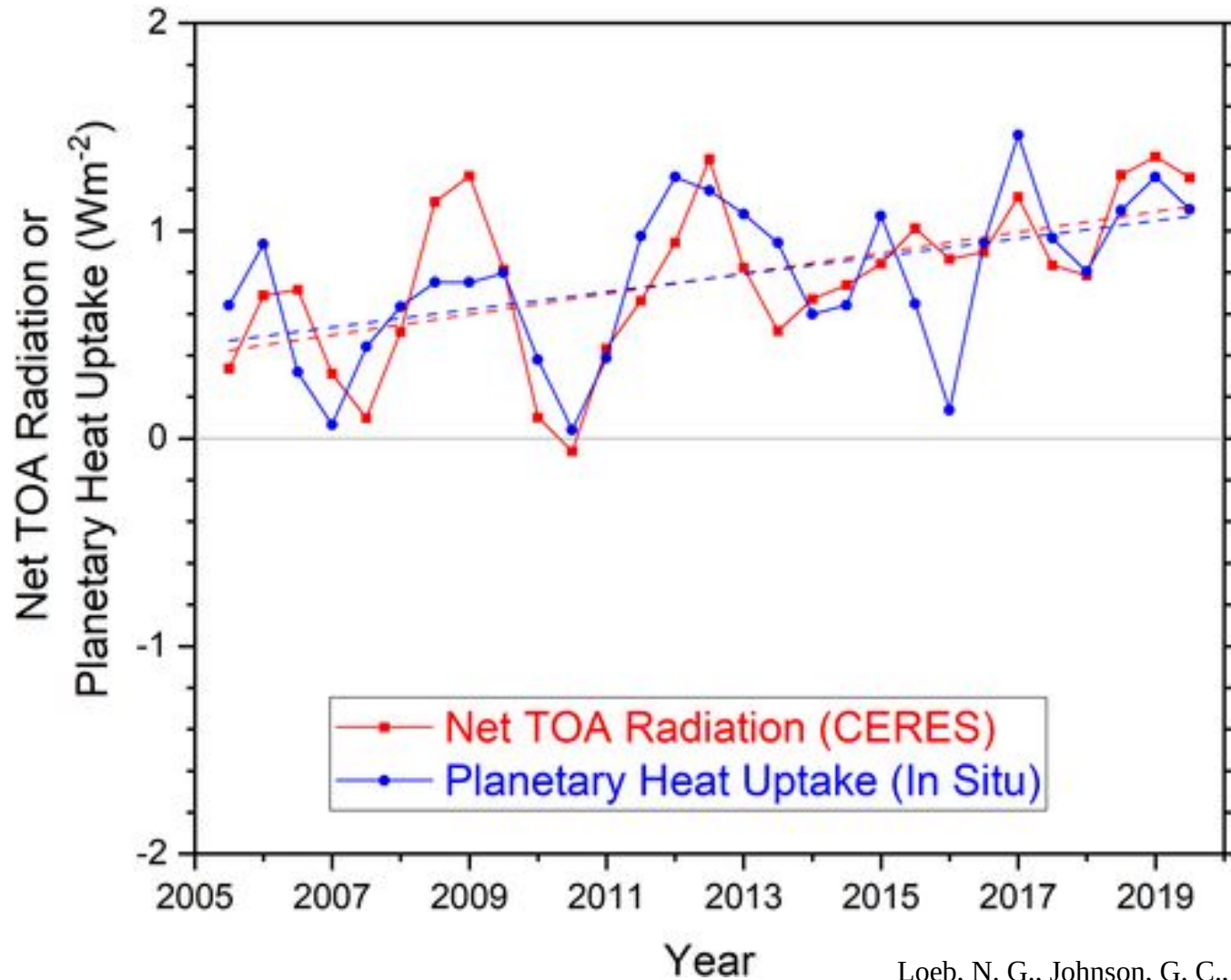


T3

Temperatura planety rośnie, gdy $\Delta Q_s > \Delta Q_c$

Temperatura planety spada, gdy $\Delta Q_s < \Delta Q_c$



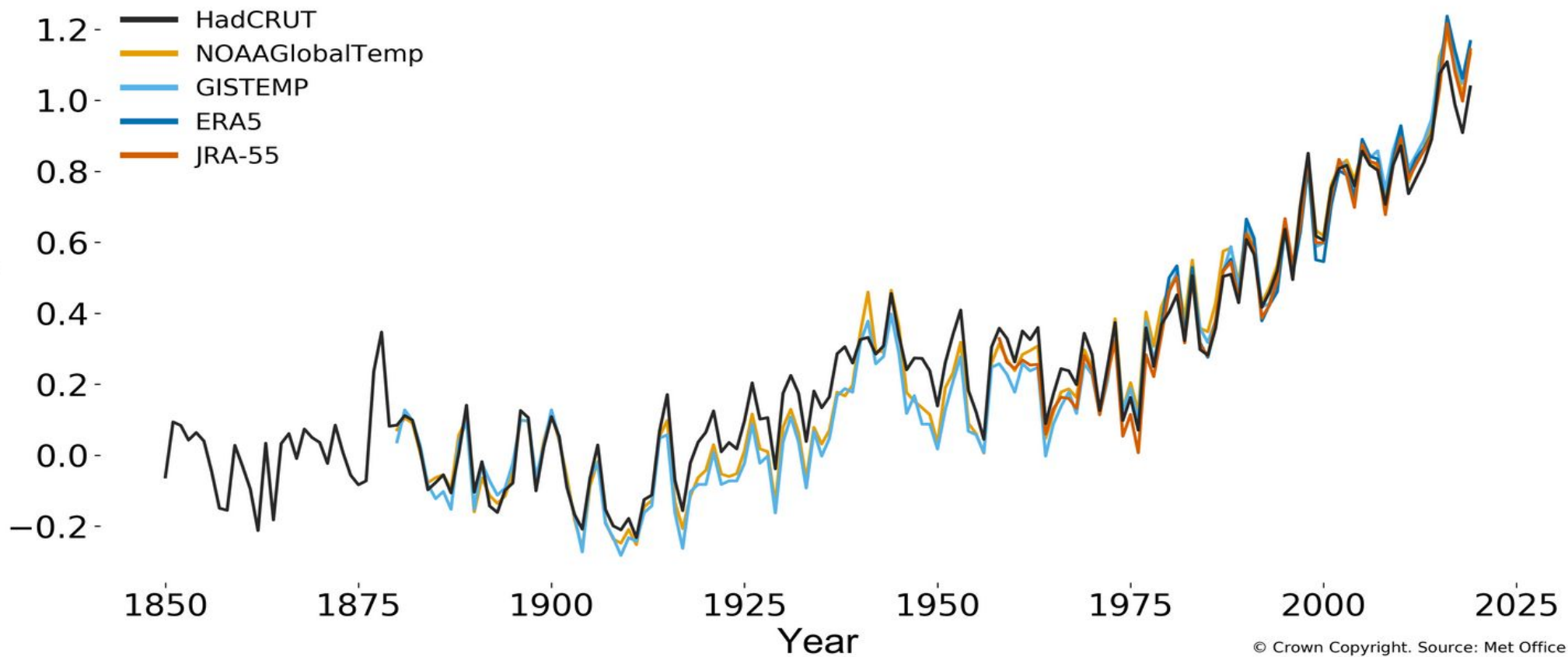


Loeb, N. G., Johnson, G. C., Thorsen, T. J., Lyman, J. M., Rose, F. G., & Kato, S. (2021). Satellite and ocean data reveal marked increase in Earth's heating rate. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL093047. <https://doi.org/10.1029/2021GL093047>

Nierównowaga energetyczna Ziemi

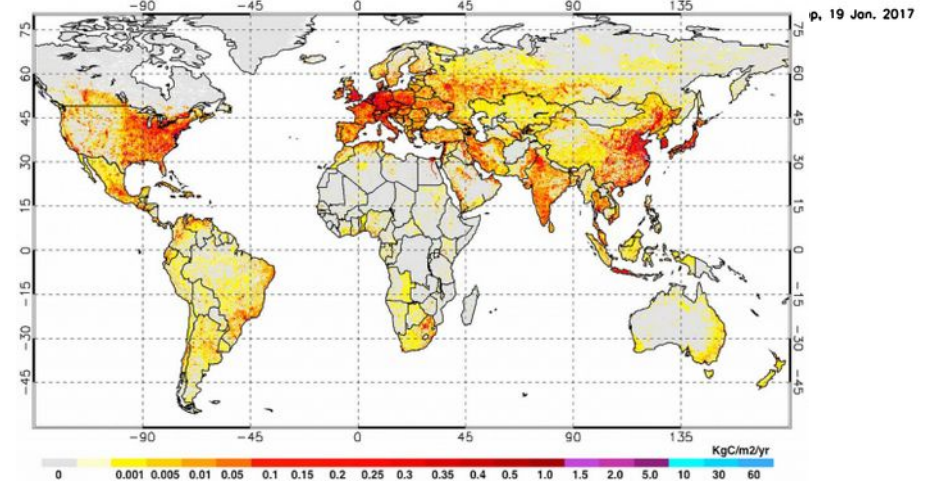
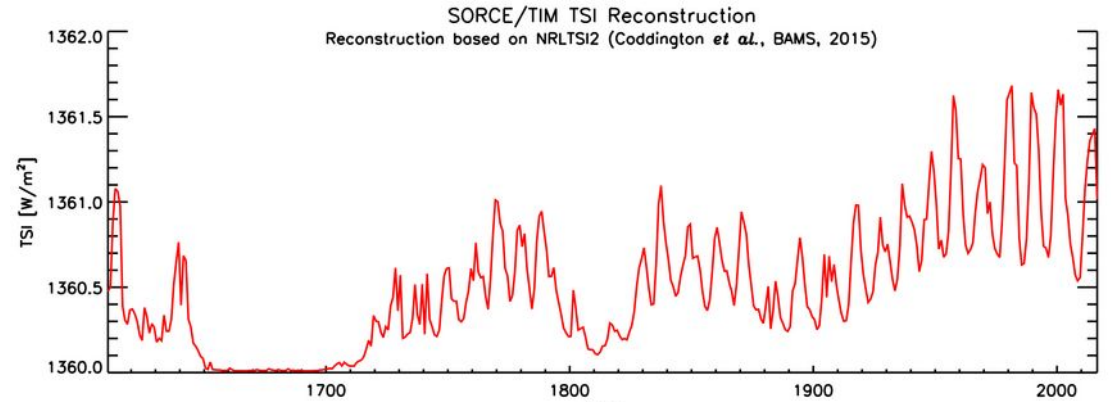
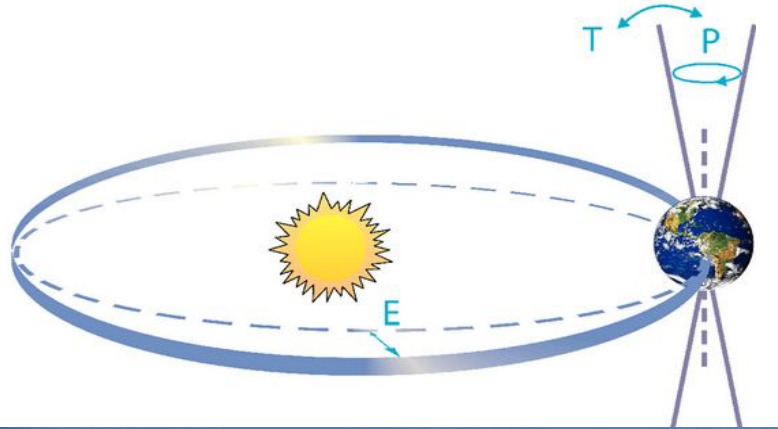


Global mean temperature difference from 1850-1900 (° C)



Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym

Wymuszenia inicjują zmiany klimatu.



Przykłady: aktywność słoneczna, zmiany orbitalne, antropogeniczne i wulkaniczne emisje gazów czy aerozoli.

Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym

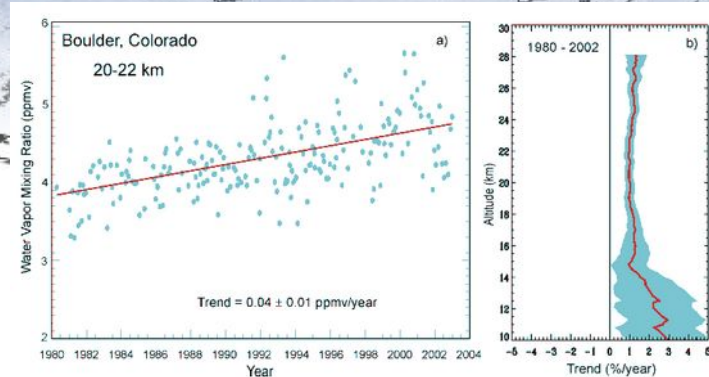
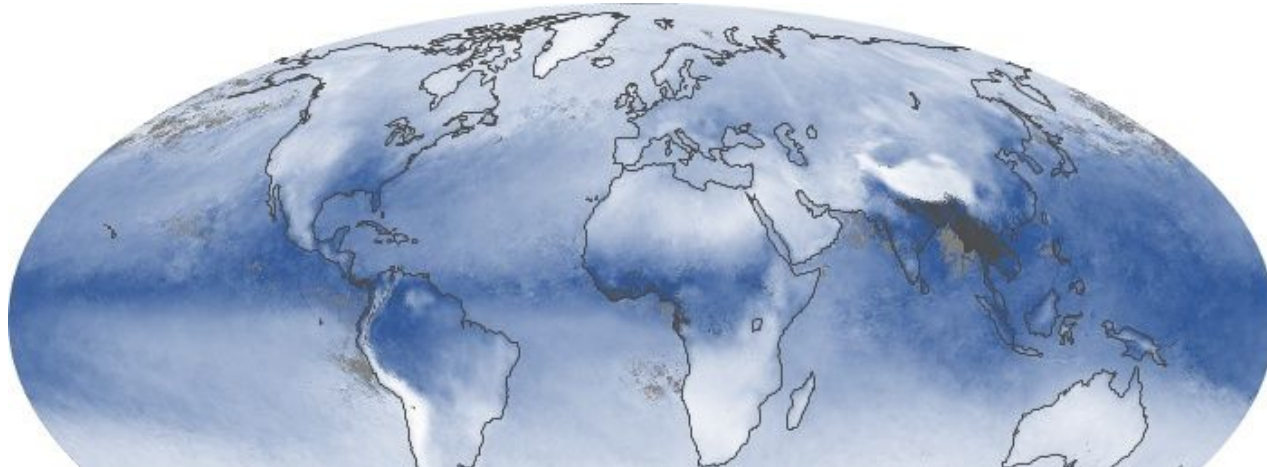
Sprzężenia to procesy zachodzące wewnątrz systemu klimatycznego, które **skutkują dalszymi zmianami klimatu**.



1979 SSMI Composite Data



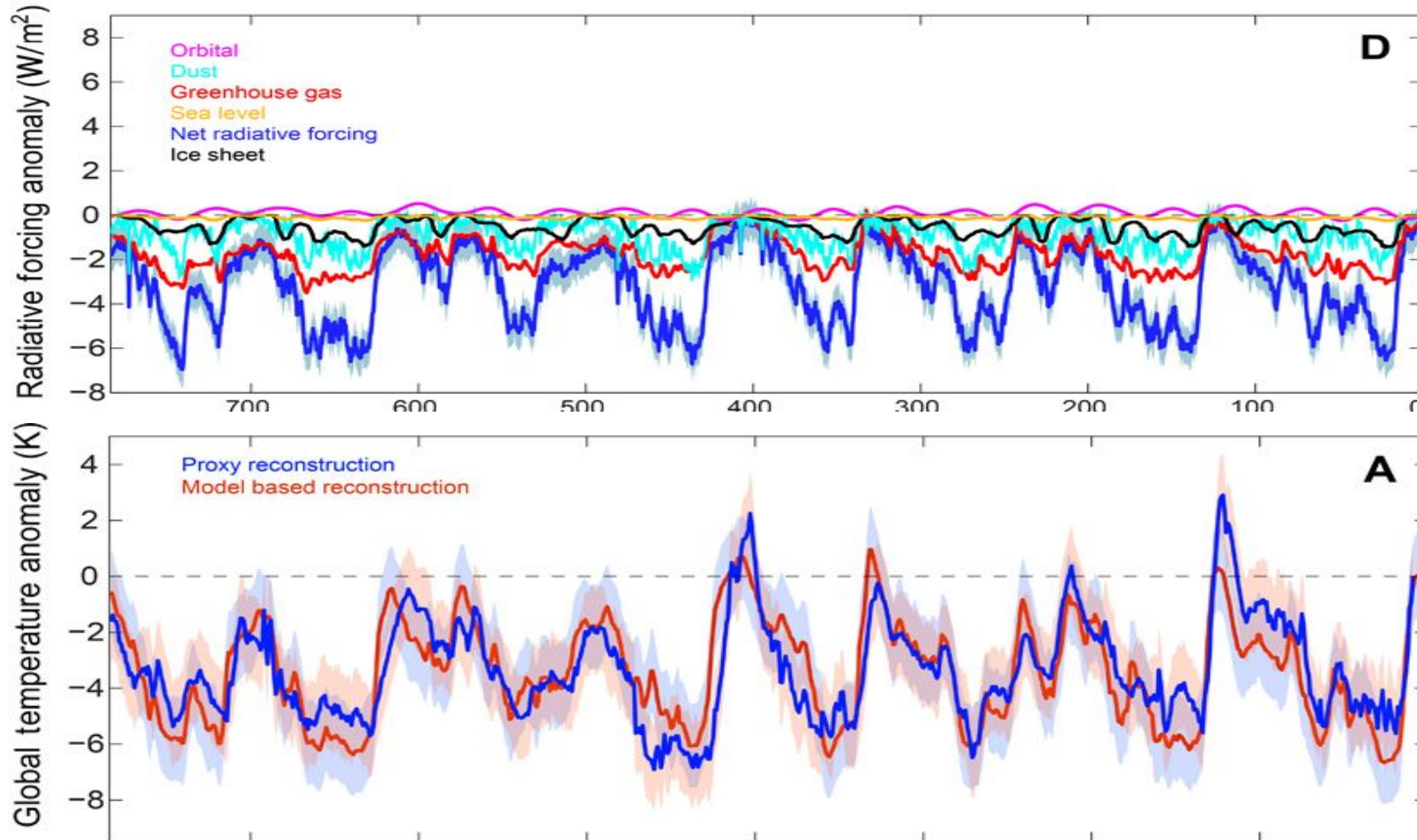
2003 SSMI Composite Data



Przykłady: zmiany albedo wskutek zmian zlodzenia czy zmiany zawartości pary wodnej w powietrzu wskutek zmian temperatury.

Mechanizm epok lodowych:

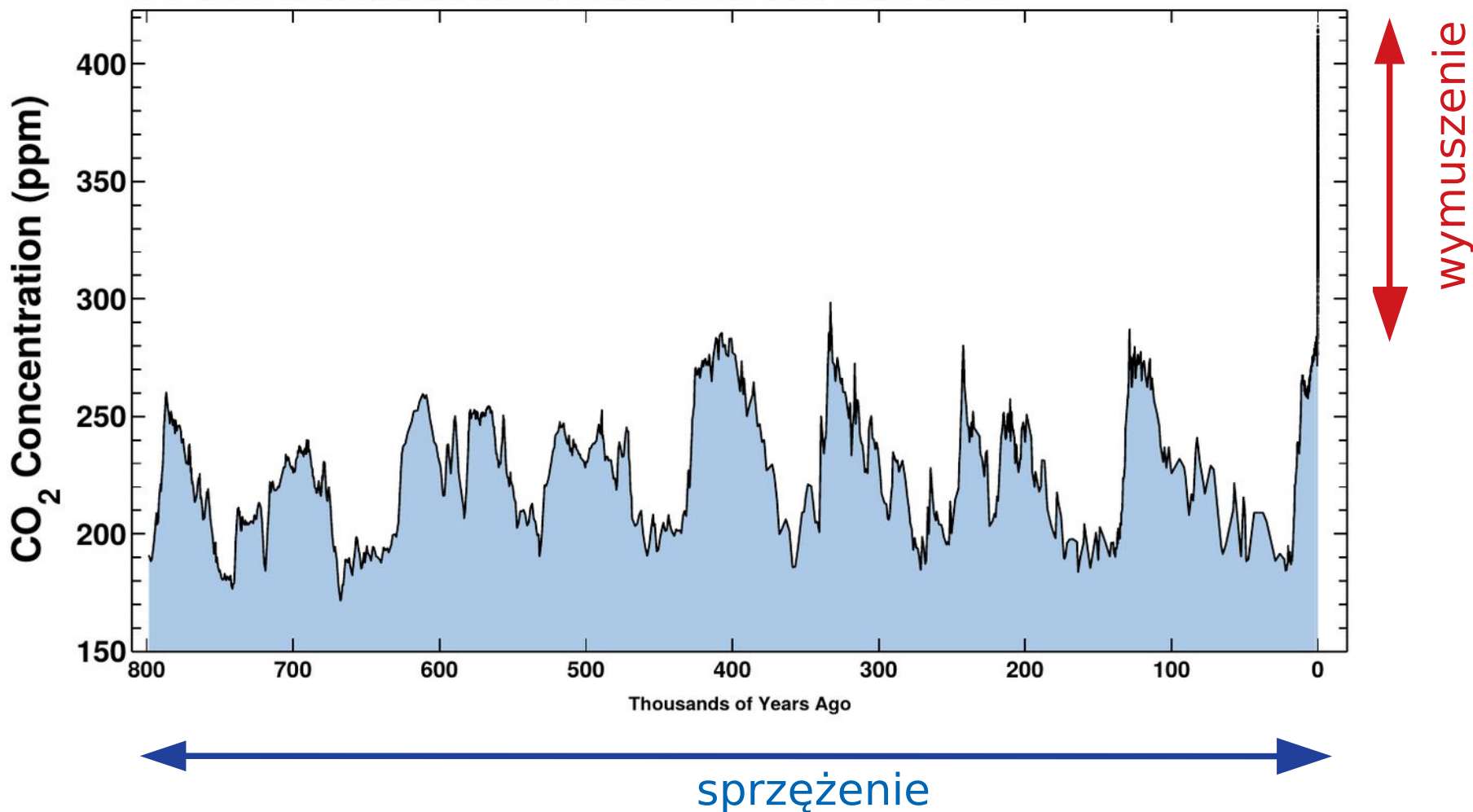
Wymuszenia orbitalne (D) i **sprzężenia (D)** skutkują **zmianami w bilansie radiacyjnym (D)** i dalej odpowiednią **zmiennością temperatury (A)**.



Zmiany koncentracji CO₂: kiedyś sprzężenie, dziś wymuszenie.

May 20, 2020

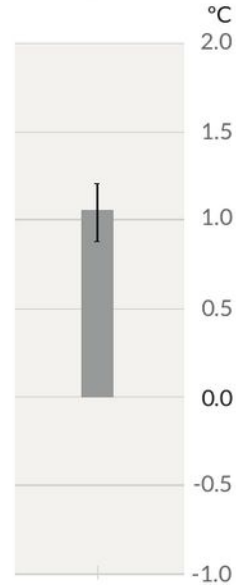
Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



Obserwowane ocieplenie jest spowodowane emisjami będącymi skutkiem działalności człowieka, ocieplenie związane z gazami cieplarnianymi jest częściowo maskowane przez chłodzący wpływ aerozoli

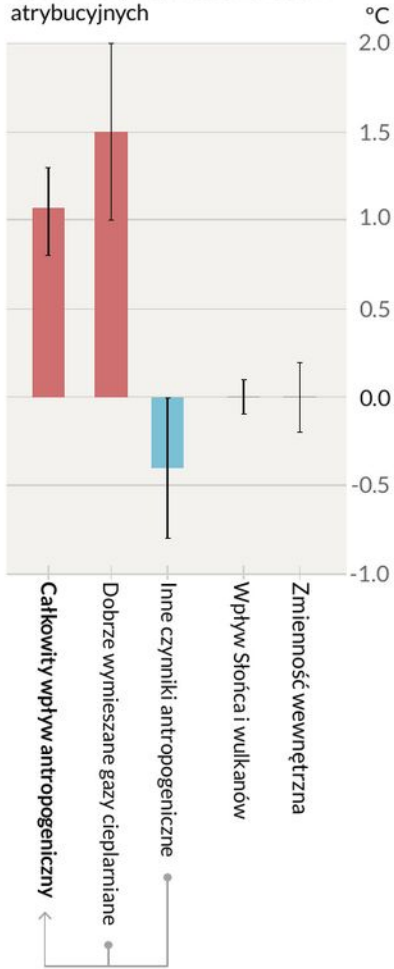
Obserwowane ocieplenie

a) Ocieplenie obserwowane w okresie 2010–2019 względem okresu 1850–1900

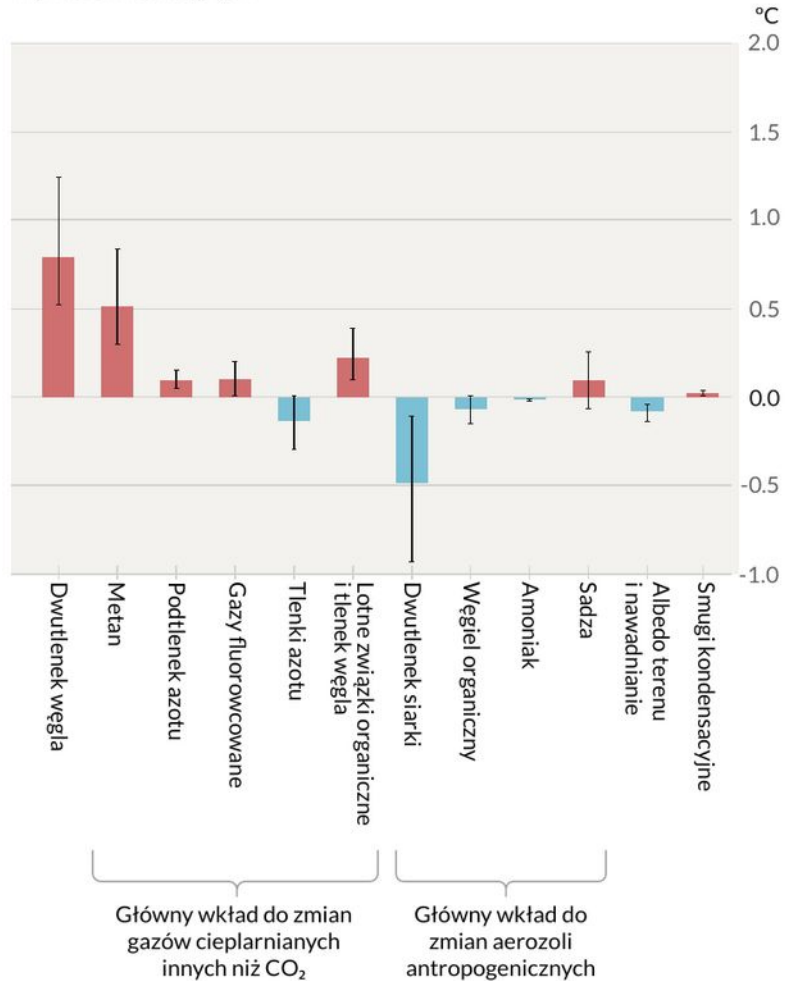


Wkłady w ocieplenie oszacowane na podstawie dwóch uzupełniających się metod

b) Wkład w ocieplenie w okresie 2010–2019 względem okresu 1850–1900, oszacowany na podstawie badań atrybucyjnych

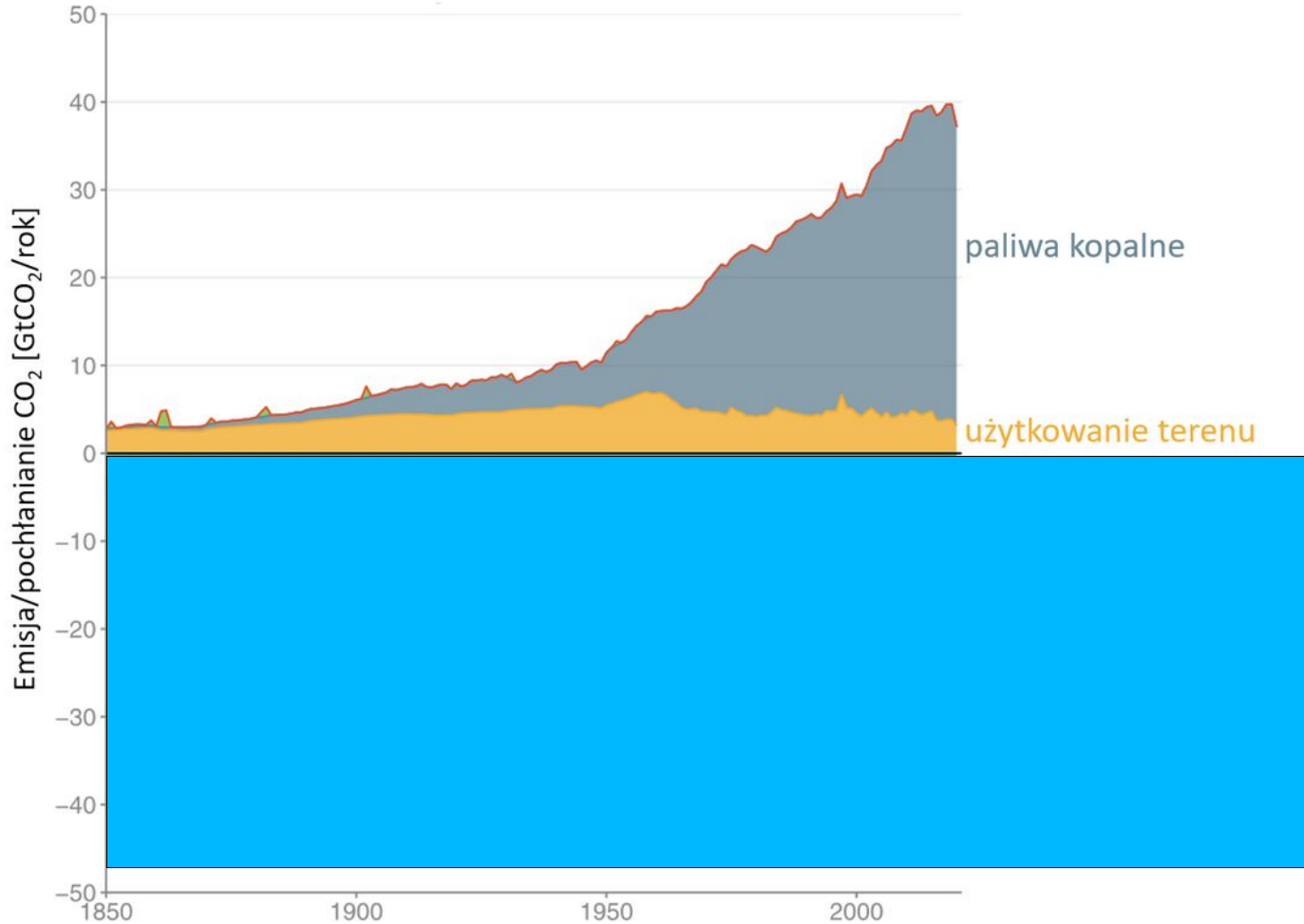


c) Wkład w ocieplenie w okresie 2010–2019 względem okresu 1850–1900, oszacowany na podstawie badań wymuszeń radiacyjnych



Global carbon budget

Bilans emisji i pochłaniania CO₂



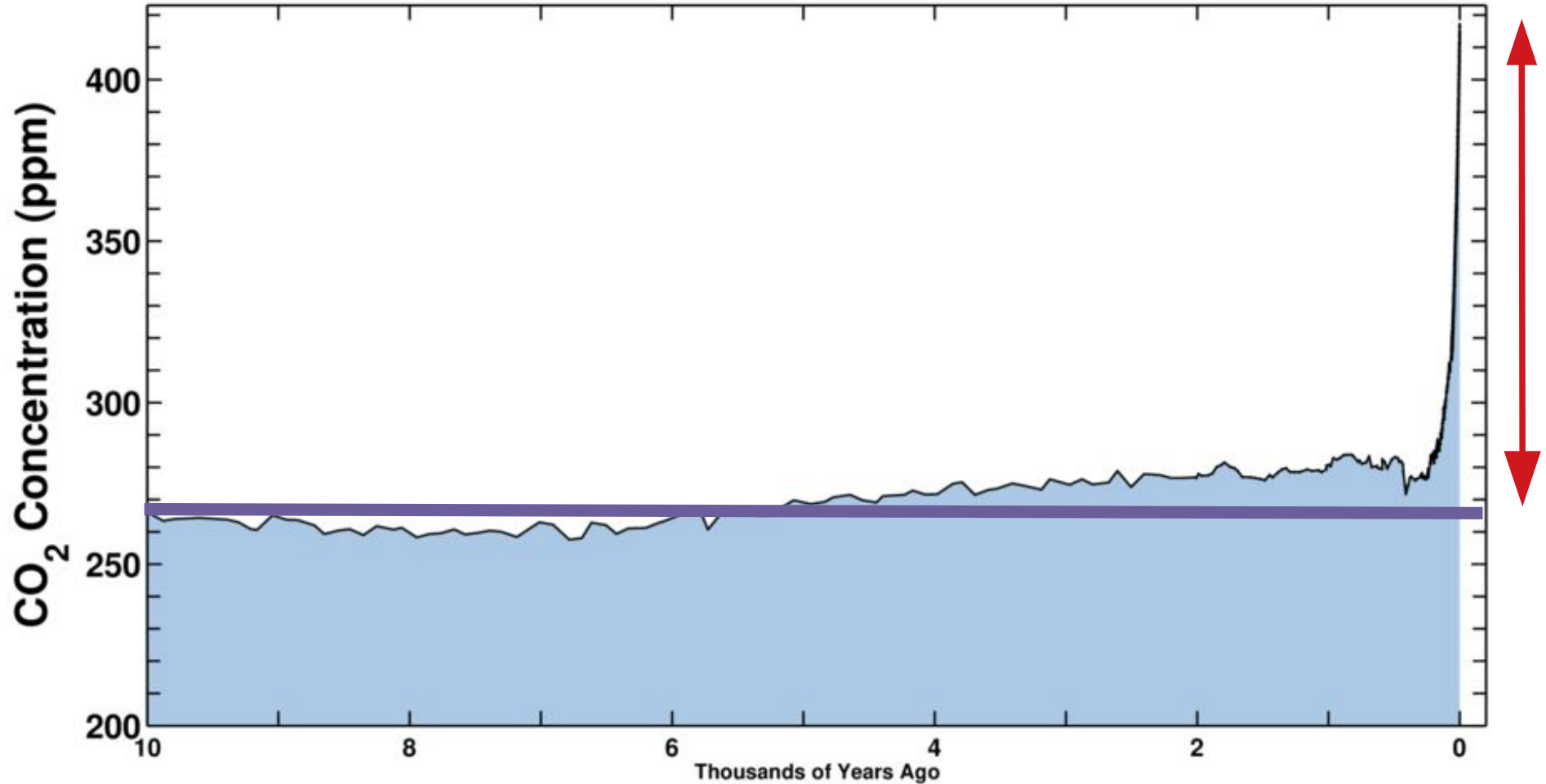
$$1 \text{ Gt CO}_2 = 0.2725 \text{ Gt C}$$



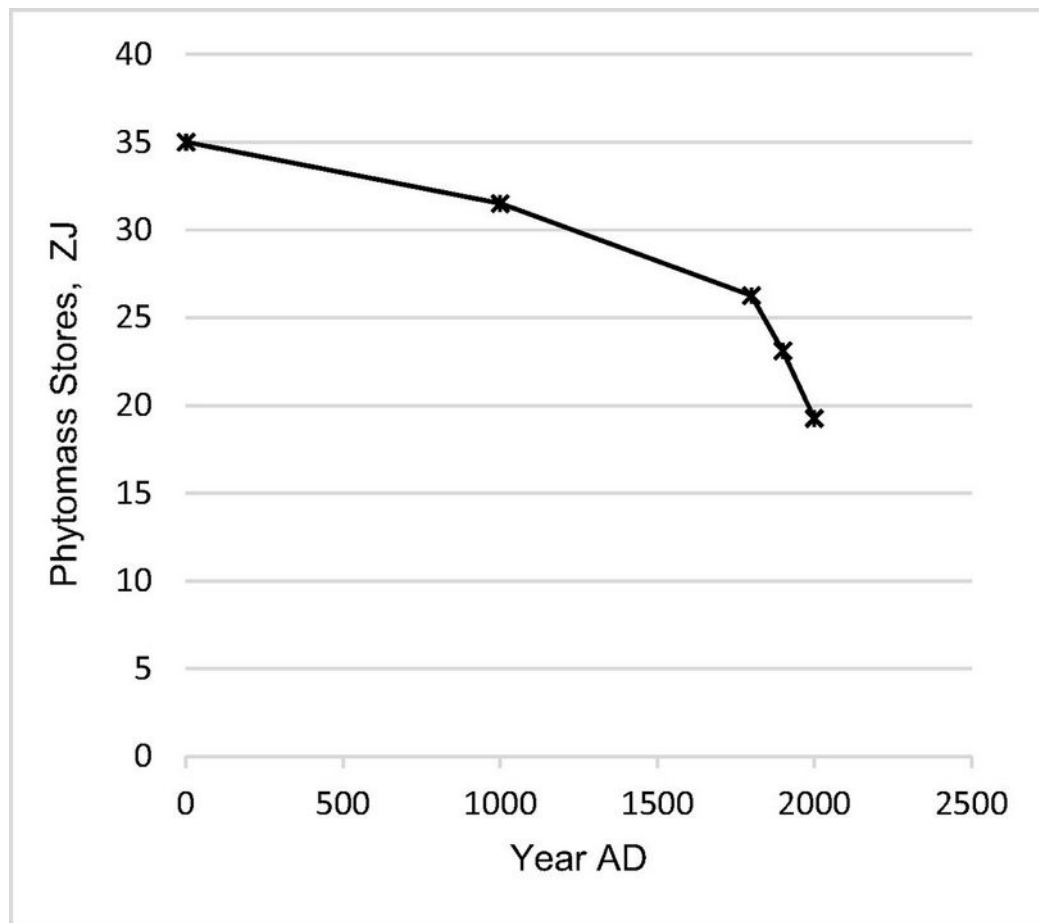
Od kiedy wymuszenie ?

March 24, 2021

Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



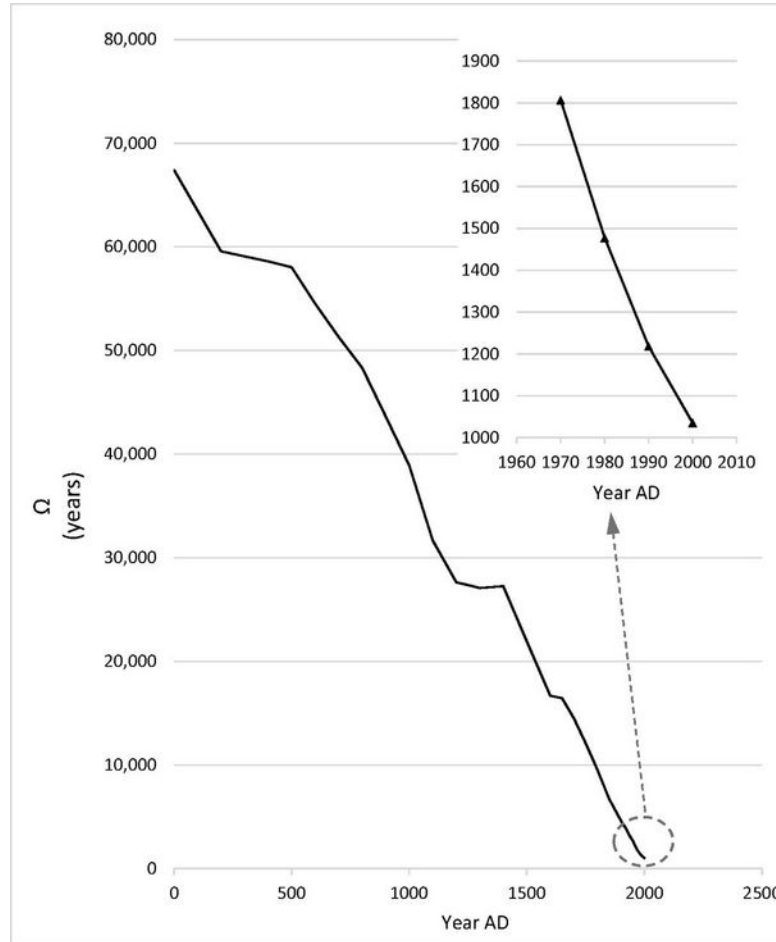
Spadek biomasy (brązowe pole z wykresu z budżetem węgla)).



Maksymalna liczba lat na które przy stanie populacji i biomasy z danego roku wystarczyłyby zasoby masy roślinnej, gdyby całe służyły jedynie żywieniu populacji.

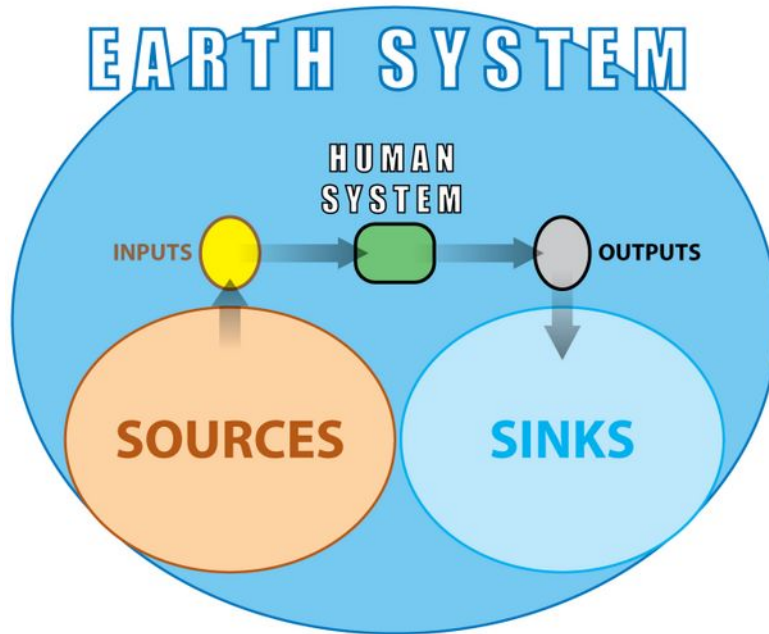
$$\Omega = \frac{P}{BN}$$

P - energia chemiczna w biomasie
 B - populacja
 N - zapotrzebowanie metaboliczne pojedynczego człowieka w ciągu roku



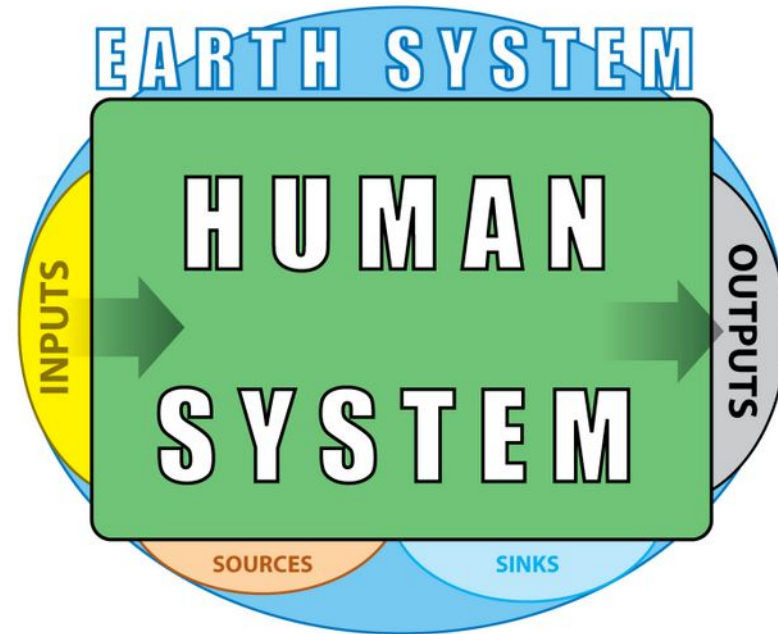
The past: “Empty World” → The present: “Full World”

When the Human System was small relative to the Earth System, the two could be modeled separately.



Capacity of Earth System sources was large relative to Human System inputs. Human System outputs were small relative to absorption capacity of Earth System sinks.

The Human System has grown so large that both must now be modeled coupled to each other.

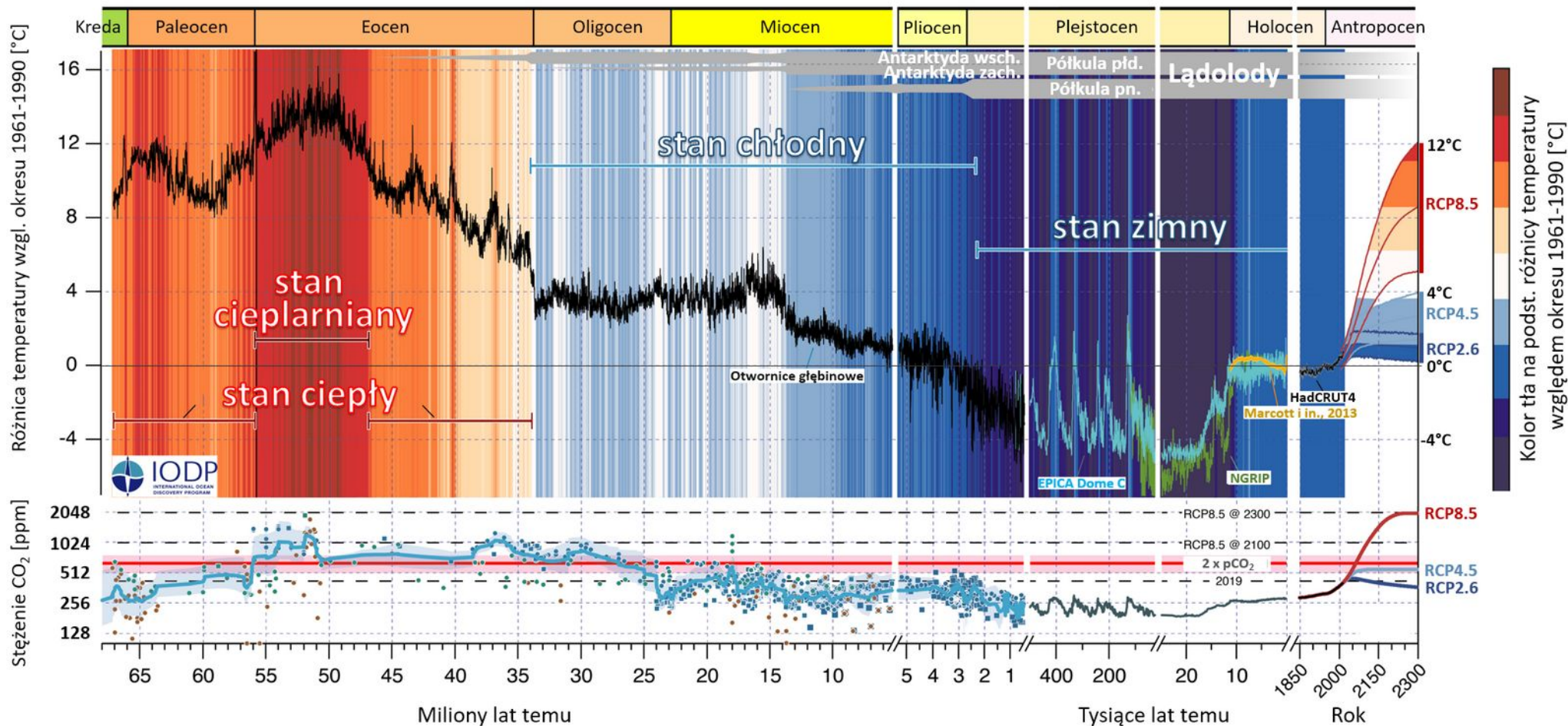


Now, Human System inputs and outputs are so large relative to the Earth System, they threaten to deplete its sources and overwhelm its sinks.

Adapted from Motescharrei et al. (2016), CC-BY, <https://doi.org/10.1093/nsr/nww081>.

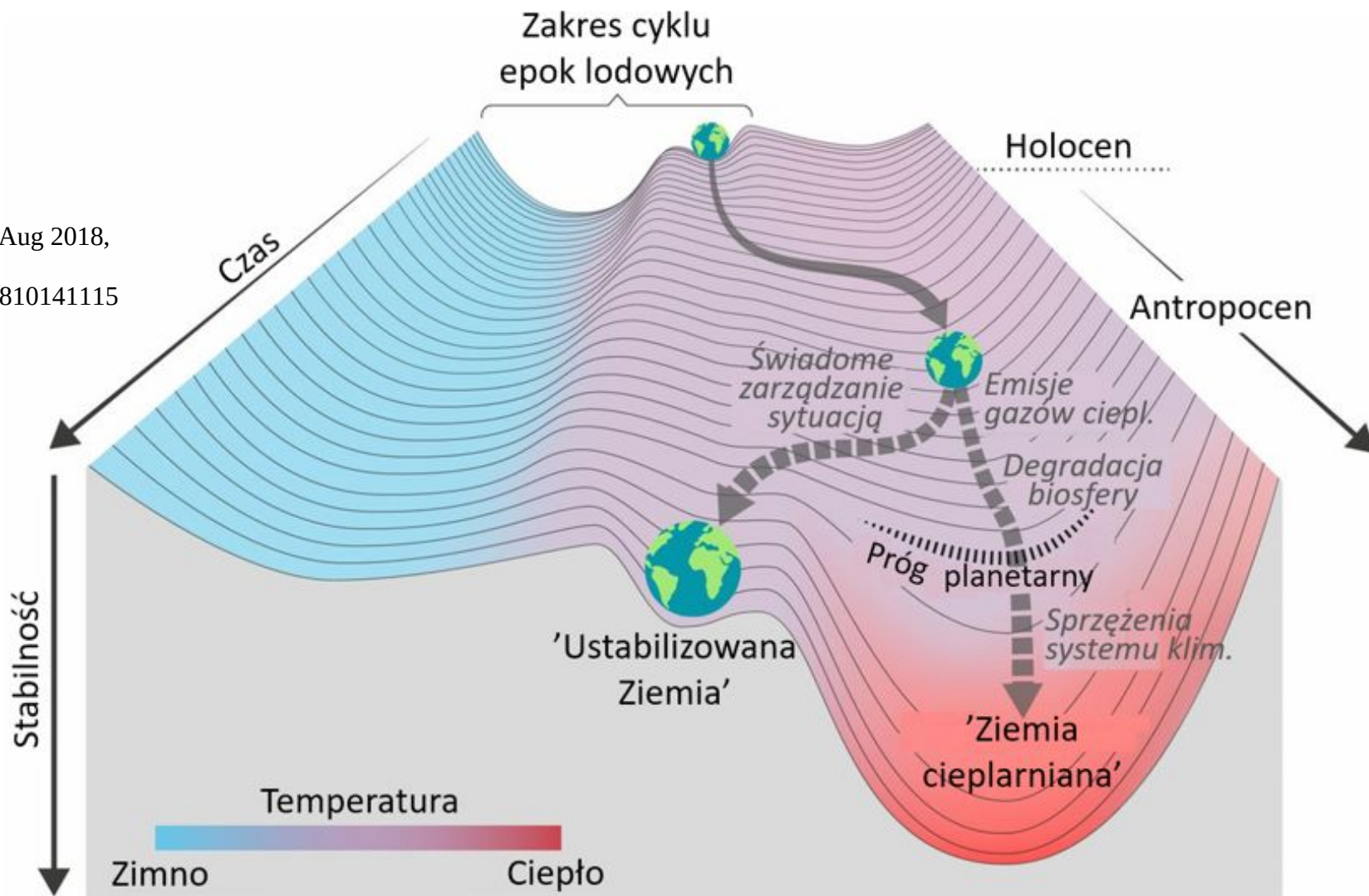
Porównanie zmian średniej temperatury globu i koncentracji CO₂ w atmosferze od czasów dinozaurów (65 milionów lat temu) do teraz z możliwym antropogenicznym globalnym ociepleniem (450 lat).

https://websites.pmc.ucsc.edu/~jzachos/images/CENOGRID_Cartoon_withProjection_alternate.png



Scenariusze na przyszłość

Steffen et al., PNAS Aug 2018,
115 (33) 8252-8259;
DOI: 10.1073/pnas.1810141115



„Przedstawiamy trzy główne kwestie środowiskowe przed którymi stoimy, którym poświęcono niewiele uwagi, a które wymagają pilnych działań:



Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future

Corey J. A. Bradshaw^{1,2*}, Paul R. Ehrlich^{3*}, Andrew Beattie⁴, Gerardo Ceballos⁵, Eileen Crist⁶, Joan Diamond⁷, Rodolfo Dirzo⁸, Anne H. Ehrlich³, John Harte^{8,9}, Mary Ellen Harte⁹, Graham Pyke⁴, Peter H. Raven¹⁰, William J. Ripple¹¹, Frédéric Saltré^{1,2}, Christine Turnbull⁴, Mathis Wackernagel¹² and Daniel T. Blumstein^{13,14*}

- 1) dowodzimy, że przyszłe warunki środowiskowe będą o wiele bardziej niebezpieczne niż się obecnie uważa, skala zagrożeń ... jest w rzeczywistości tak wielka, że trudno ją ogarnąć nawet dobrze poinformowanym ekspertom;
- 2) pytamy, jaki system polityczny lub ekonomiczny, czy też przywództwo jest przygotowane do stawienia czoła przewidywanym katastrofom, i zdolne do podjęcia odpowiednich działań;
- 3) stwierdzamy, że ta dramatyczna sytuacja nakłada na naukowców niezwykłą odpowiedzialność za szczere i precyzyjne wypowiedanie się w kontaktach z rządem, biznesem i opinią publiczną.

WNIOSKI:

Aktualne sprzężenia między systemem ludzkim (kulturą i gospodarką) a systemem ziemskim (naturą) nie są wystarczające dla utrzymania kryzysu klimatycznego i kryzysu bioróżnorodności pod kontrolą.

Utrzymanie systemu ludzkiego w aktualnej postaci w dłuższym czasie jest niemożliwe, można wyróżnić dwa skrajne scenariusze na przyszłość:

1) pożądany – kontrolowana ale szybka zmiana systemu ludzkiego prowadząca do uwzględnienia wzajemnych zależności z systemem natury;

2) katastrofalny – dekompozycja systemu ludzkiego wskutek nieuwzględnienia uwarunkowań jakie wynikają z praw natury i ograniczeń planetarnych.