

Fizyka Procesów Klimatycznych

Wykład 1

prof. dr hab. Szymon Malinowski
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
malina@igf.fuw.edu.pl

dr hab. Krzysztof Markowicz
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
kmark@igf.fuw.edu.pl

Materiały do wykładu

Literatura

- David Archer: Globalne ocieplenie – zrozumieć prognozę
 - David Randall: Atmosphere, Clouds, and Climate, 2012, ISBN: 9780691143750
 - Geoffrey K. Vallis: Climate and the Oceans, 2011, ISBN: 9780691150284
 - David Archer: The Global Carbon Cycle, 2010, ISBN: 9780691144146
 - Raymond T. Pierrehumbert: Principles of Planetary Climate, 2011, ISBN: 9780521865562
 - AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis
www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/
- Marcin Popkiewicz, Aleksandra Kardaś, Szymon Malinowski: Nauka o klimacie, 2018, 2019. ISBN: 9788363391775

Uwagi ogólne

Kod przedmiotu: 1103-5 FPK

Liczba punktów ETCS: 3

Nazwa przedmiotu: Fizyka Procesów Klimatycznych

Prowadzący: Szymon Malinowski Krzysztof Markowicz,

Termin: semestr letni, środa, godz. 10.15-12:00

Forma zaliczenia: egzamin pisemny (5 pytań opisowych)

Plan wykładów

1. Podstawowe pojęcia: system klimatyczny, procesy klimatyczne, anomalie pogodowe i klimatyczne
2. Bilans energetyczny planety. Wymuszanie radiacyjne. Sprzężenia dodatnie i ujemne w systemie klimatycznym. Czułość klimatu
3. Efekt cieplarniany
4. Równowaga radiacyjna i radiacyjno-konwekcyjna
5. Prosty model klimatu

6. Historia fizyki klimatu
7. Systemy obserwacji parametrów klimatu. Bazy danych, serie pomiarowe.
8. Modele pogody i klimatu

9. Bilans energii w różnych szerokościach geograficznych.
10. Transport ciepła, ogólna cyrkulacja atmosfery i oceanu.
11. Rola atmosfery i oceanu, sprzężenia pomiędzy nimi
12. Zmienność naturalna
13. Chmury i aerozole w systemie klimatycznym.

14. Cykl węglowy, cykle astronomiczne
15. Paleoklimatologia, cykle Milankovica
16. Globalne ocieplenie na tle paleoklimatologii
17. VI Raport IPCC.

Pogoda i klimat.

Czas pomiaru: 2014-02-28 19:40:55 CET
2014-02-28 18:40:55 UTC

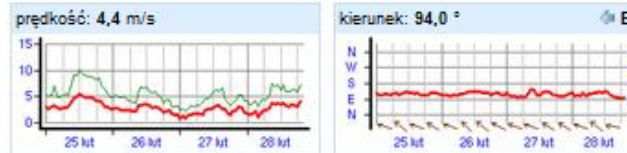
Parametry powietrza



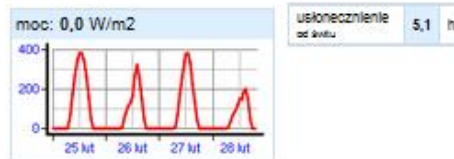
temperatury ekstremalne	min	max		temperatury ekstremalne	min	max		temperatura punktu rosy	0,9	°C
blejąca doba 00 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰ UTC	-0,8	5,1	°C	18 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰ UTC	2,7	3,1	°C	temperatura odczuwalna	-4,1	°C
poprzednia doba 00 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰ UTC	-1,4	9,5		06 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰ UTC	-0,7	5,1		ciśnienie zredukowane	1009,7	hPa

Parametry wiatru

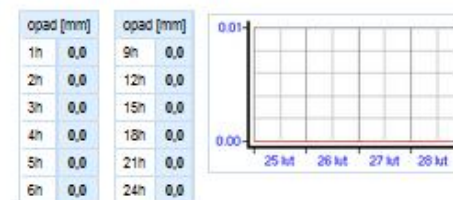
prędkość w porывie
ostatnie 10 min 5,7 m/s



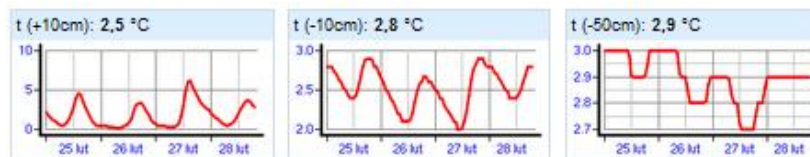
Promieniowanie słoneczne



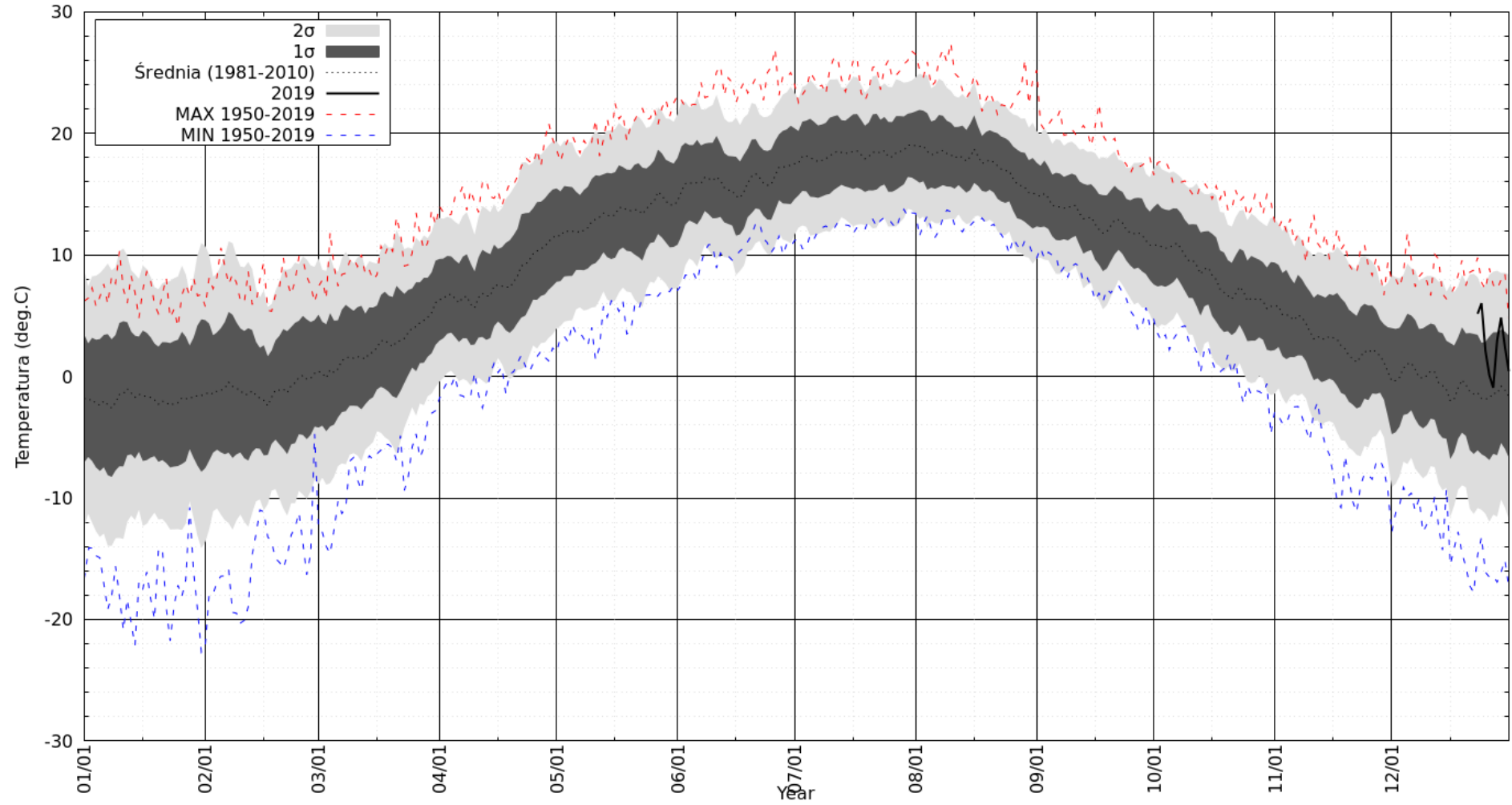
Opad atmosferyczny

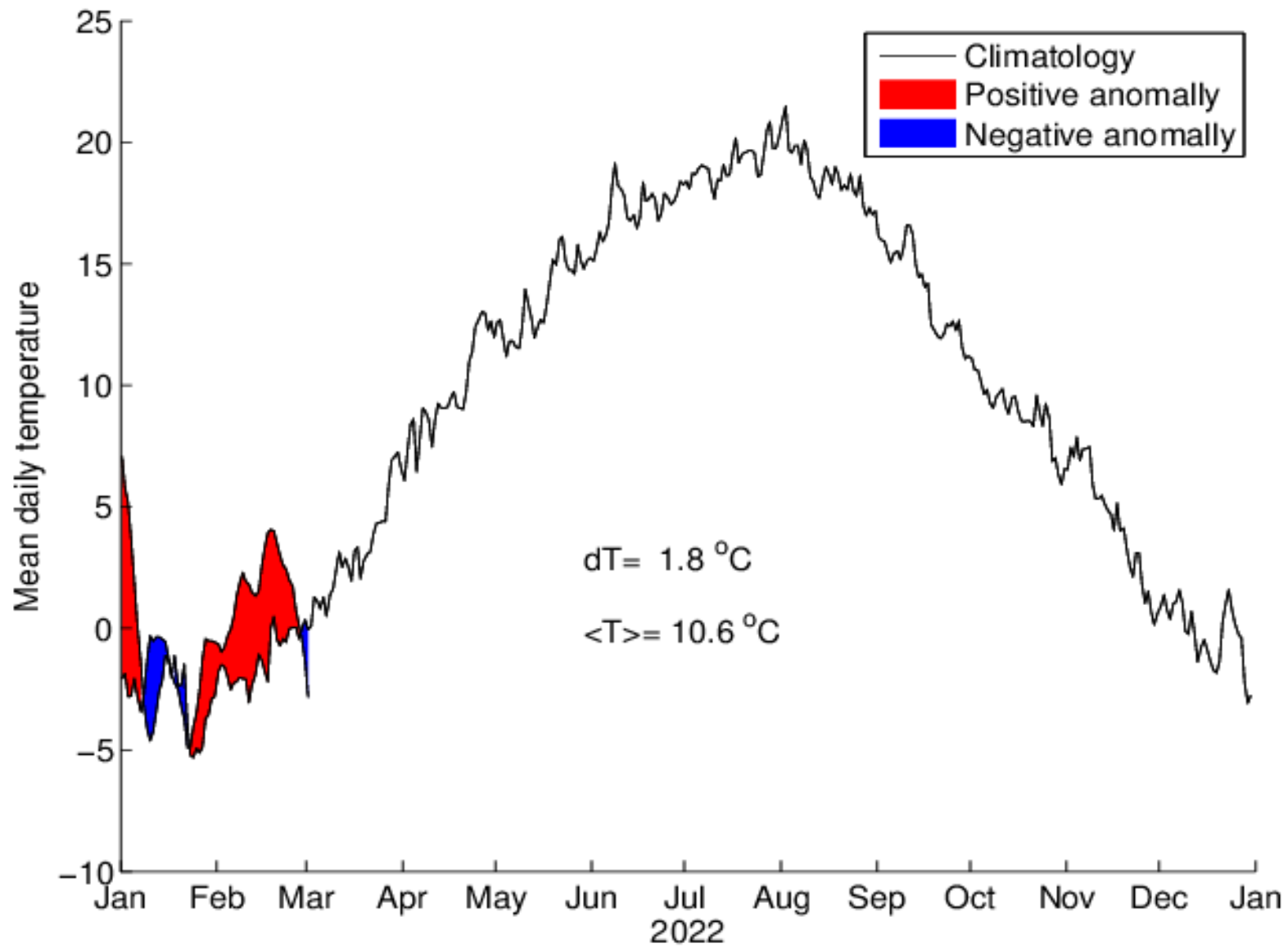


Temperatura gruntu



Temperatura w Polsce
(c) <https://meteomodel.pl> 2016-2020





Average Temperature

Warsaw, Poland

Average Wind Speed

Warsaw, Poland

Average Number of Days With Precipitation

Warsaw, Poland

Average Number of Days Above 60F/15C

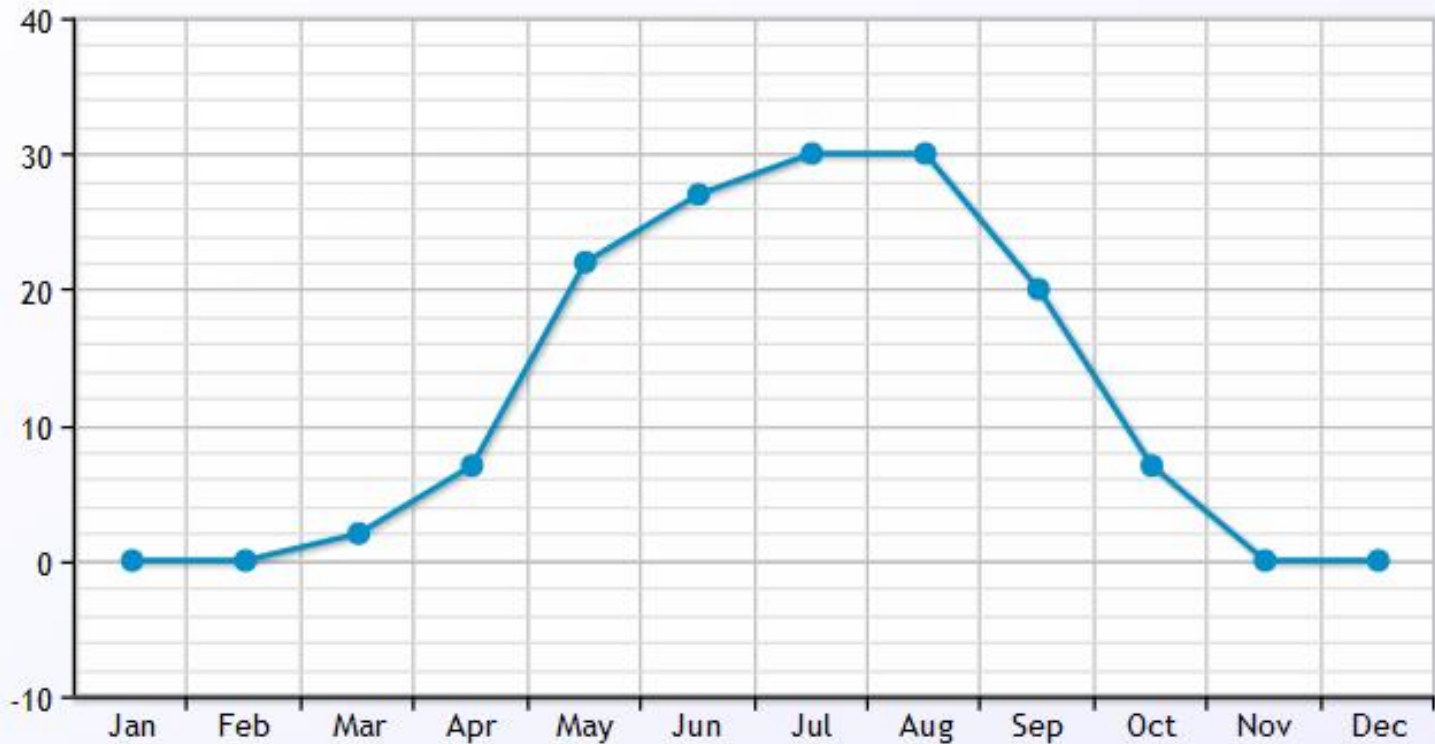
Warsaw, Poland

Celsius

kilometers per hour

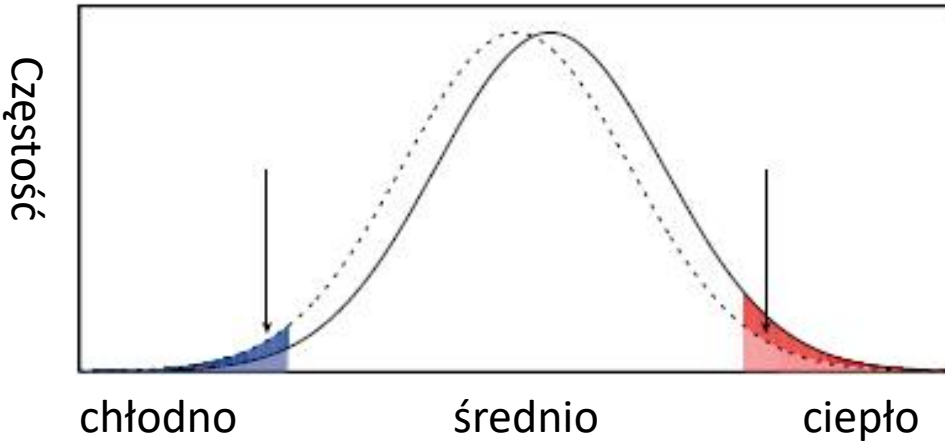
Days

Days

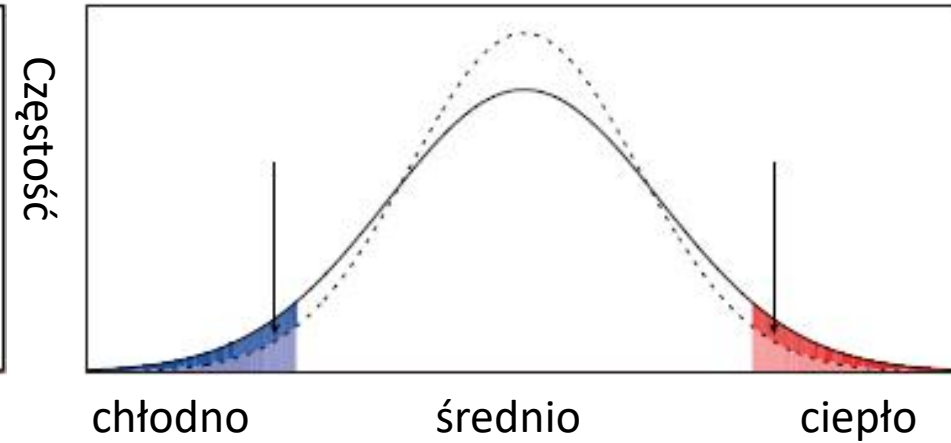


Przykład: zmiany w rozkładzie temperatur

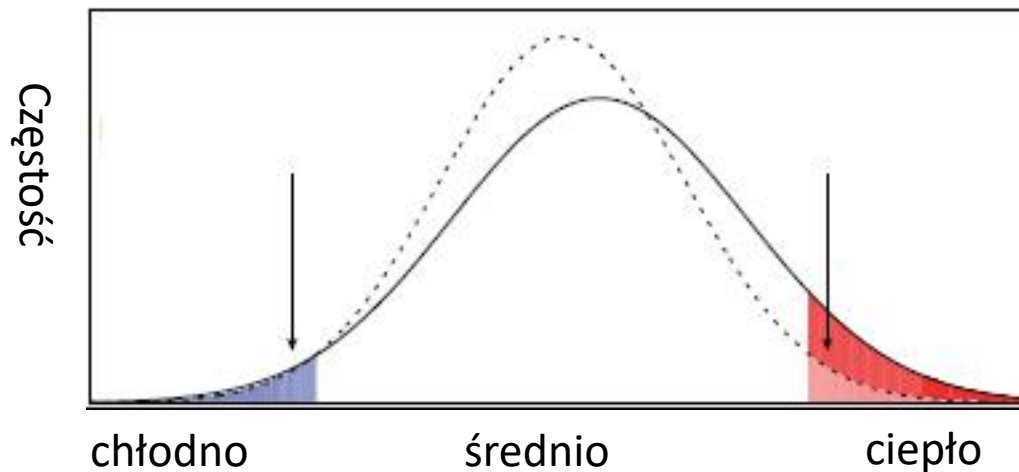
wzrost średniej

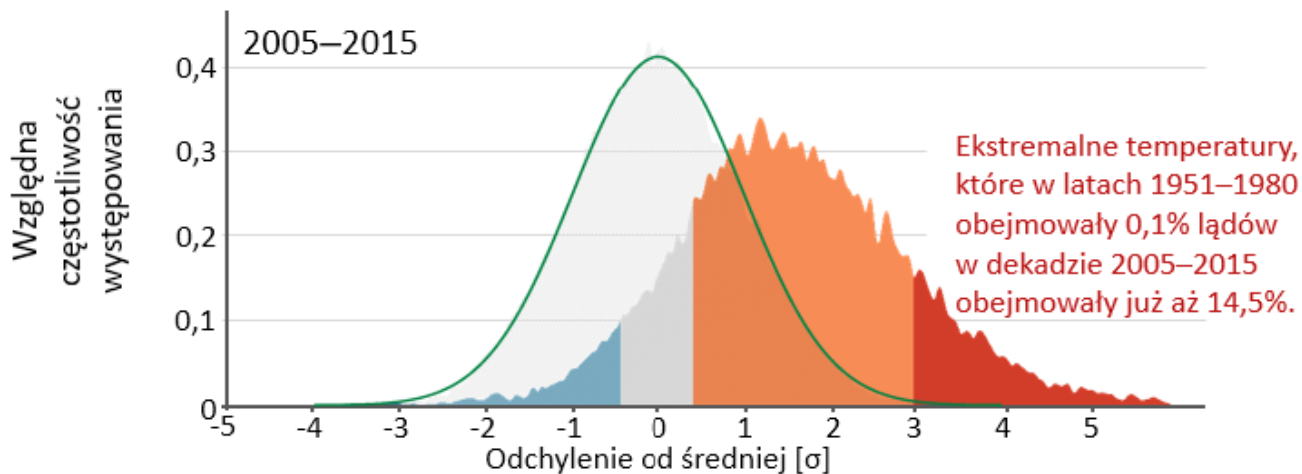
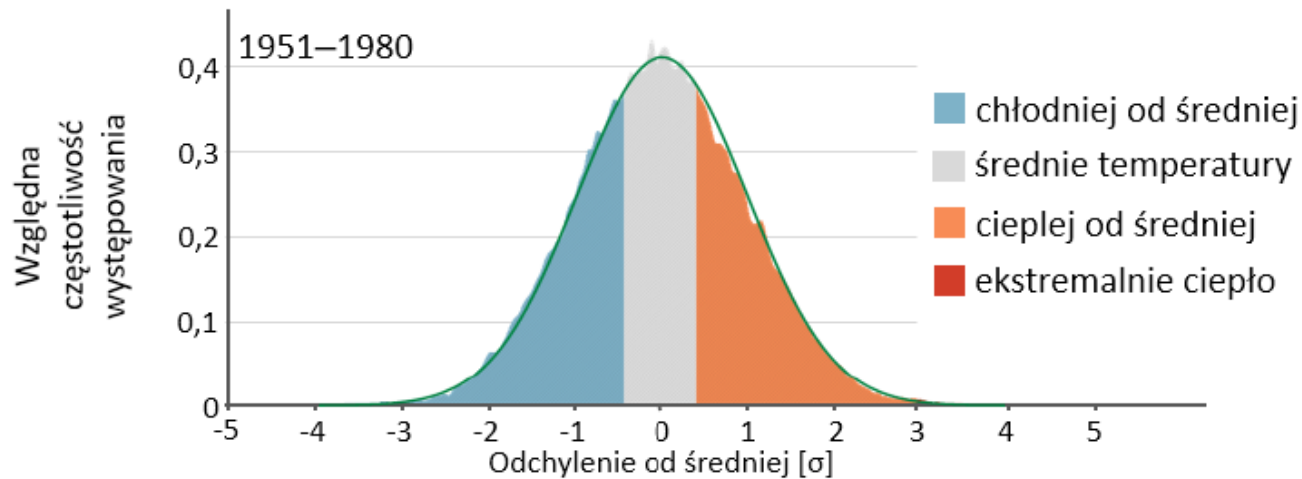


wzrost wariancji



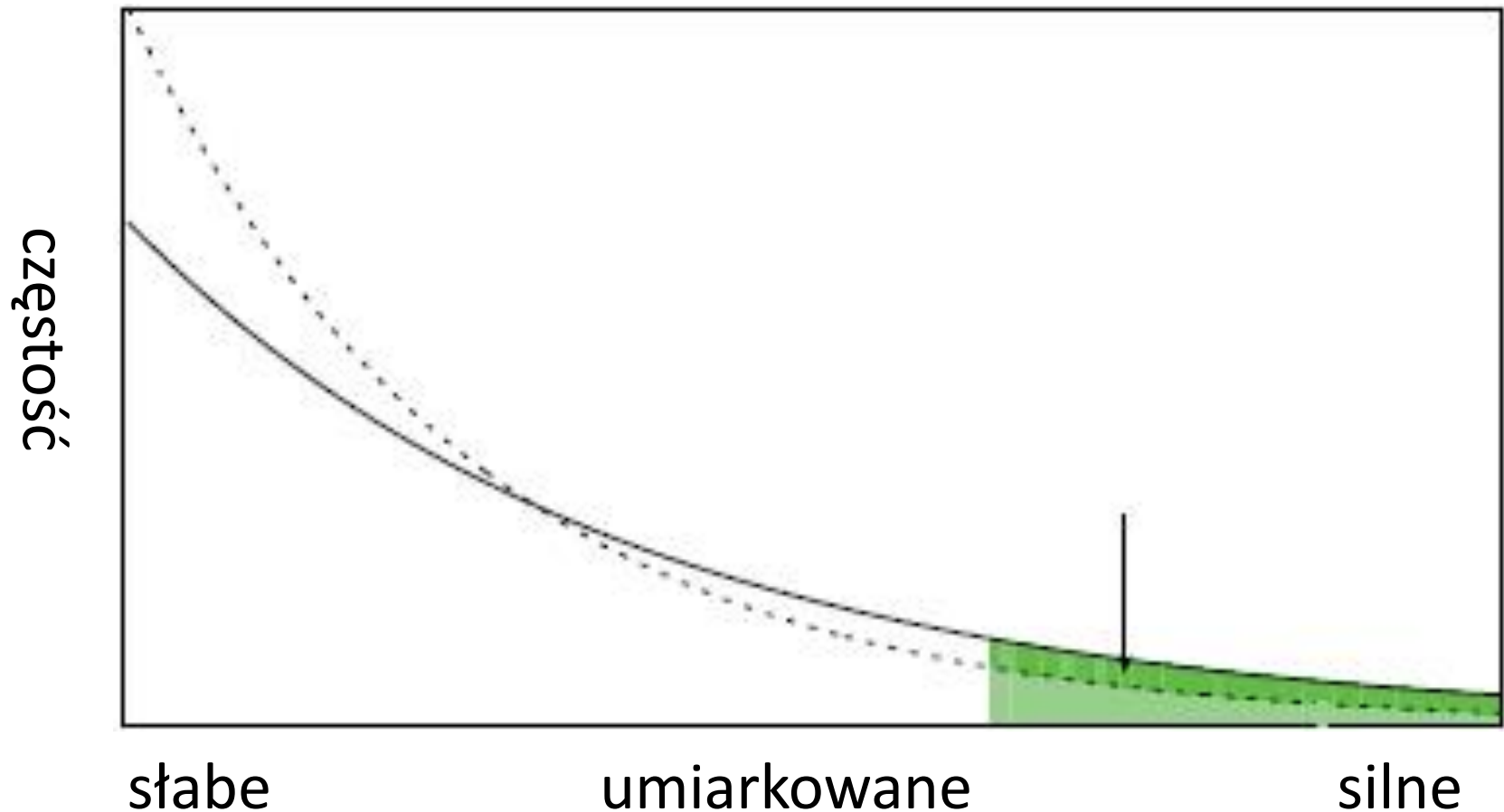
wzrost średniej i wariancji





Częstotliwość występowania lokalnych odchyleń temperatury latem na lądach półkuli północnej względem okresu bazowego 1951–1980 .

Przykład: zmiany w rozkładzie intensywności opadów



METEOROLOGY GLOSSARY

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY

glossary *of* meteorology

Weather:

The state of the atmosphere, mainly with respect to its effects upon life and human activities.

As distinguished from climate, weather consists of the short-term (minutes to days) variations in the atmosphere. Popularly, weather is thought of in terms of temperature, humidity, precipitation, cloudiness, visibility, and wind.

Climate:

The slowly varying aspects of the atmosphere–hydrosphere–land surface system.

It is typically characterized in terms of suitable averages of the climate system over periods of a month or more, taking into consideration the variability in time of these averaged quantities.

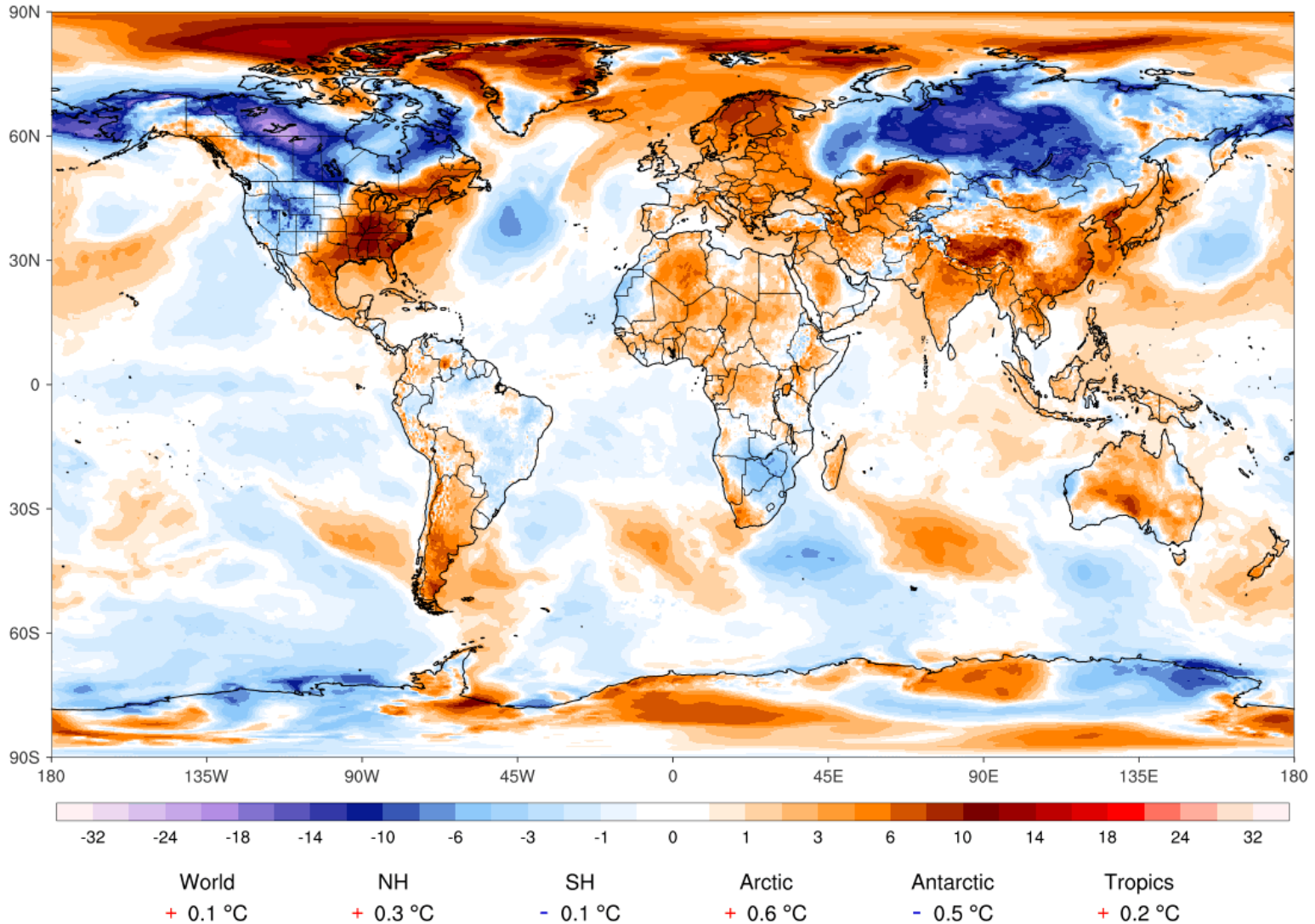
Anomalie pogodowe i klimatyczne

ClimateReanalyzer.org

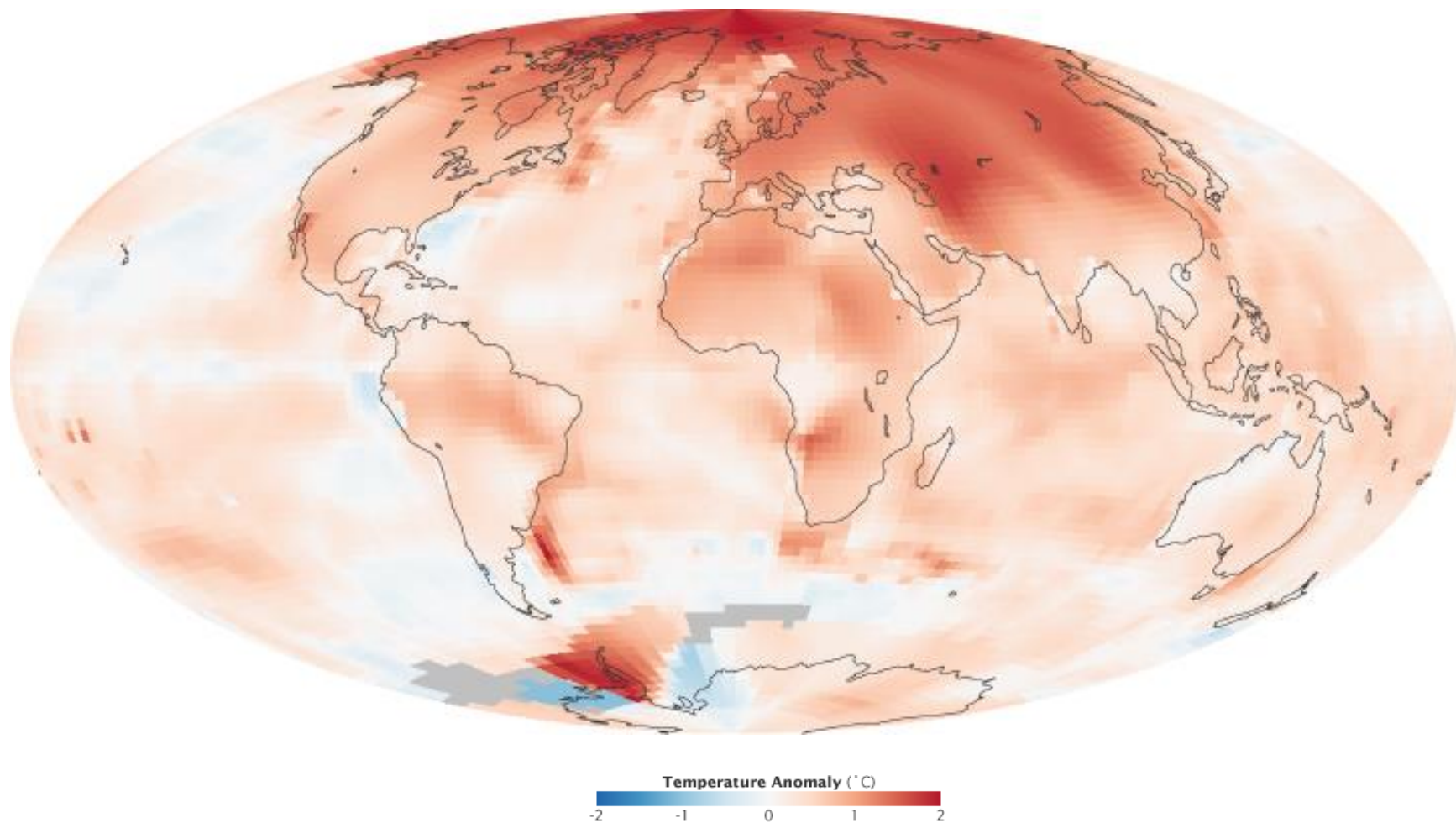
Climate Change Institute | University of Maine

GFS/CFSR 1-day Avg 2m T Anomaly (°C) [1979-2000 base]

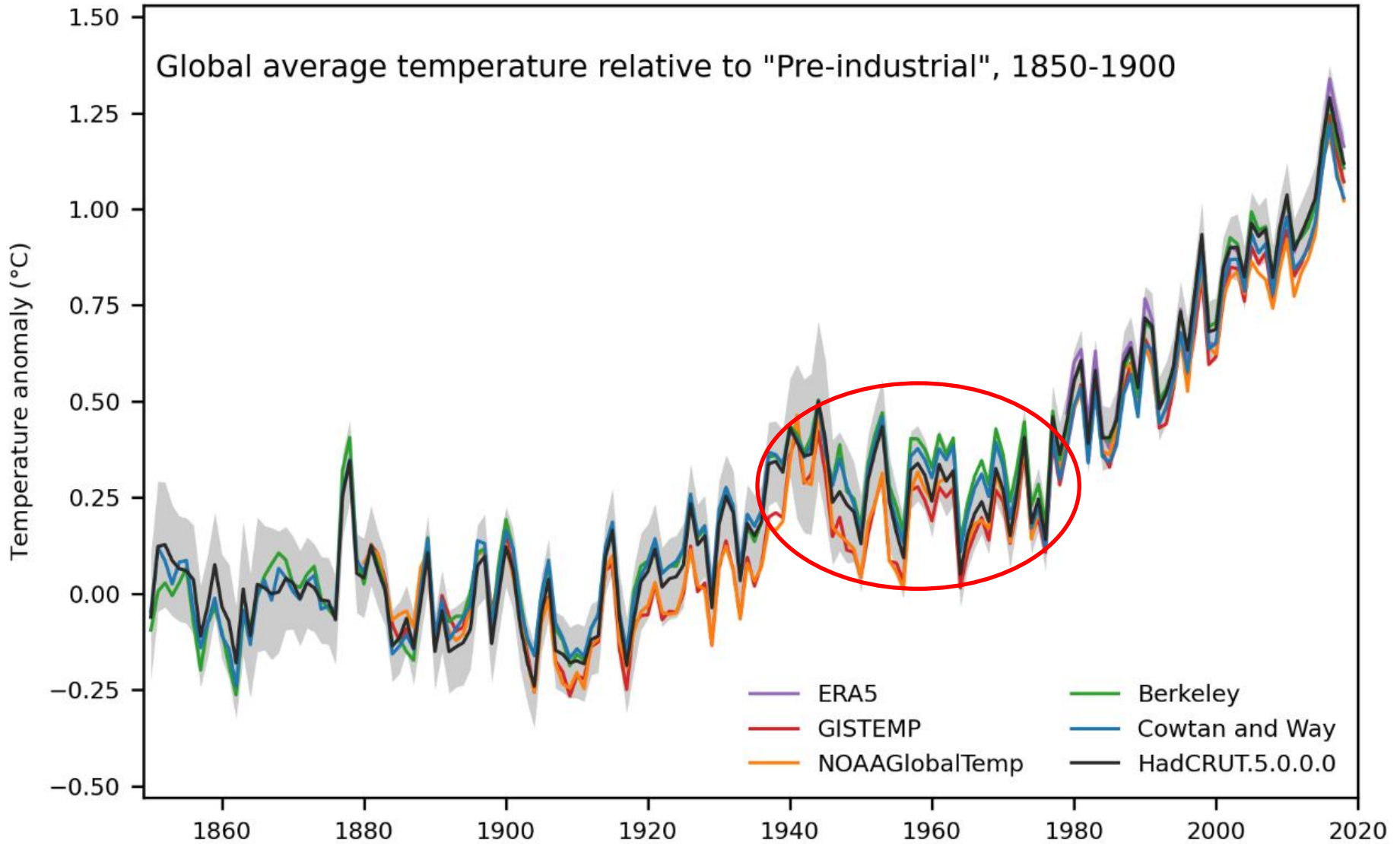
Sunday, Feb 28, 2021



Przykład: średnia anomalia temperatury 2000-2009 względem lat 1951-1980



Anomalie c.d.

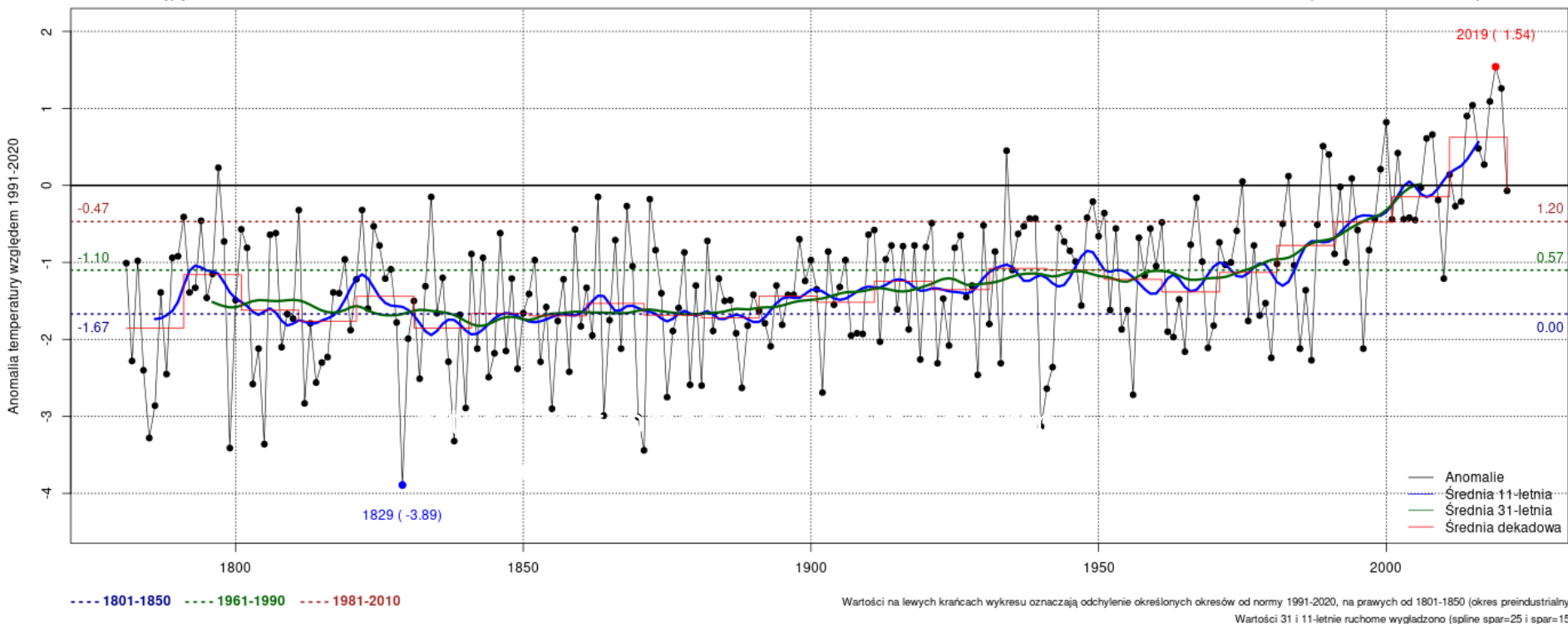


Rok 1781-2021

Okres referencyjny 1991-2020

Anomalie temperatury w Polsce

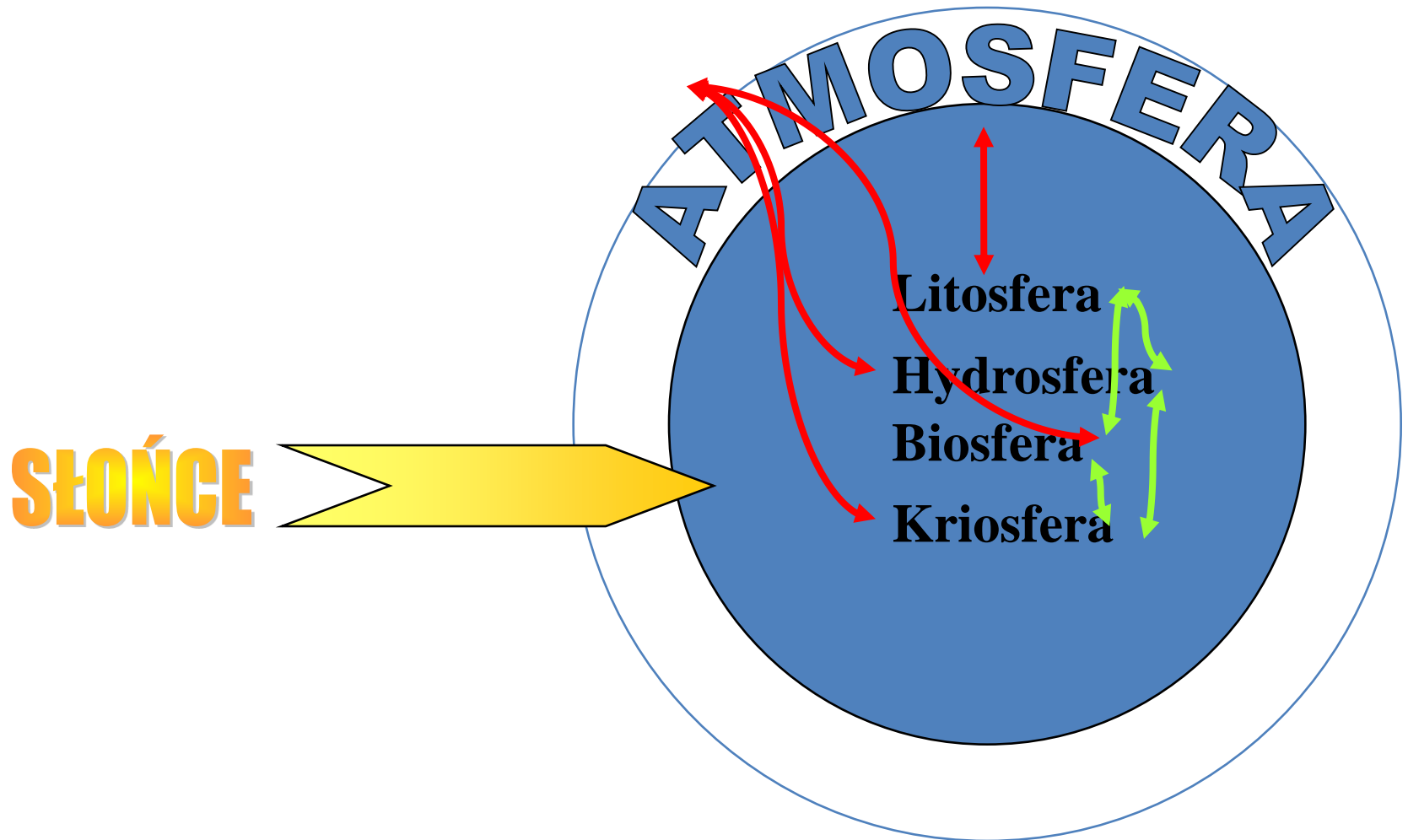
Poltemp 1.0H8 © Metomodel.pl 2014-2022

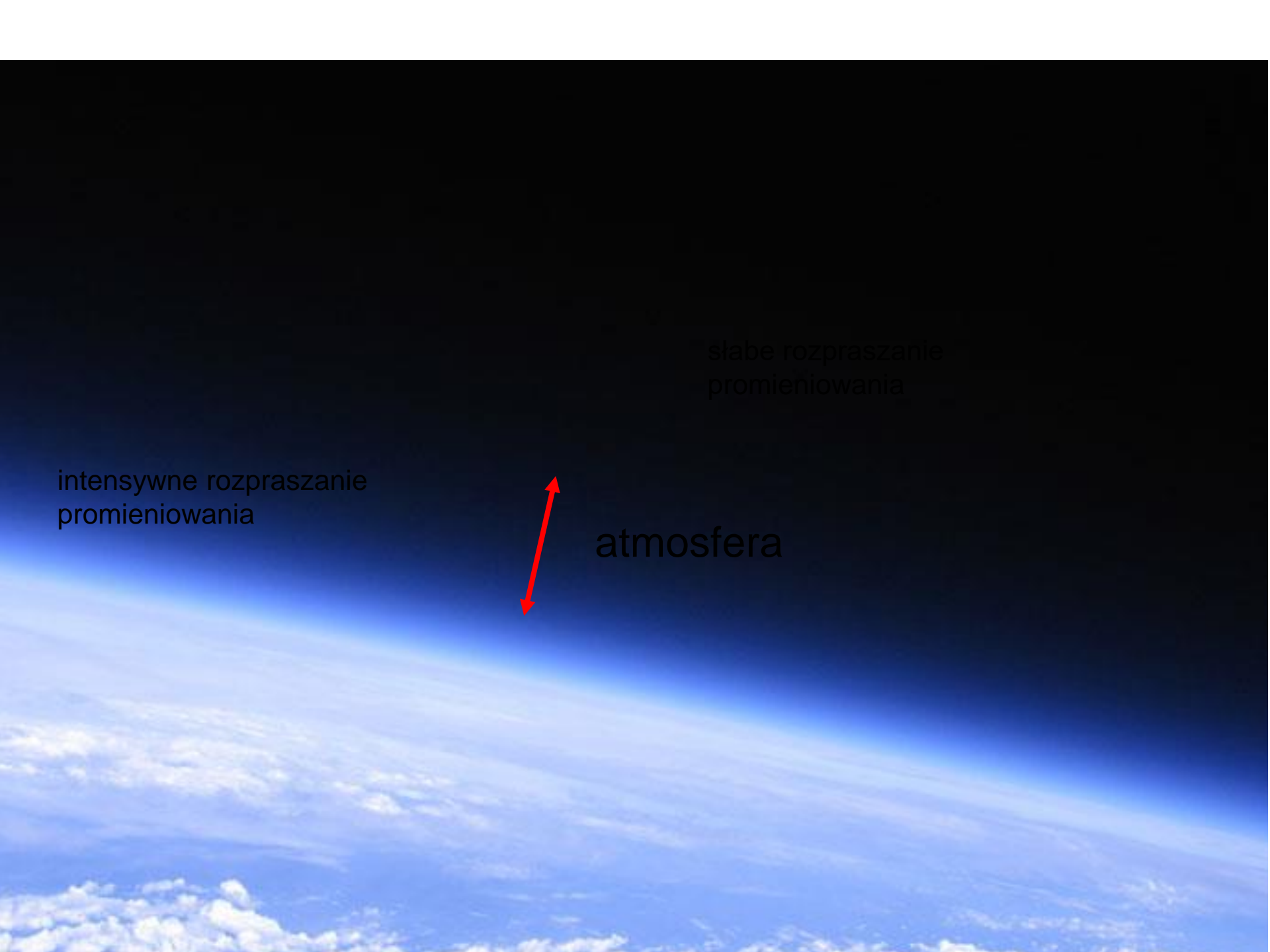


Wartości na lewych krańcach wykresu oznaczają odchylenie określonych okresów od normy 1991-2020, na prawych od 1801-1850 (okres preindustrialny)
Wartości 31 i 11-letnie ruchome wygładzono (spline spar=25 i spar=15)

https://meteomodel.pl/klimat/poltemp/1.0H8/Temperature/PLOT/13_Rok.png

System klimatyczny





slabe rozpraszanie
promieniowania

intensywne rozpraszanie
promieniowania

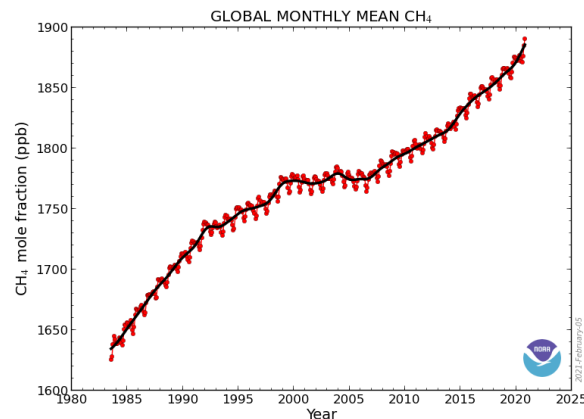
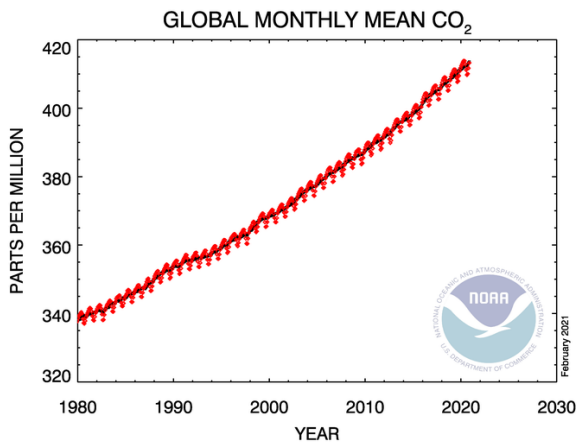
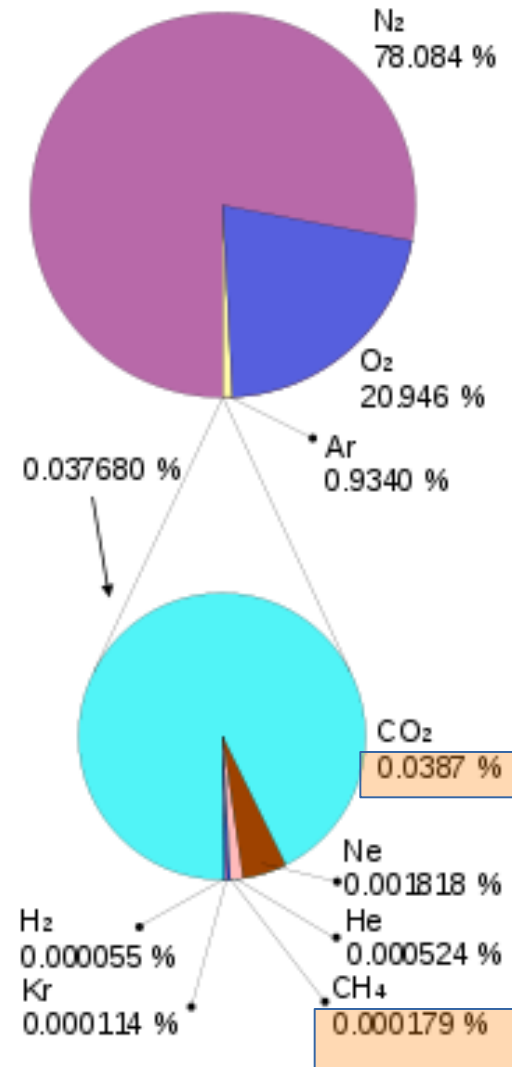


atmosfera



Skład atmosfery gazy stałe

gaz	% objętości	rola / właściwości
Azot [N ₂]	78,08	biosfera
Tlen [O ₂]	21	pochłanianie UV, oddychanie
Argon [Ar]	0,9	gaz nieaktywny, właściwie nieistotny



Skład atmosfery – składniki zmienne

Gaz	Symbol	% objętości	Dlaczego ważny?
Para wodna	H ₂ O	0-4	—
Dwutlenek węgla	CO ₂	0,041	—
Metan	CH ₄	0,00019	—
Tlenek azotu	N ₂ O	0,00003	—
Ozon	O ₃	0,000004	—
Cząstki stałe (pyły, sadze), tzw aerozole		0,000001	—

Rozkład śladowych gazów w atmosferze

Homosfera $z < 100$ km

Heterosfera $z > 100$ km

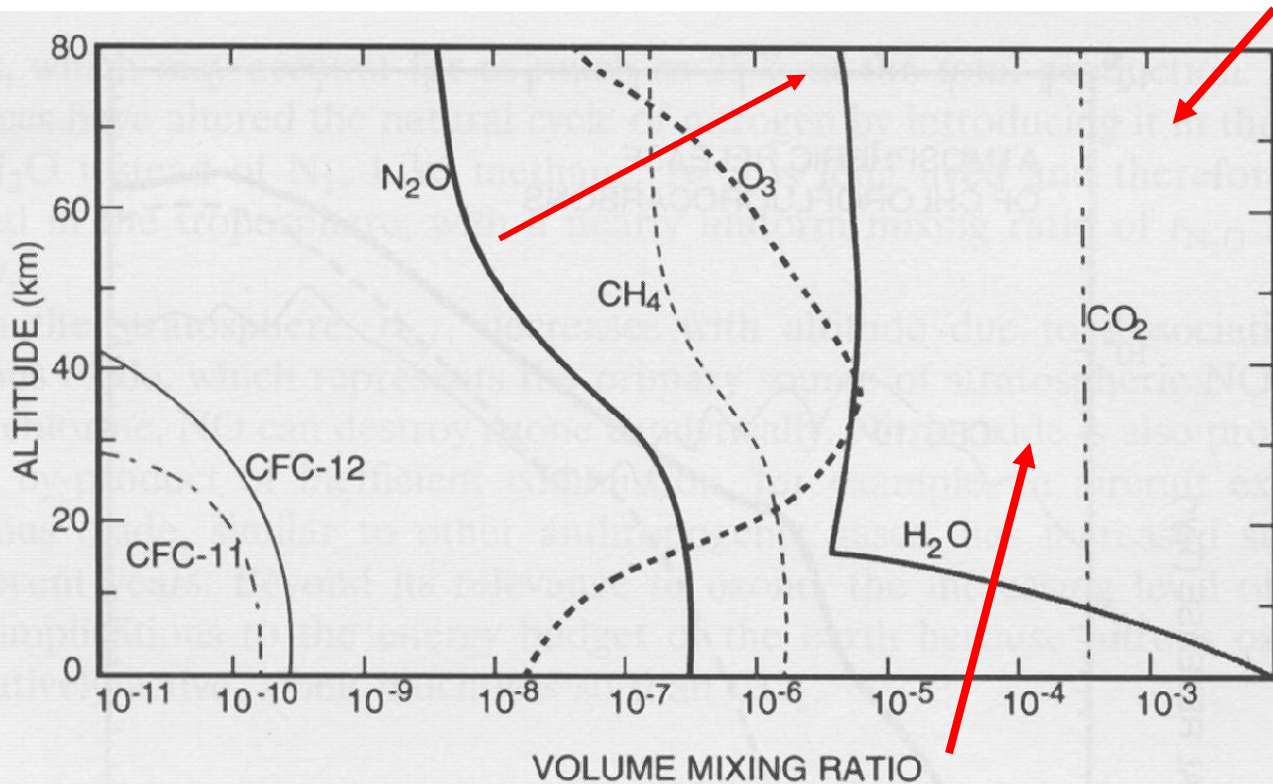
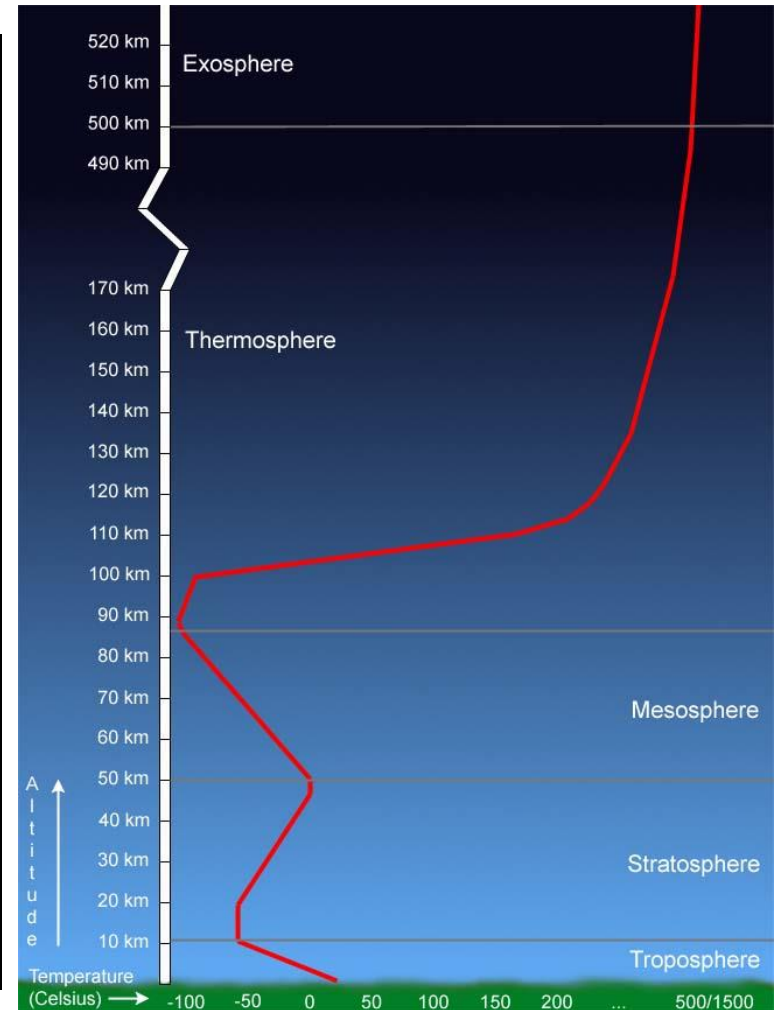
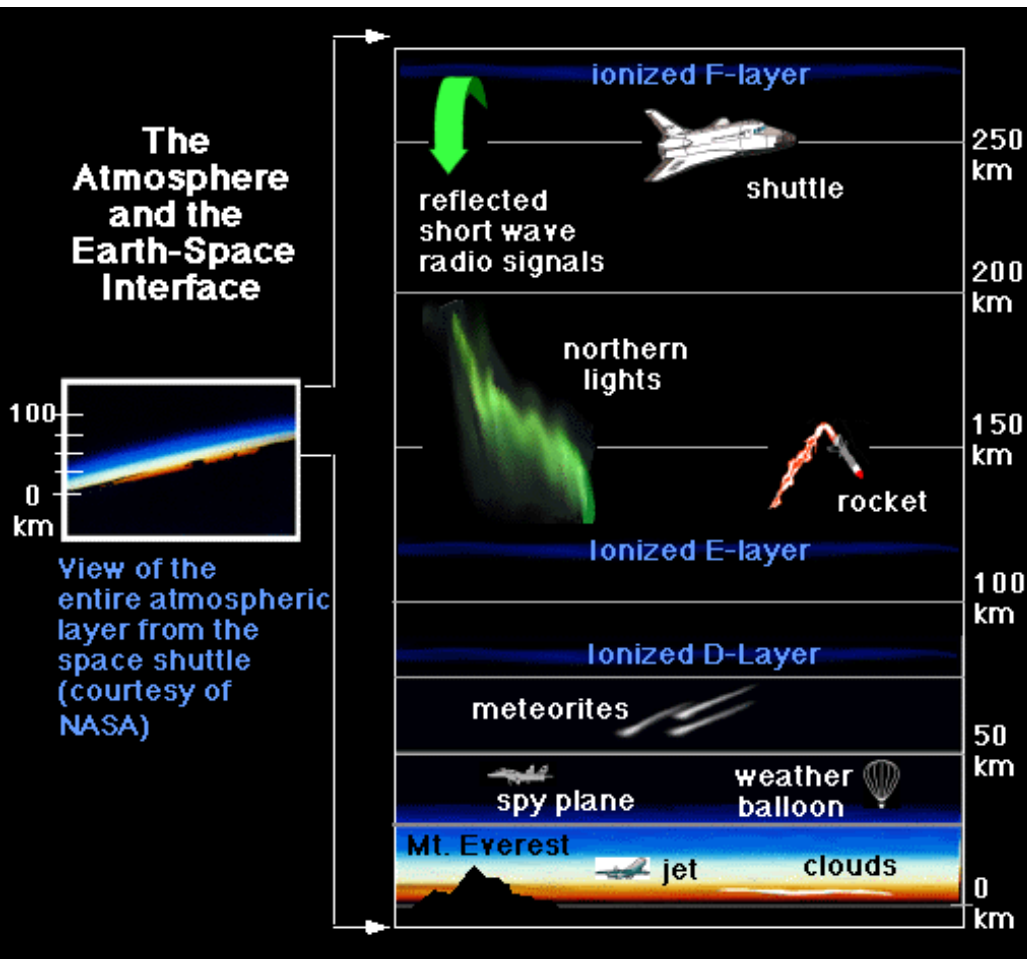


Figure 1.20 Mixing ratios of radiatively active trace species as functions of altitude. *Source:* Goody and Yung (1989).

Podział atmosfery



Hydrosfera



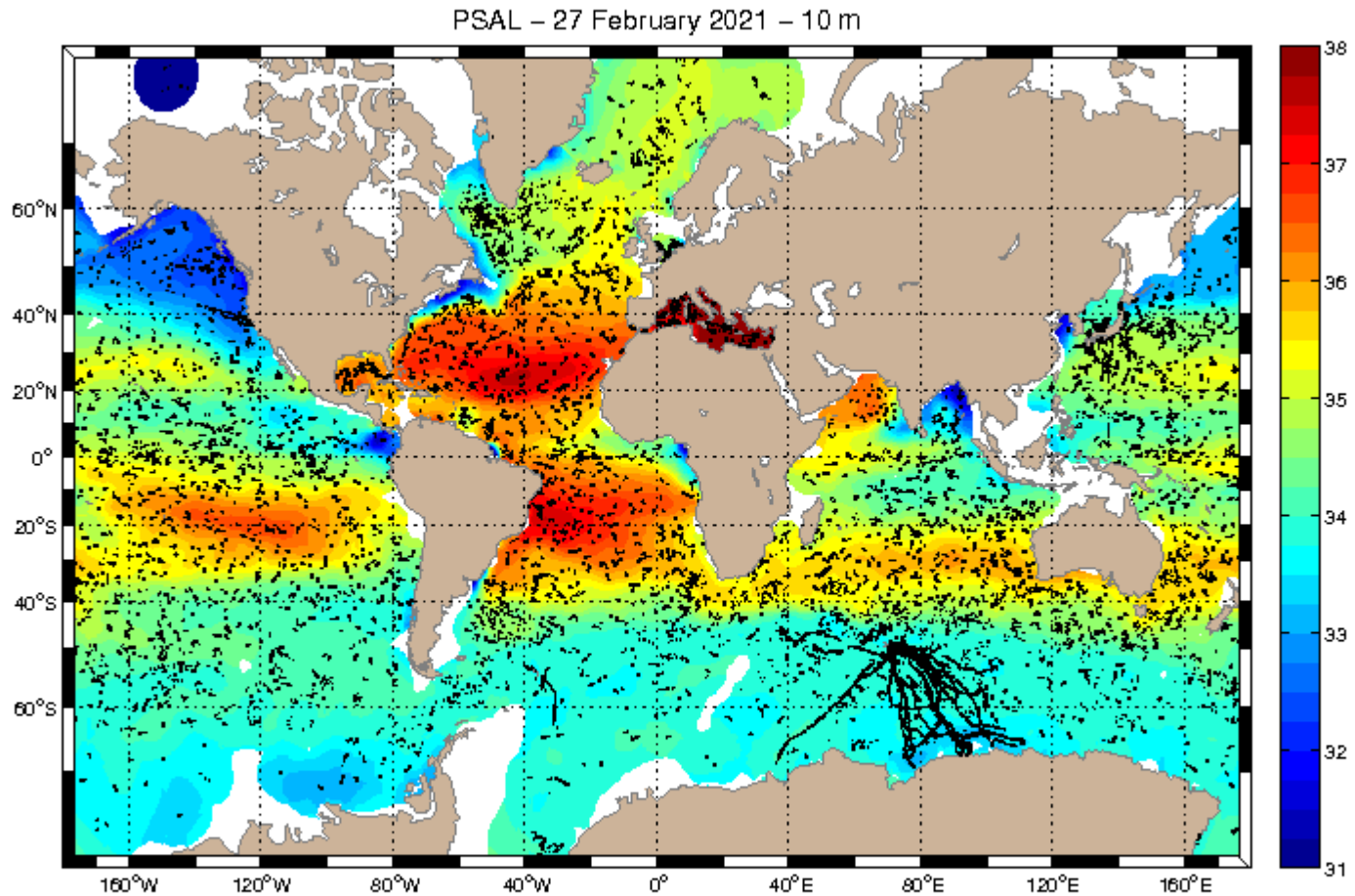
Woda słodka

0,6% zasobów wody, w tym tylko 0,1% to wody powierzchniowe.

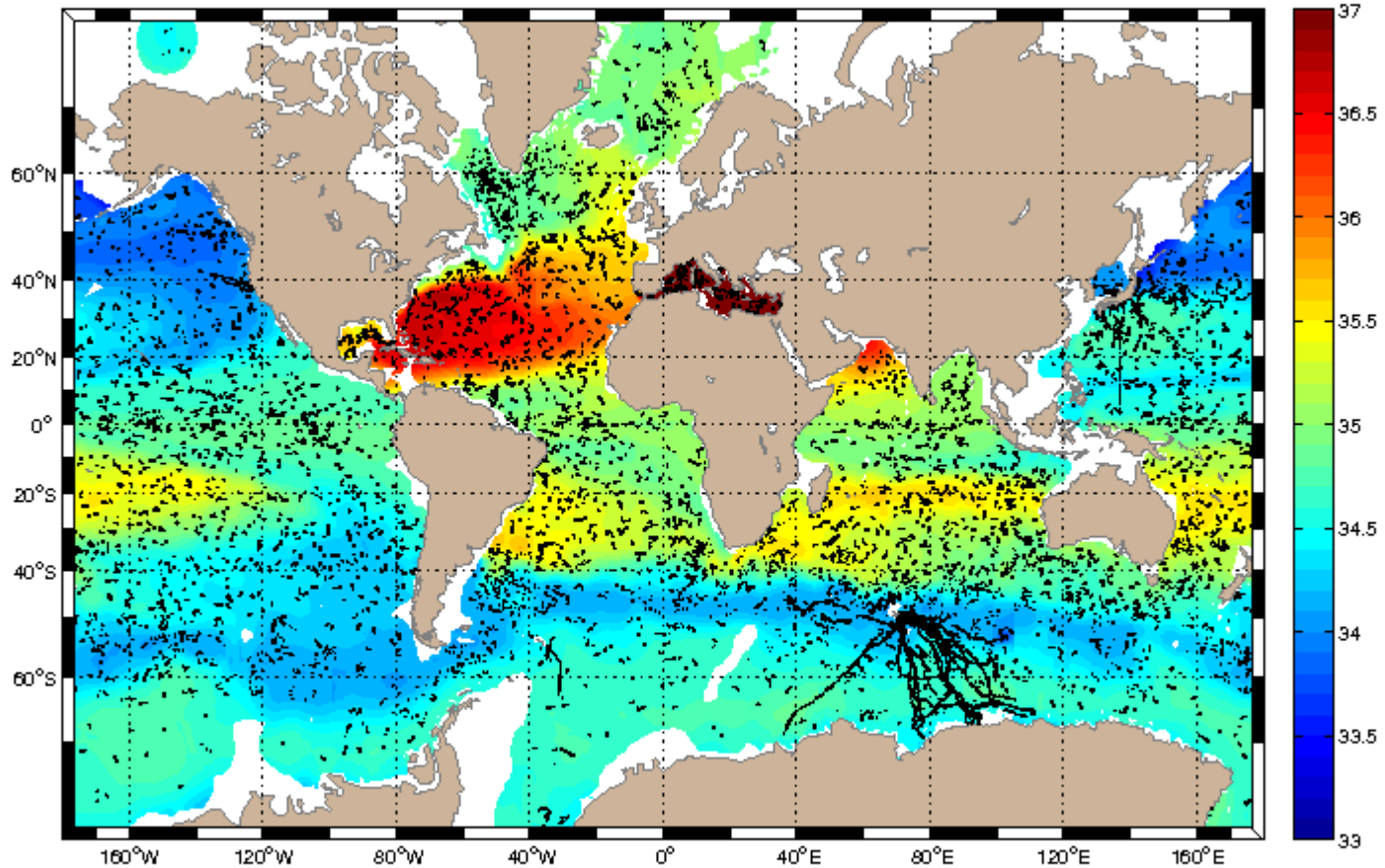


Practical salinity unit (PSAL, PSU) określane na podstawie przewodności elektrycznej wody

Oceany



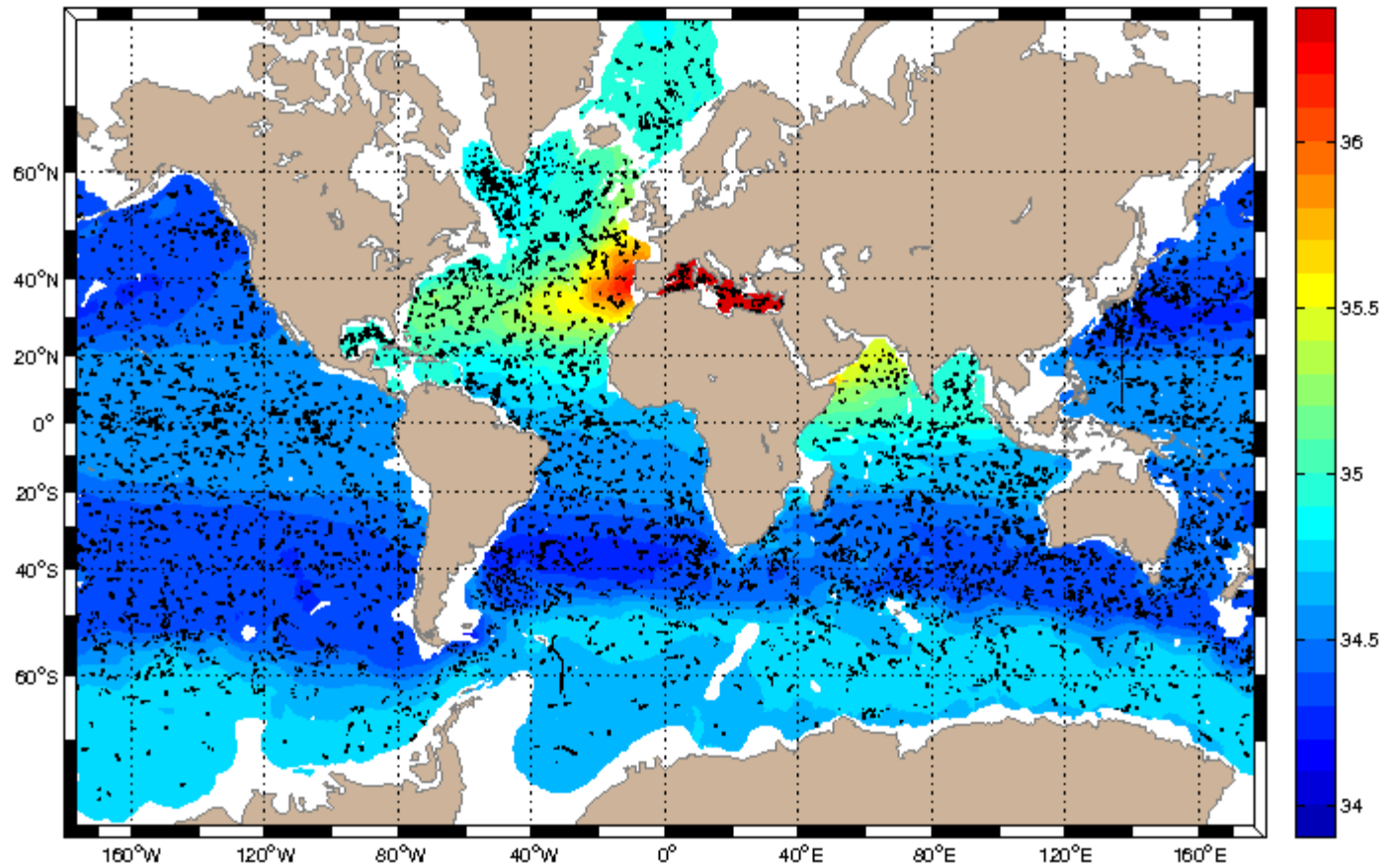
PSAL - 27 February 2021 - 300 m



Coriolis

Min: 21.62 Max: 40.75 Count: 17183 Error max: 95 % Date update: 27/02/2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

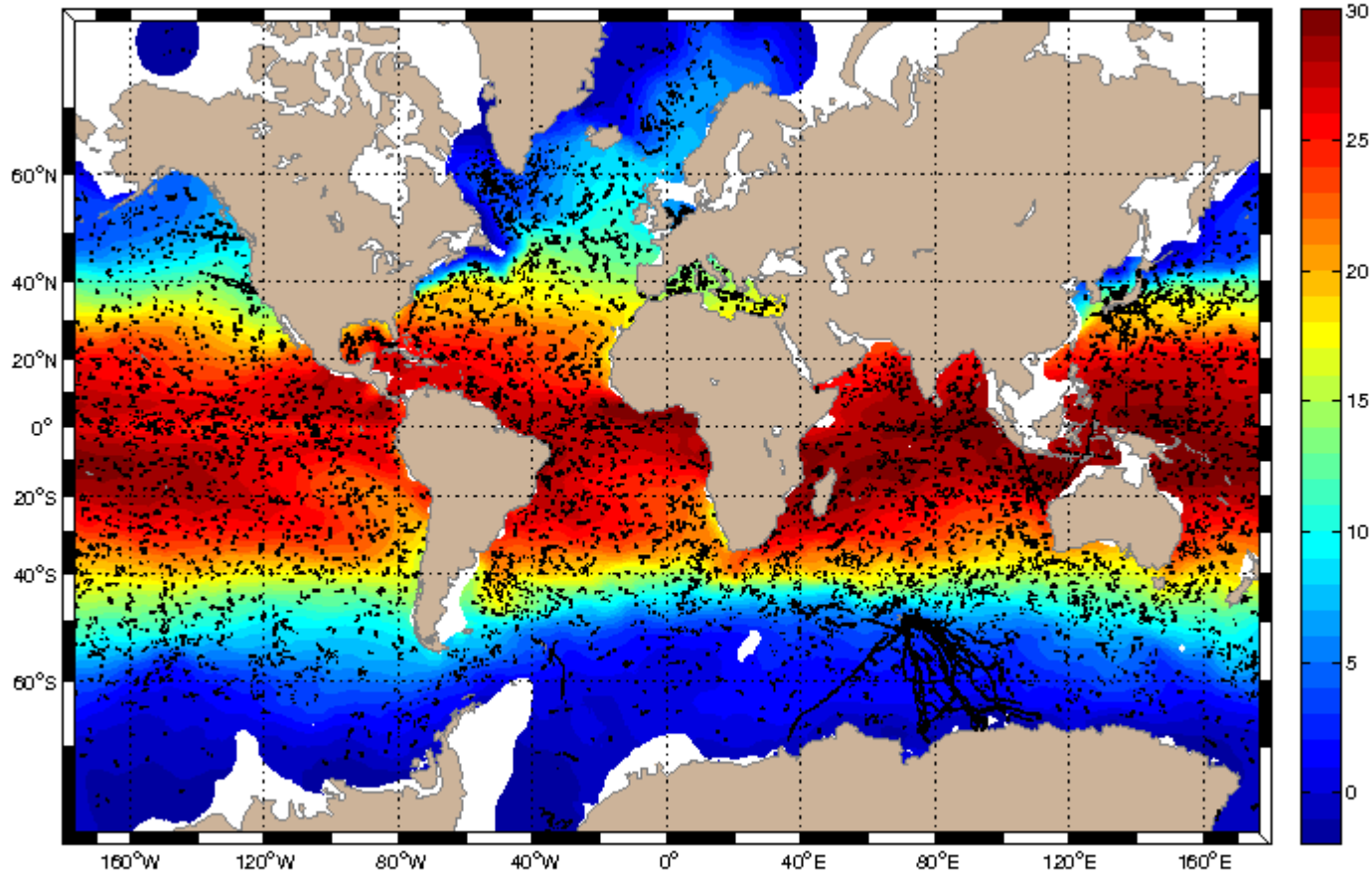
PSAL – 27 February 2021 – 1000 m



Coriolis

Min: 22.24 Max: 40.80 Count: 13139 Error max: 95 % Date update: 27/02/2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

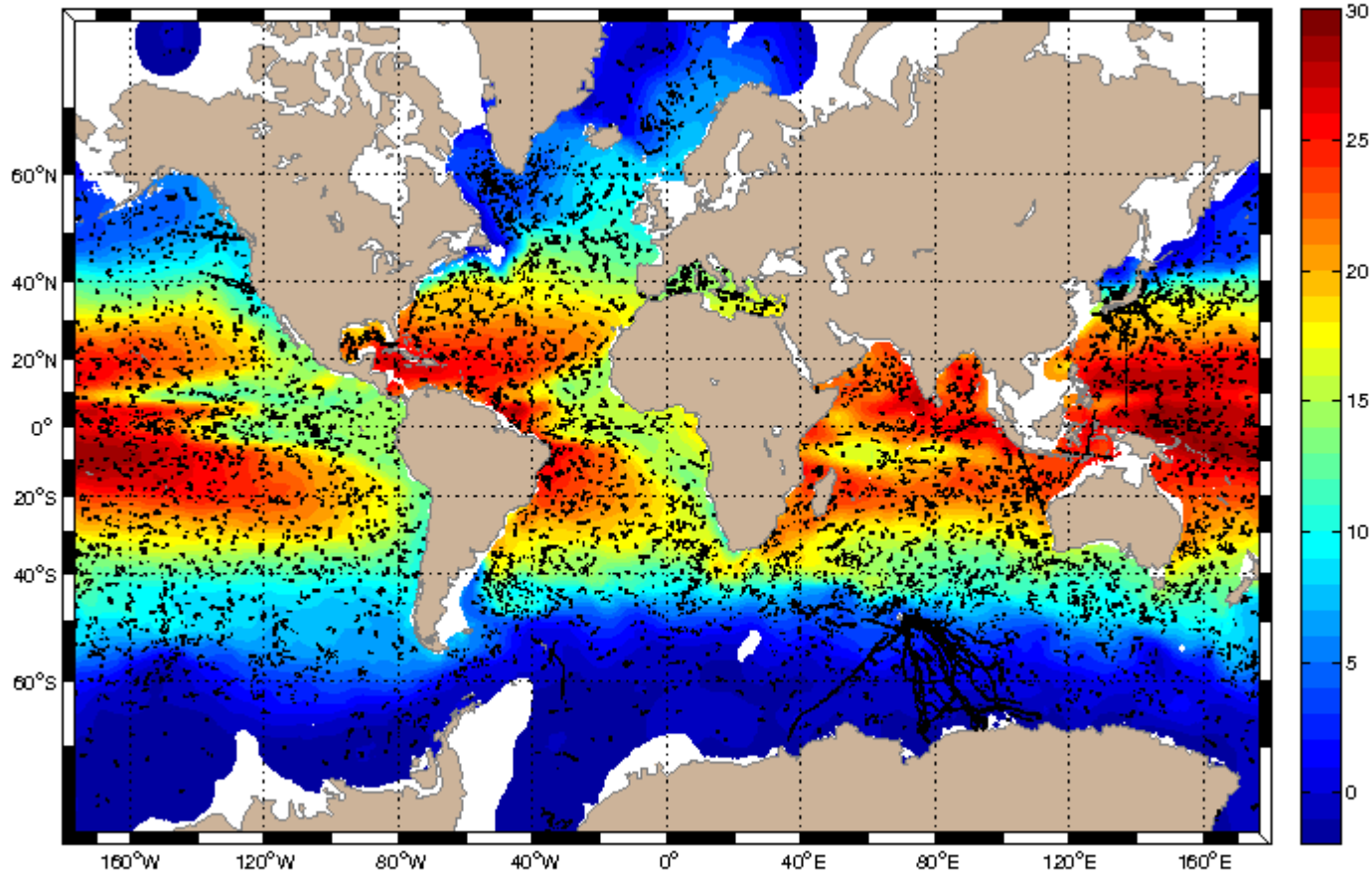
TEMP - 27 February 2021 - 10 m



Coriolis

Min: -2.50 Max: 30.86 Count: 20732 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

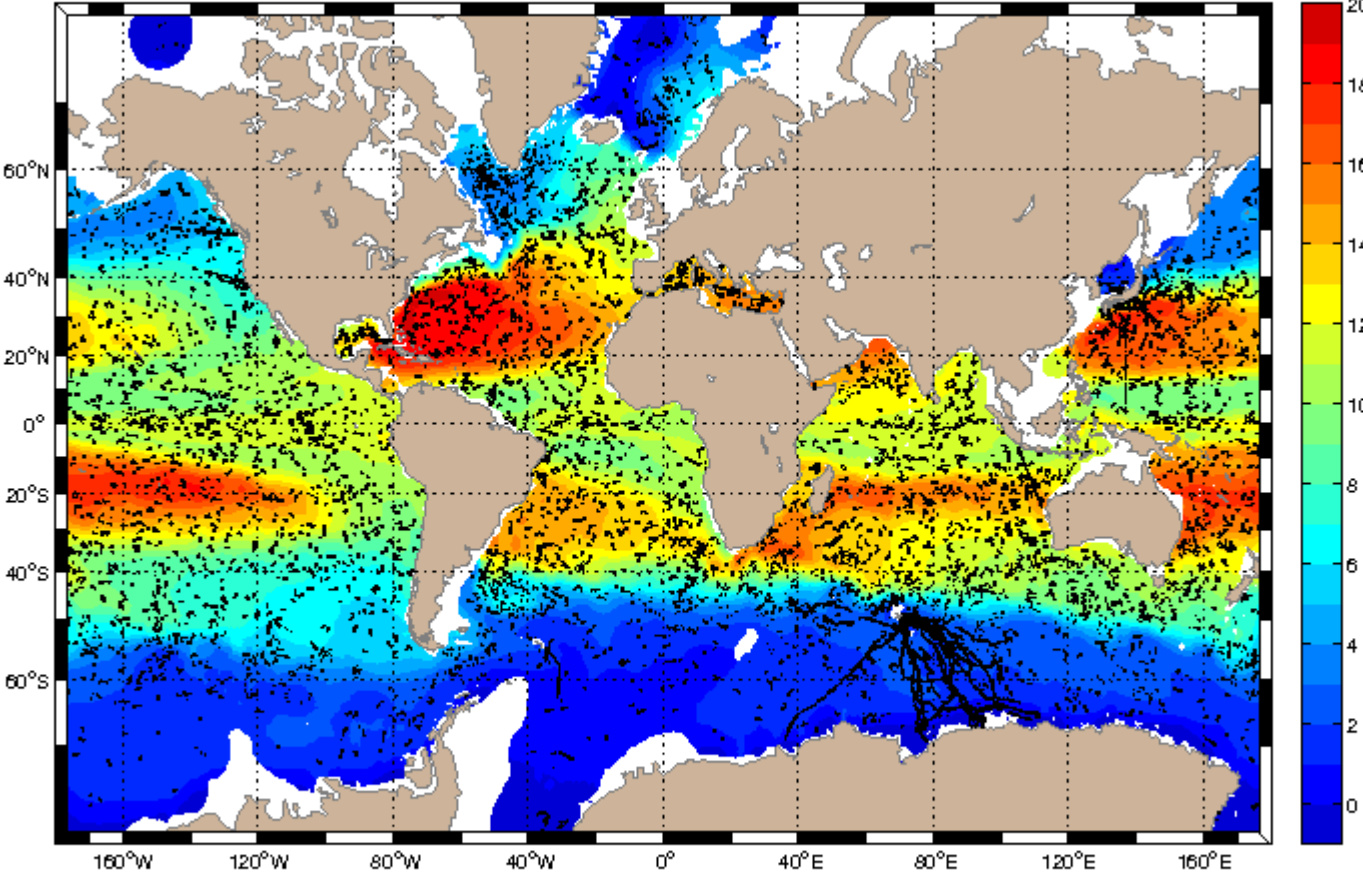
TEMP - 27 February 2021 - 100 m



Coriolis

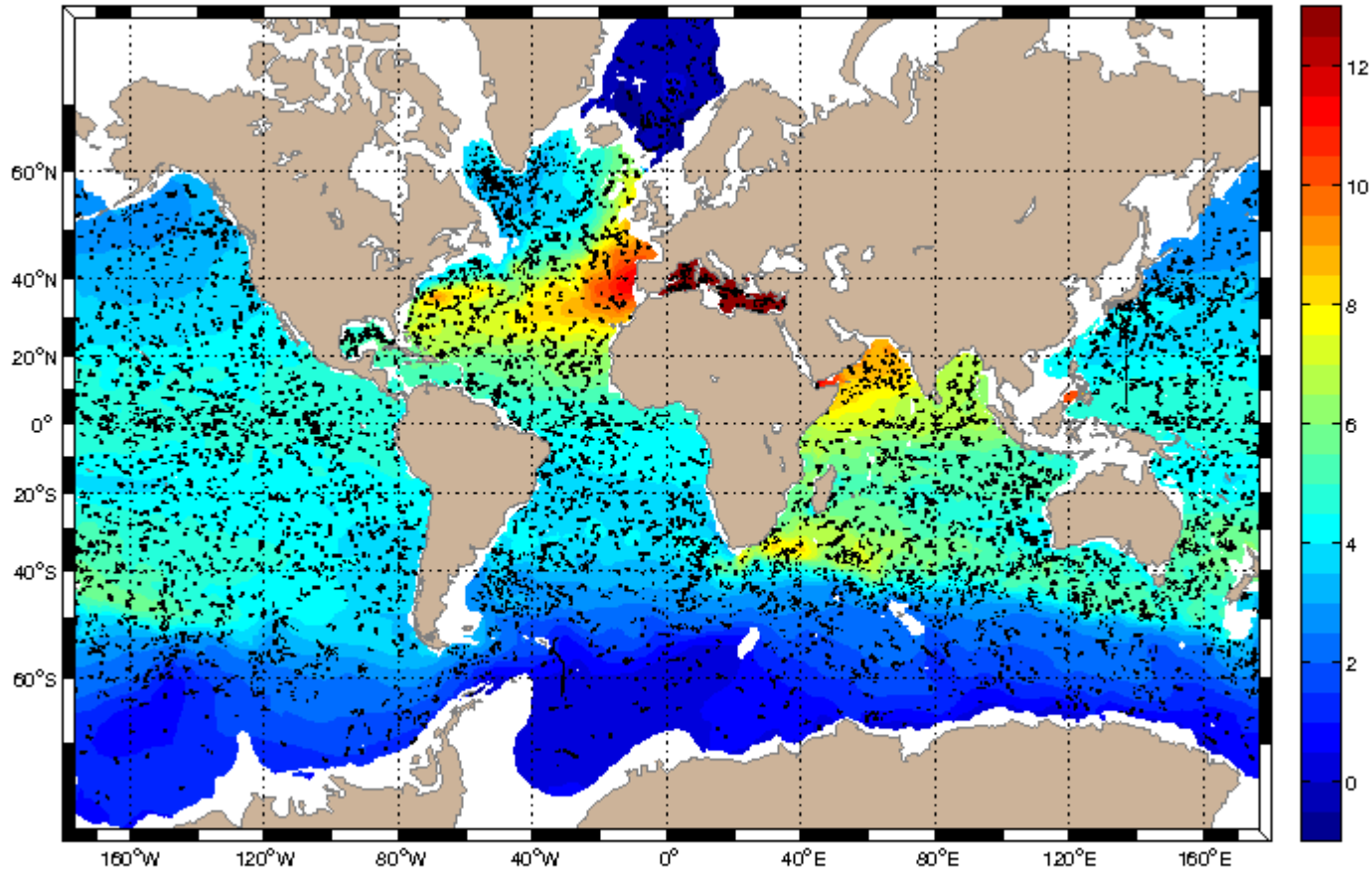
Min: -2.41 Max: 29.14 Count: 20526 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

TEMP - 27 February 2021 - 300 m



Min: -2.52 Max: 21.77 Count: 19689 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

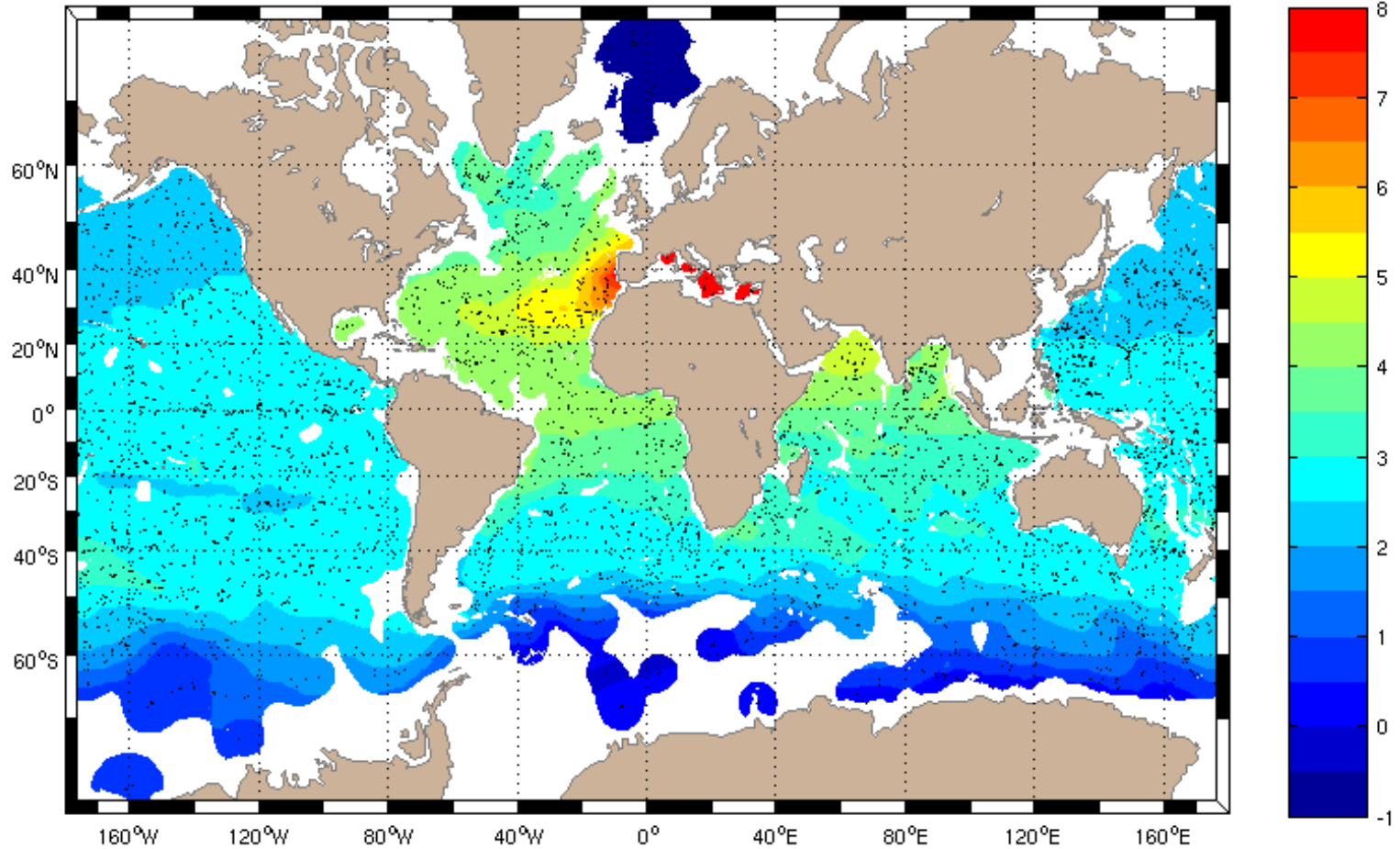
TEMP - 27 February 2021 - 1000 m



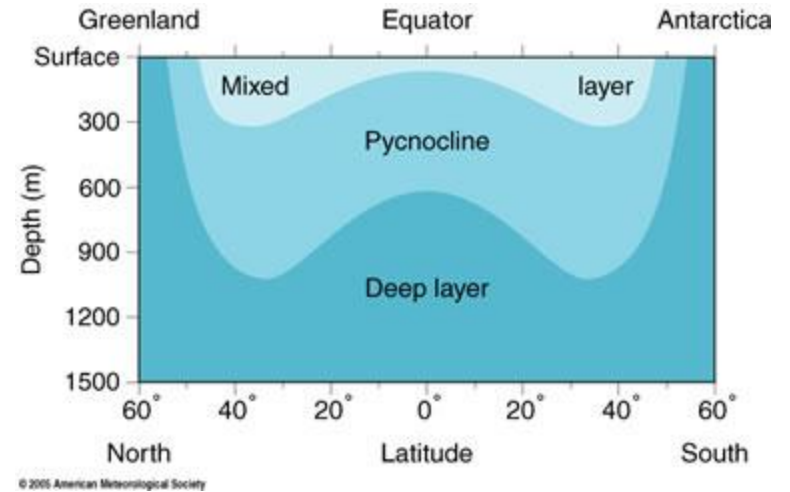
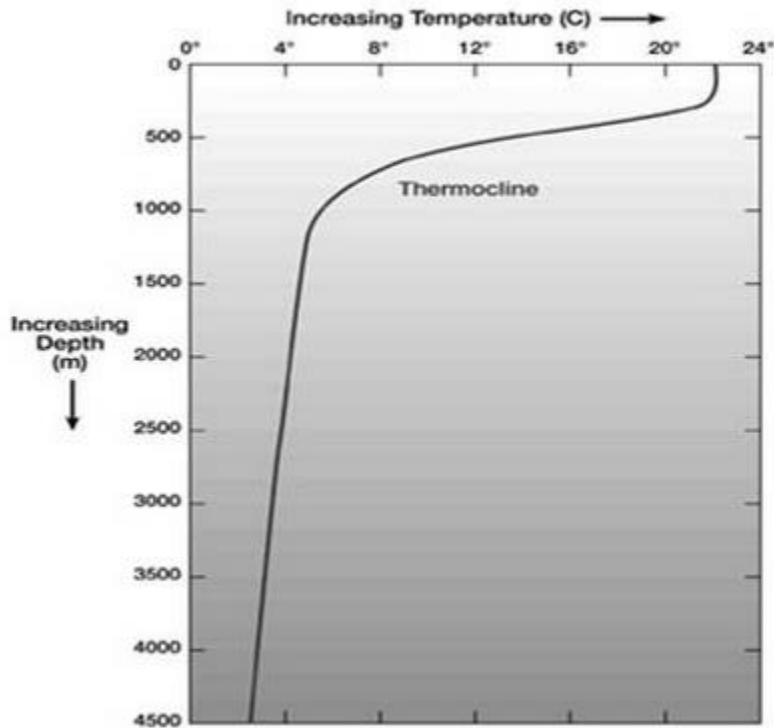
Coriolis

Min: -1.95 Max: 21.70 Count: 15247 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

TEMP - 28 February 2014 - 1600 m



Struktura pionowa oceanów



- warstwa mieszania
- warstwa przejściowa – termoklina
- głębia oceaniczna

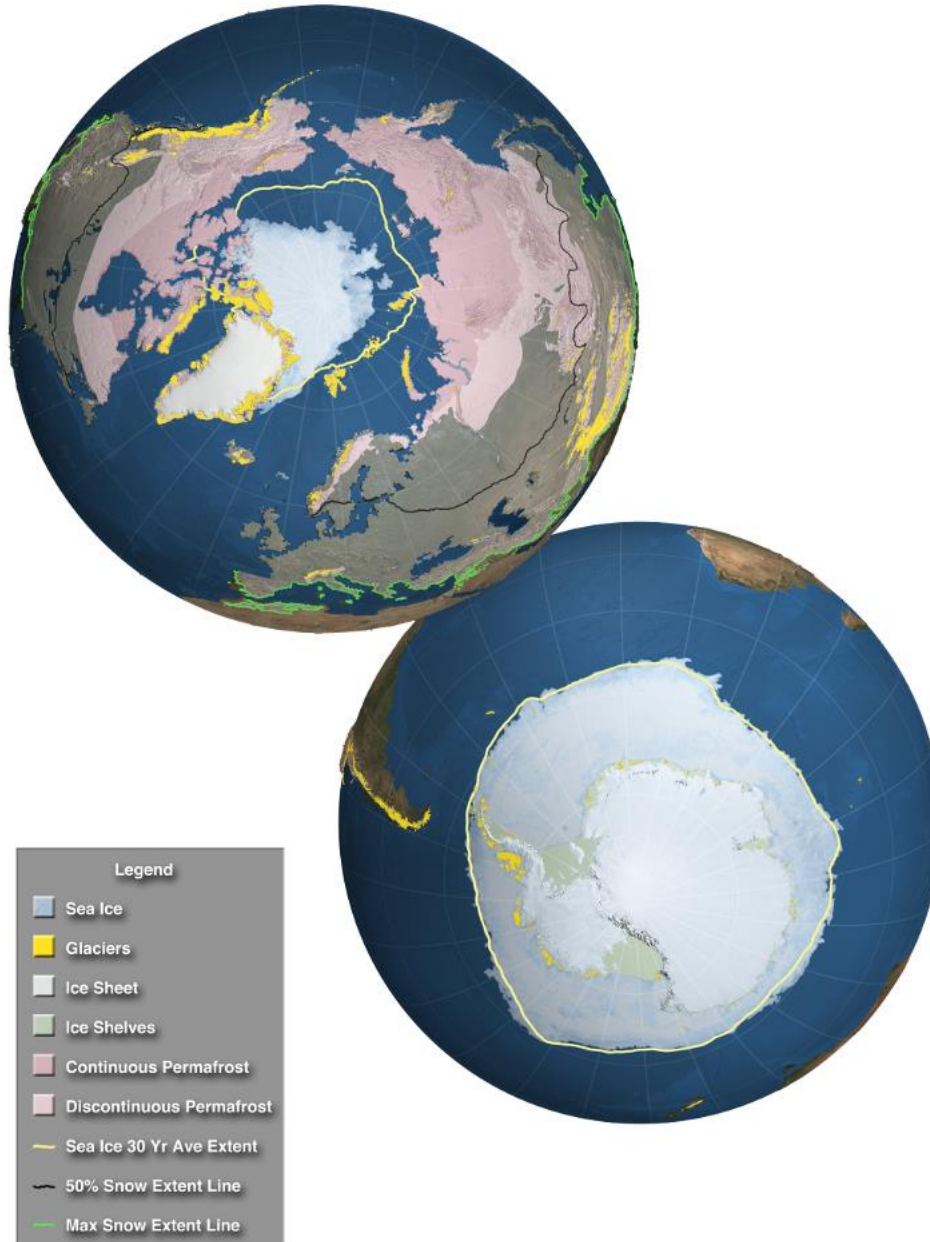
Interakcje pomiędzy atmosferą a oceanem

Wymiana:

- pary wodnej
- dwutlenku węgla
- soli morskiej (produkcja aerozolu morskiego)
- energii
- pędu



Kriosfera

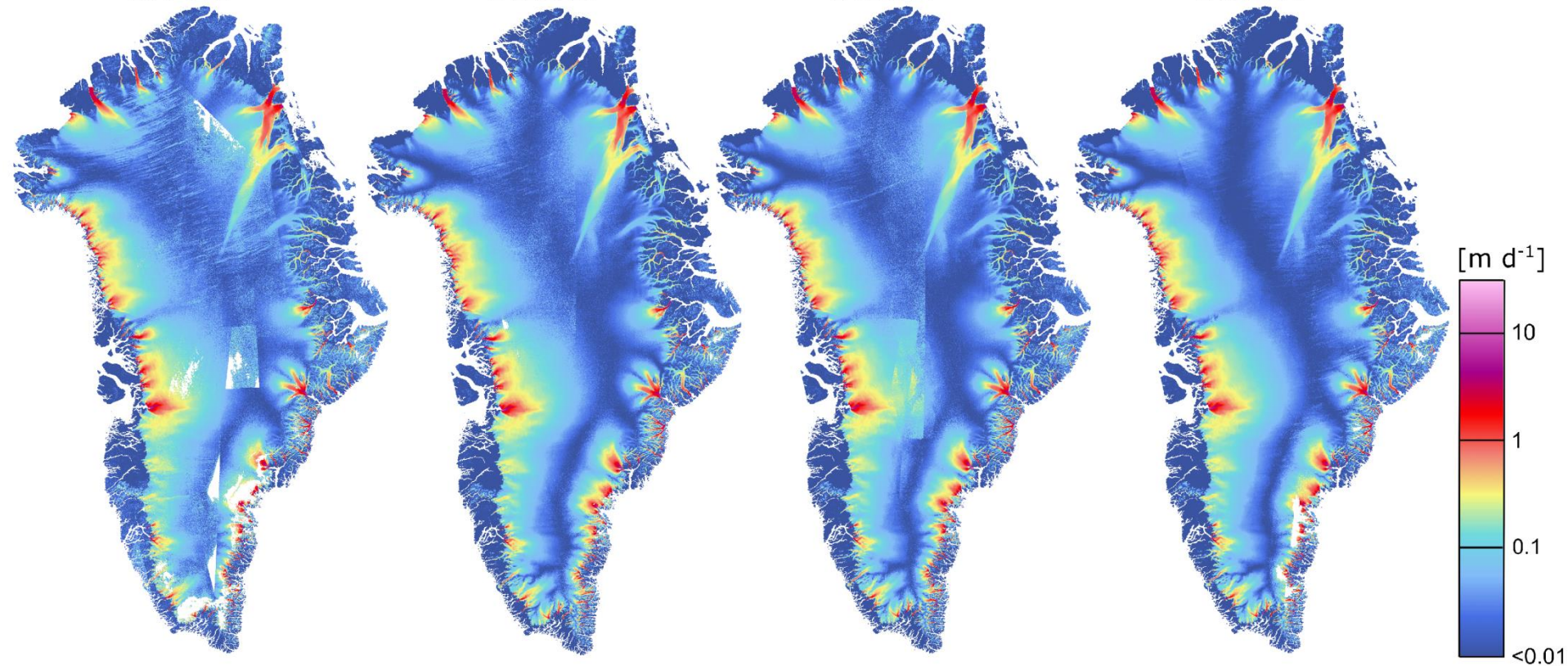


2014/15

2015/16

2016/17

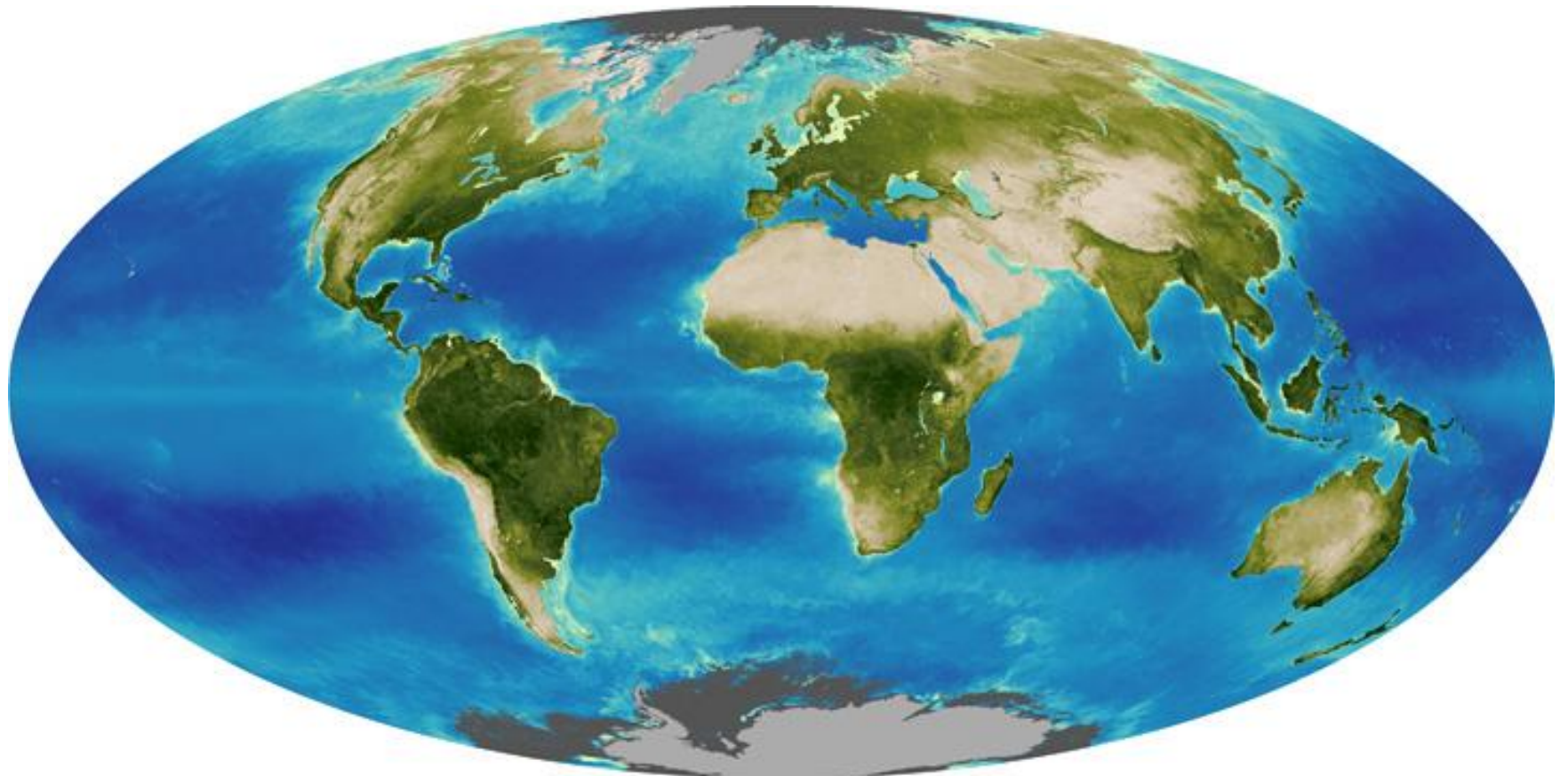
2017/18



Rola kriosfery w systemie klimatycznym

- wpływa na bilans energii (wysokie albedo śniegu i lodu)
- wpływa na poziom światowego oceanu
- wpływa na cyrkulację oceaniczną w wysokich szerokościach geograficznych i nie tylko
- bierze udział w szeregu sprzężeń zwrotnych w systemie klimatycznym

Biosfera



Chlorophyll Concentration (mg/m³)

Vegetation Index

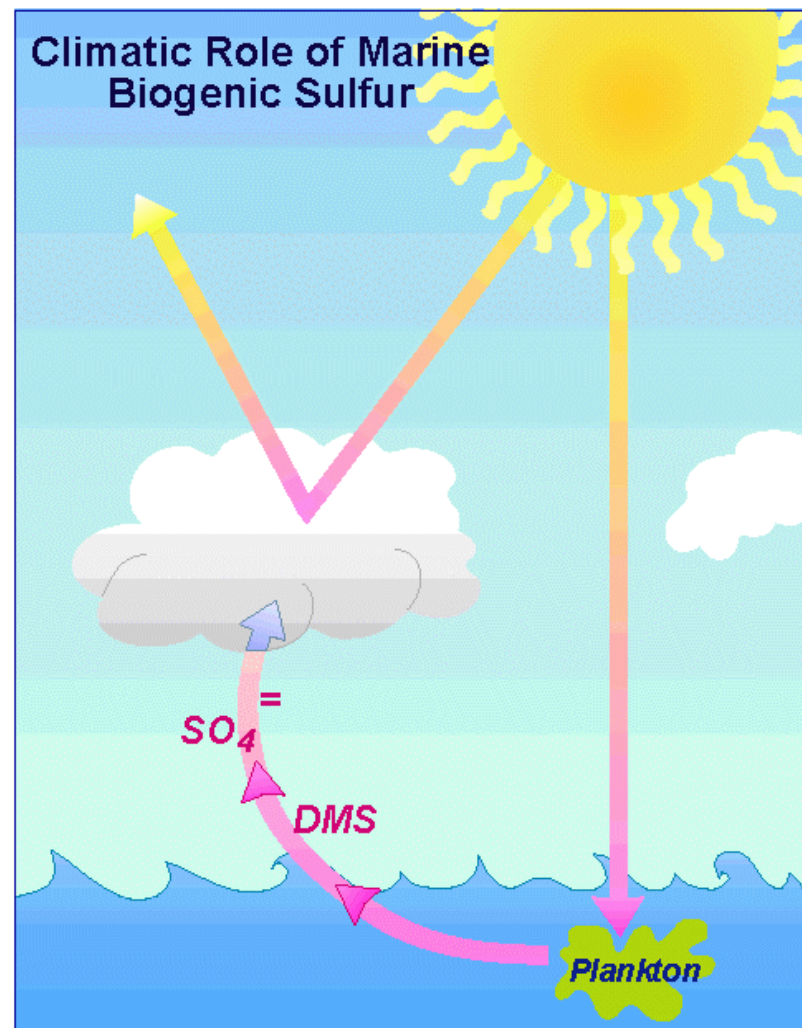
0.01 0.1 1 10 50

0.2 0.4 0.6 0.8

Rola biosfery w systemie klimatycznym

- Obieg węgla, produktywności biosfery
- Wpływ na bilans energii, wymianę pary wodnej (transpiracja)
- Emisja DMS i innych prekursorów aerozoli

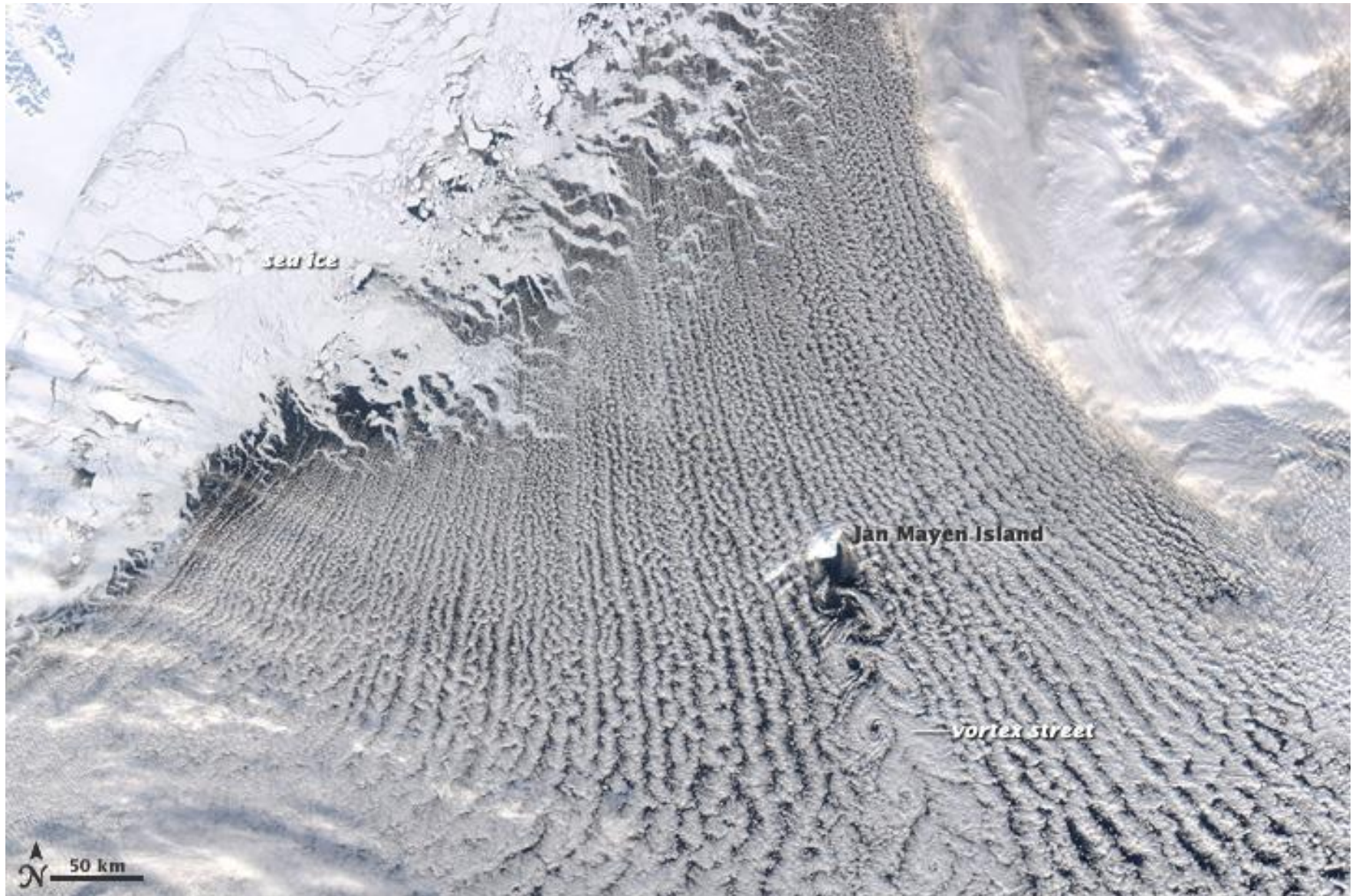
Charlson et al. (*Nature*, 326:655-661, 1987)



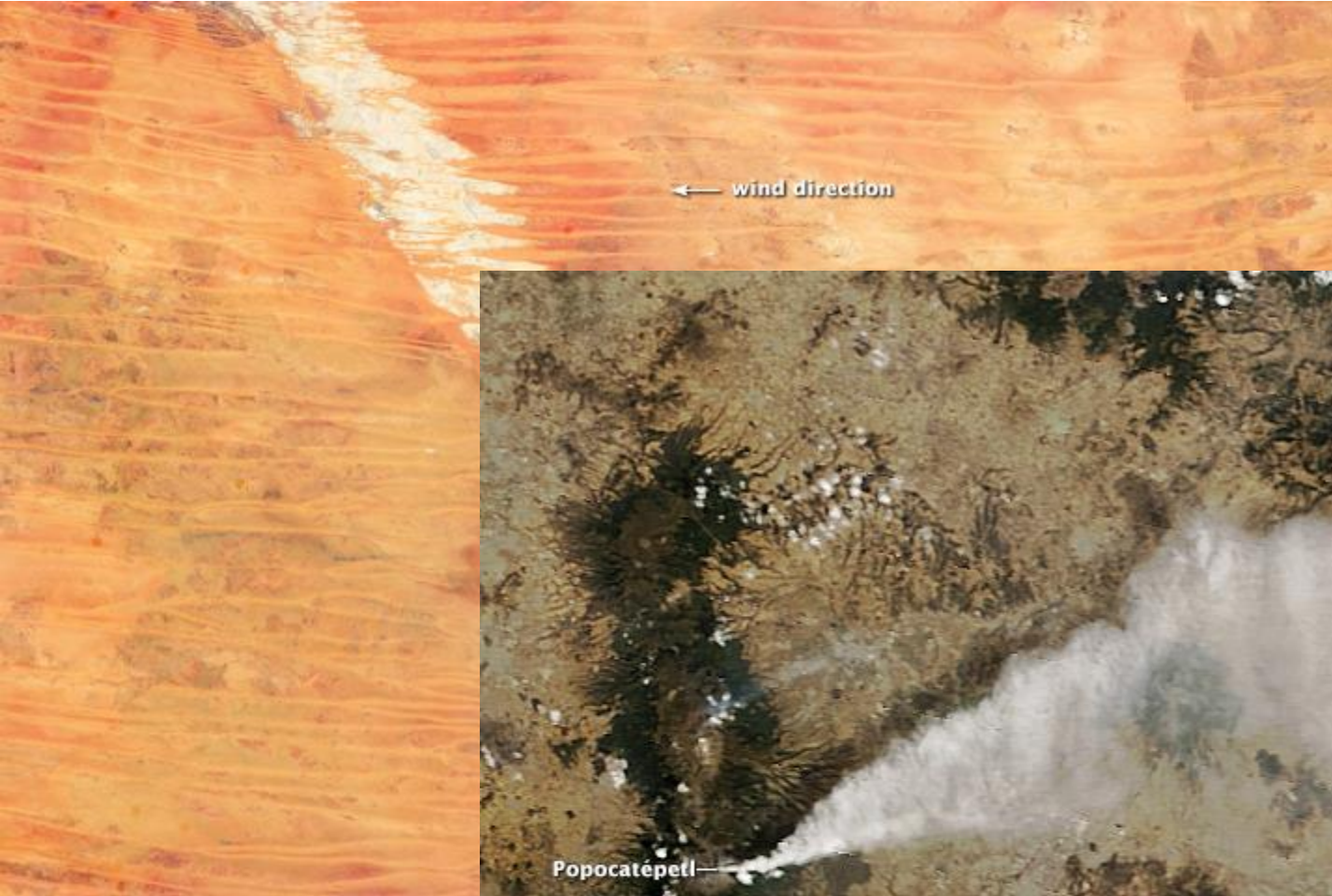
Litosfera

- zewnętrzna sztywna powłoka Ziemi obejmująca skorupę ziemską i warstwę perydotytową zaliczaną do górnej części płaszcza ziemskiego.
- miąższość litosfery wynosi od ok. 10-100 km a jej temperatura dochodzi do 700°C.
- wyróżnia się dwa zasadnicze rodzaje litosfery: kontynentalną i oceaniczną.

Rola litosfery w systemie klimatycznym

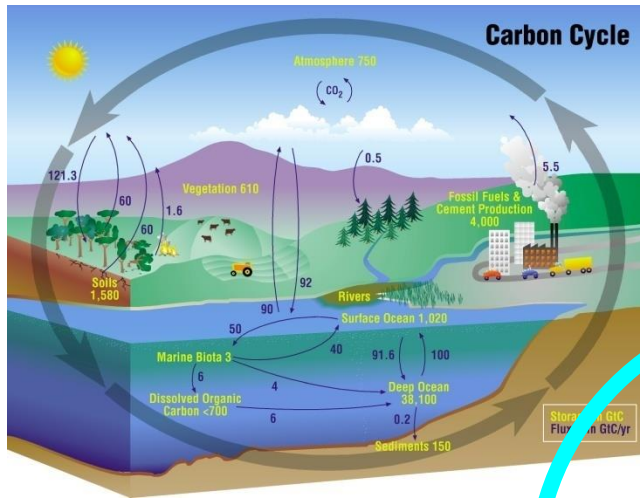


Rola litosfery w systemie klimatycznym

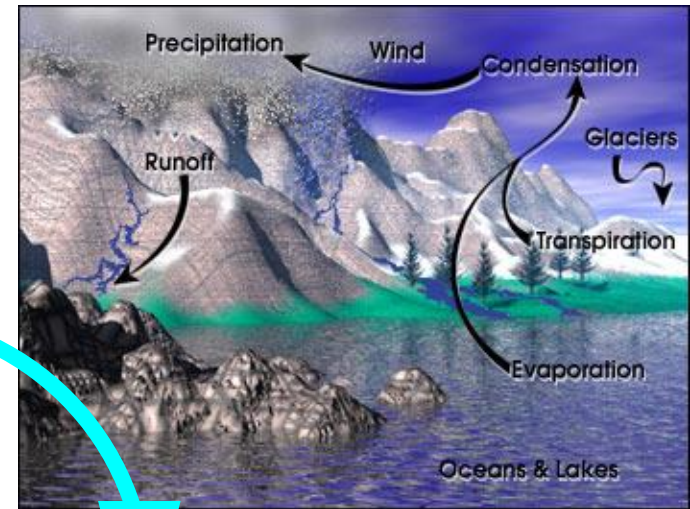


Procesy w systemie klimatycznym

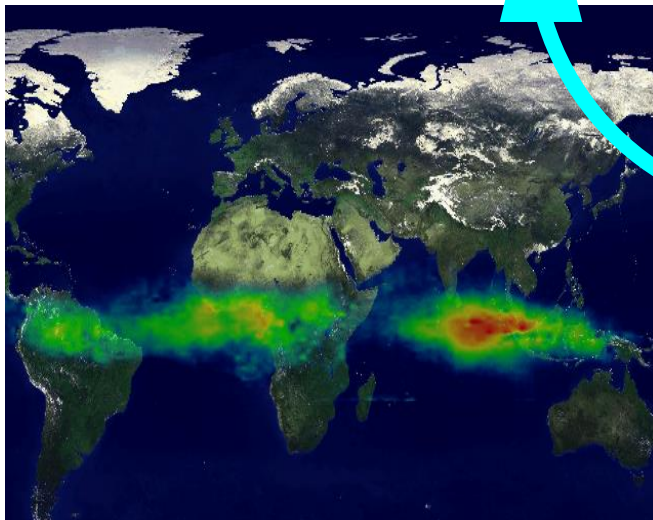
Obieg węgla



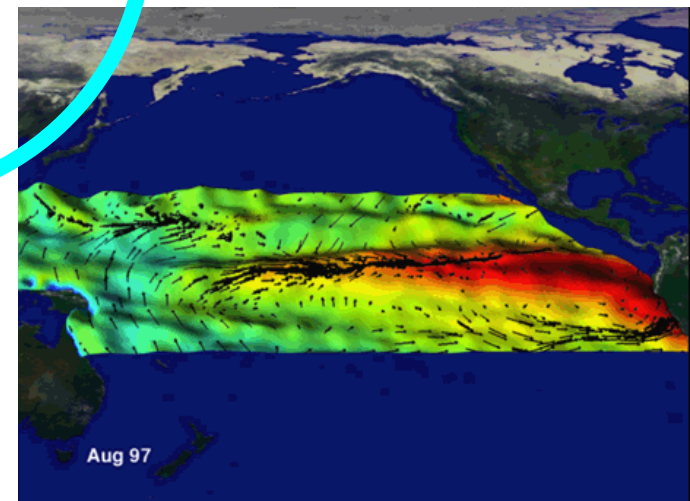
Obieg wody i energii



Reakcje chemiczne w atmosferze

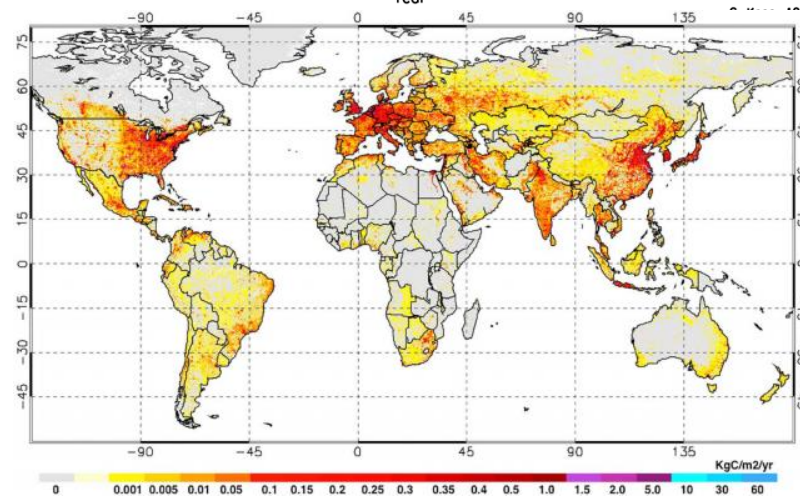
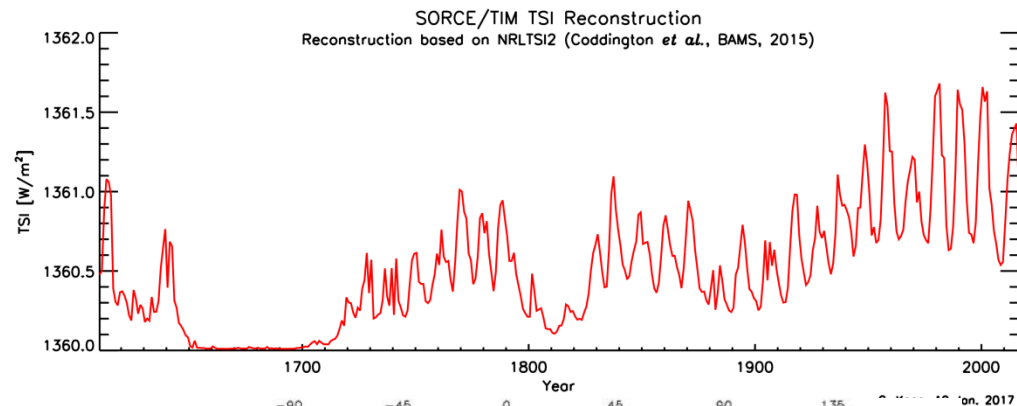
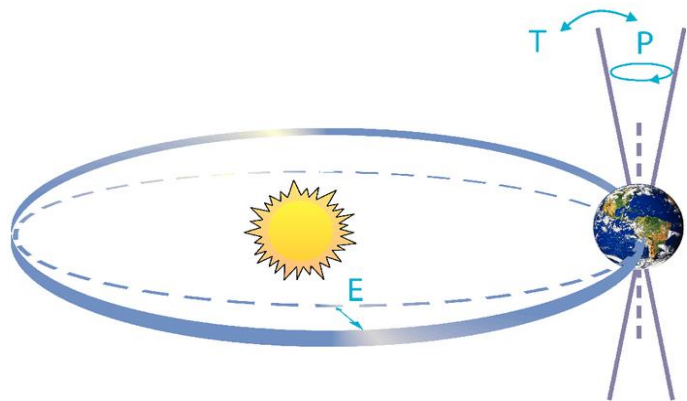


Dynamika atmosfery i oceanu



Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym.

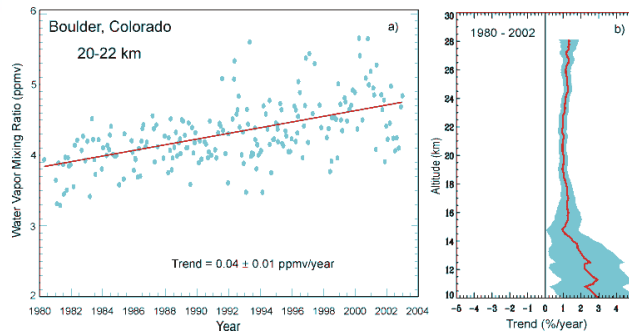
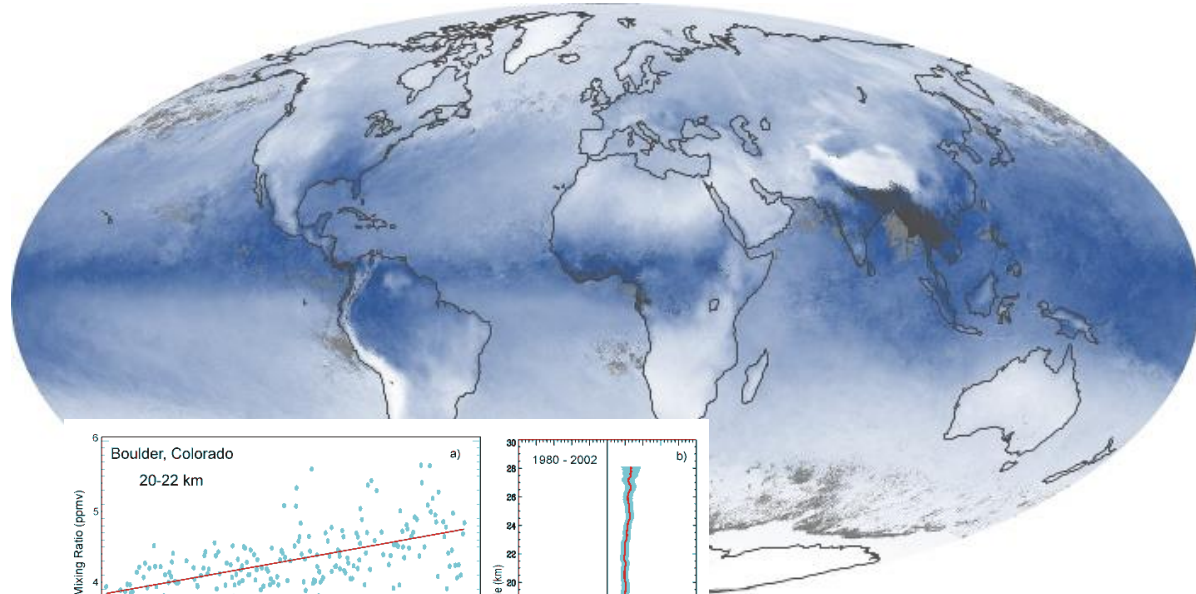
Wymuszenia inicjują zmiany klimatu.



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

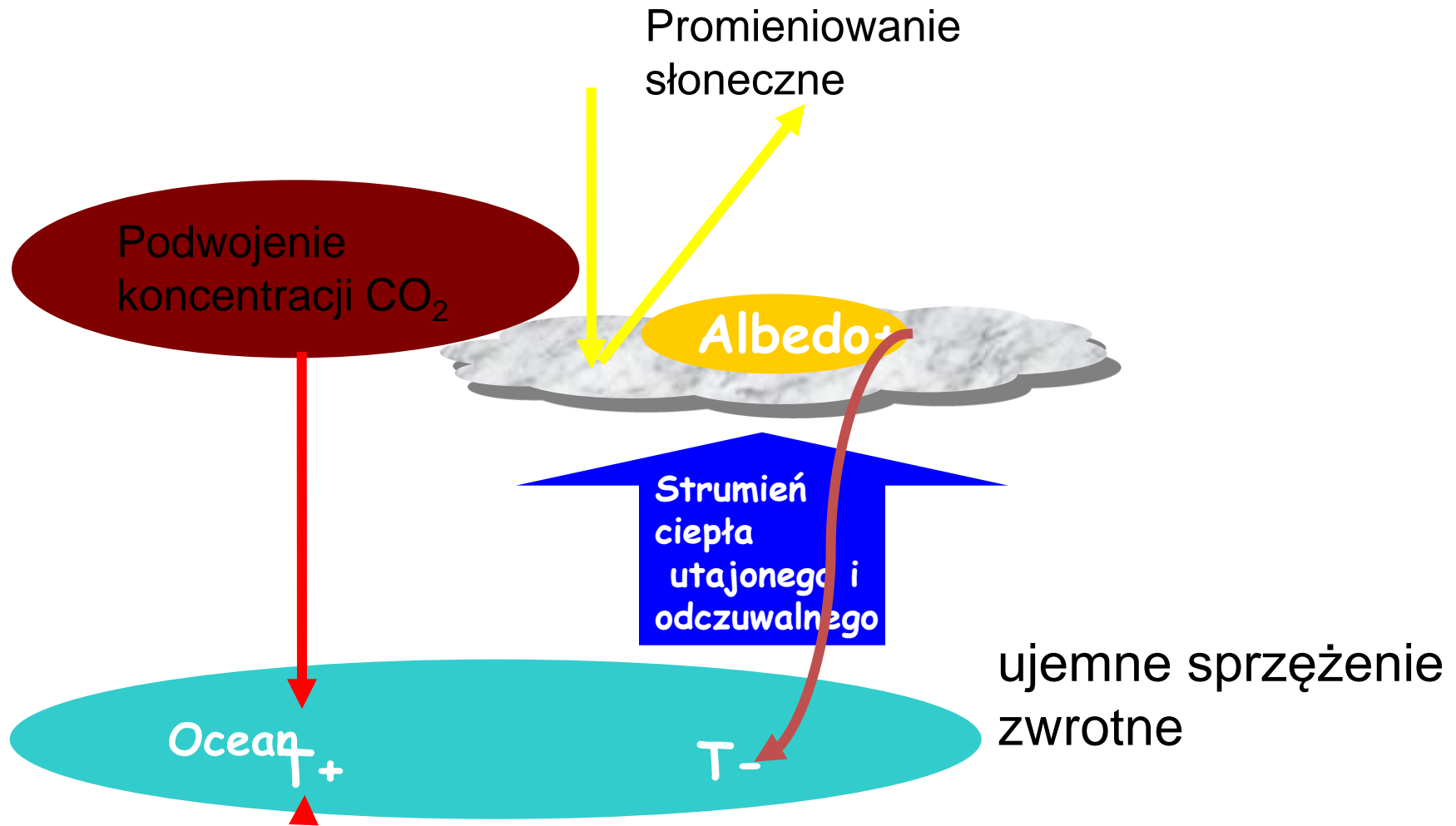
Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym.

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



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

Przykład sprzężenia zwrotnego w systemie klimatycznym Ziemi-Atmosfera



Badania klimatu

monitoring
zmienności

wymuszanie

odpowieź

konsekwencje

predykcja

