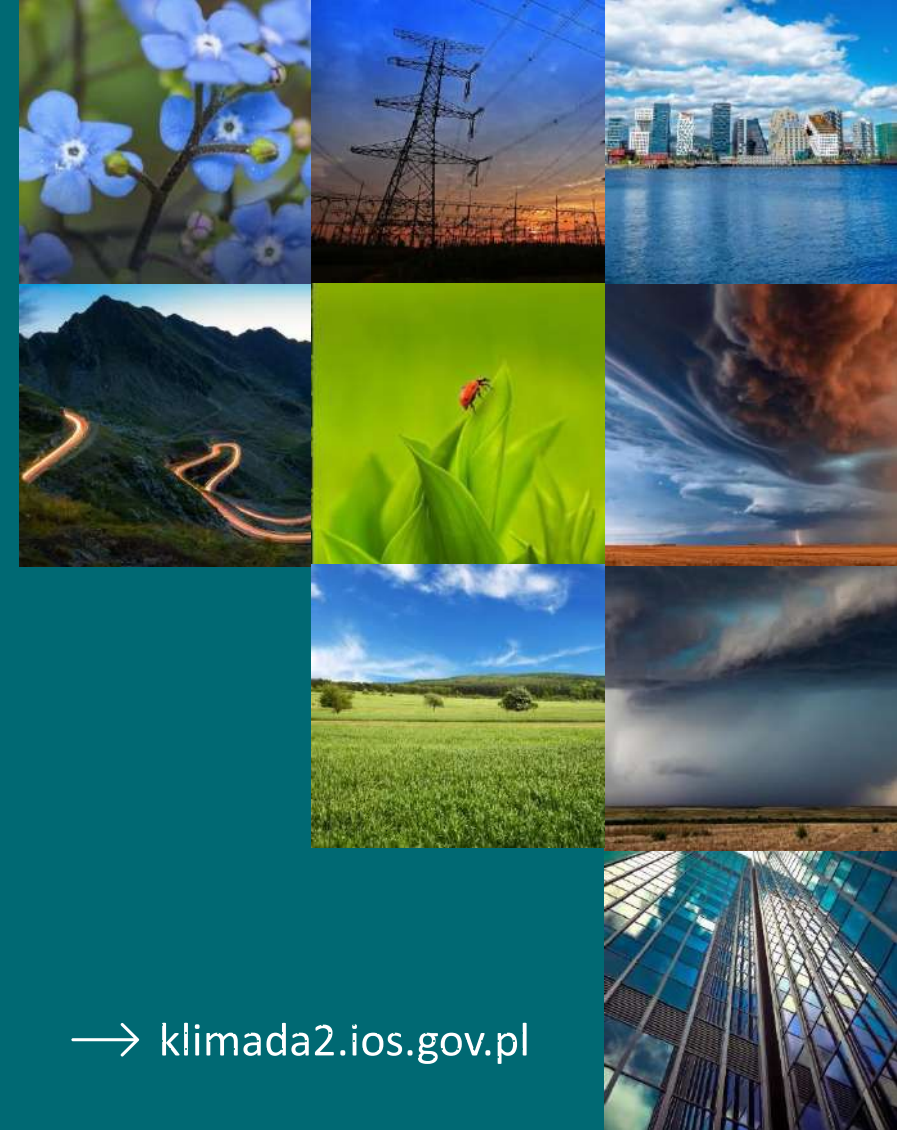




# Klimada 2.0

BAZA WIEDZY O ZMIANACH KLIMATU

Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększenia odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń



→ [klimada2.ios.gov.pl](http://klimada2.ios.gov.pl)



Unia Europejska  
Fundusz Spójności





**Klimada 2.0**  
BAZA WIEDZY O ZMIANACH KLIMATU

# Podstawy naukowe adaptacji do zmian klimatu – zmiany klimatu w skali globalnej

**Anna Romańczak**  
Zakład Zintegrowanego Monitoringu Środowiska IOŚ-PIB

→ [klimada2.ios.gov.pl](http://klimada2.ios.gov.pl)



**Fundusze Europejskie**  
Infrastruktura i Środowisko



**Rzeczpospolita  
Polska**



**IOŚ-PIB**  
Instytut Ochrony Środowiska  
Państwowy Instytut Badawczy

**Unia Europejska**  
Fundusz Spójności



# Współczesne zmiany klimatu

Jest bezdyskusyjne, że działalność człowieka ogrzała atmosferę, oceany i lądy. Wystąpiły powszechne i szybkie zmiany w atmosferze, oceanie, kriosferze i biosferze (WGI IPCC, AR6).

Skala ostatnich zmian w całym systemie klimatycznym oraz aktualny stan szeregu elementów systemu klimatycznego są bezprecedensowe w skalach czasowych od stuleci do wielu tysięcy lat (WGI IPCC, AR6).



## Pogoda a klimat

**Pogoda** to chwilowy stan atmosfery obserwowany w danym miejscu i czasie. Opisywany jest za pomocą elementów meteorologicznych, do których należą m.in.: temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne, prędkość i kierunek wiatru, zachmurzenie, występowanie opadów, itp.

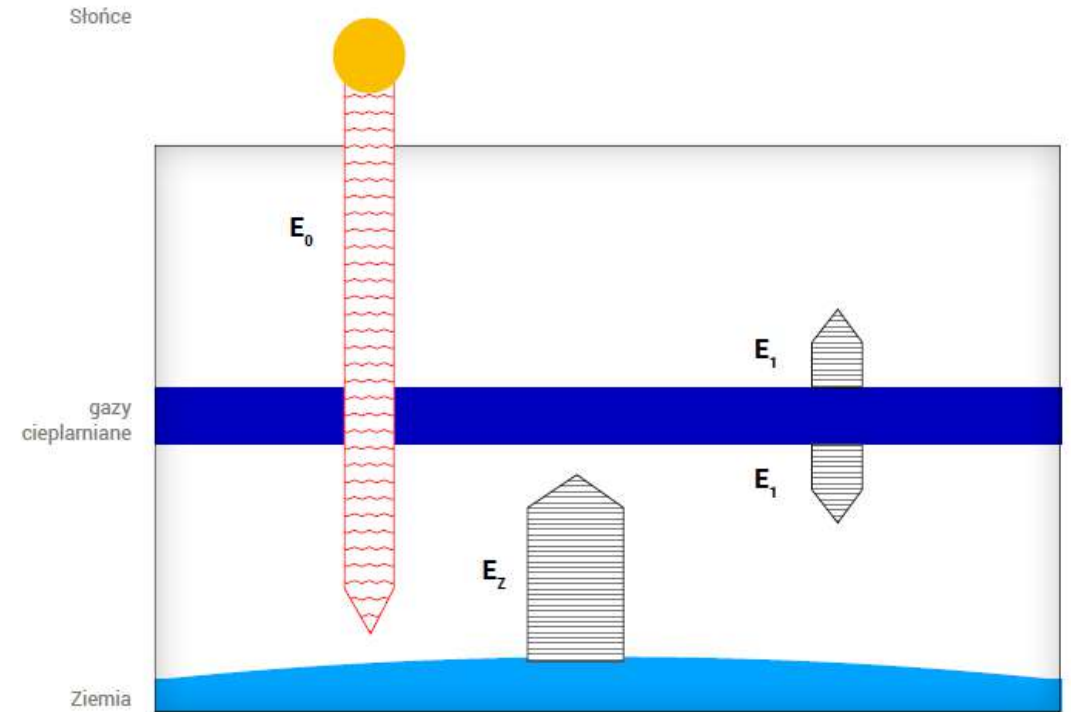
**Klimat** to ogół zjawisk atmosferycznych (warunków pogodowych) charakterystyczny dla danego obszaru, ustalany na podstawie minimum 30-letnich obserwacji meteorologicznych (uśredniony w czasie stan pogód). Kształtuje się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru.

Na podstawie doraźnych obserwacji pogody nie można wnioskować na temat klimatu.



## Bilans energetyczny Ziemi

- Słońce emituje do ziemskiego systemu klimatycznego promieniowanie krótkofalowe, widzialne.
- Większość tego promieniowania przenika swobodnie przez atmosferę, dociera do powierzchni Ziemi.
- Ziemia również promieniuje – wysyła w przestrzeń energię w postaci fal podczerwonych (promieniowanie długofalowe).
- Gazy cieplarniane przepuszczają promieniowanie słoneczne, ale pochłaniają promieniowanie emitowane przez Ziemię.



$E_0$  promieniowanie słoneczne

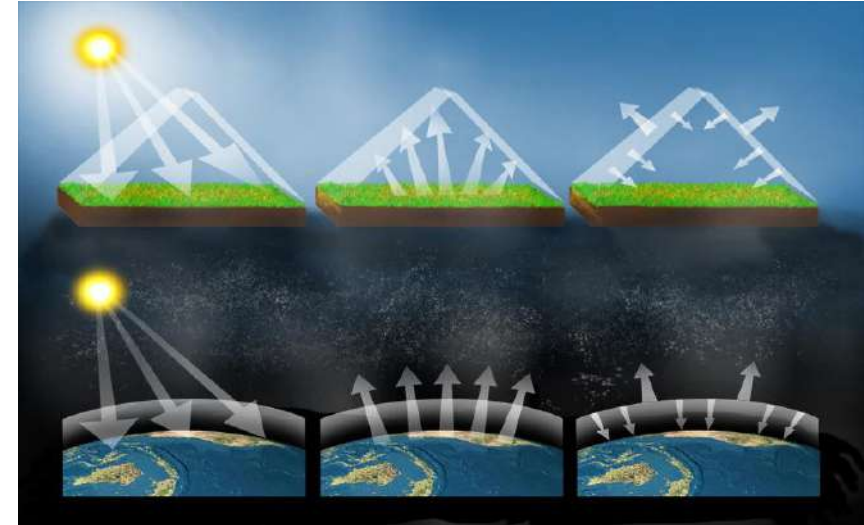
$E_z$  promieniowanie ziemskie

$E_1$  promieniowanie atmosfery  
a konkretnie zgromadzonych  
w niej gazów cieplarnianych.

*Uproszczony schemat bilansu energetycznego Ziemi  
Źródło: <https://klimatyczneabc.uw.edu.pl/>*

## Efekt cieplarniany

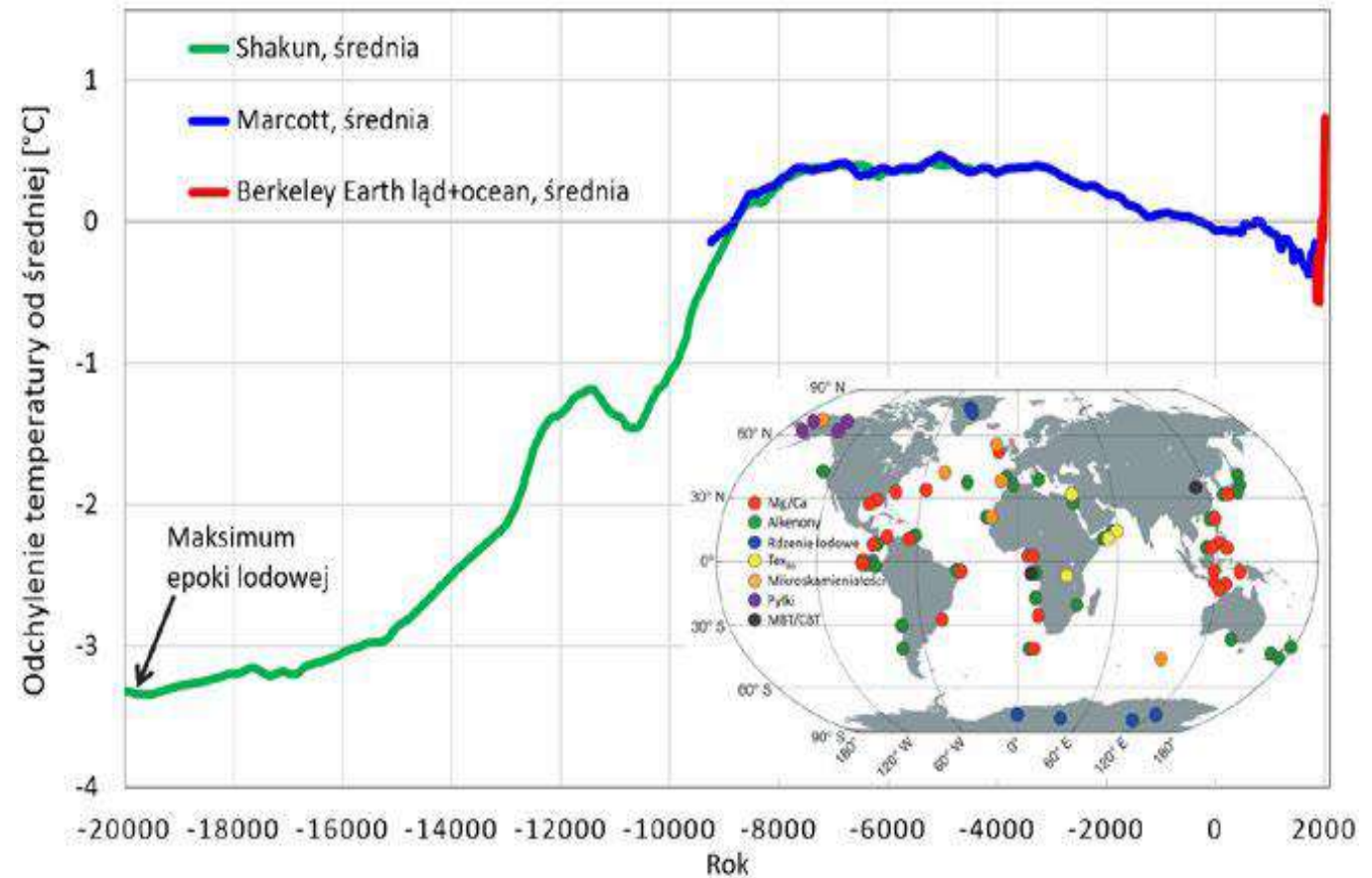
- Dzięki obecności gazów cieplarnianych w atmosferze temperatura powietrza panująca przy powierzchni Ziemi umożliwia istnienie życia na Ziemi (średnia globalna to ok. 15°C). Bez osłony tych gazów temperatura na naszej planecie wynosiłaby około -20°C .
- EFEKT CIEPLARNIANY to naturalne zjawisko polegające na podwyższeniu średniej temperatury planety w wyniku oddziaływania jej atmosfery z promieniowaniem podczerwonym emitowanym przez powierzchnię.
- Nadmierna ilość gazów cieplarnianych w atmosferze zaburza równowagę i prowadzi do nasilenia efektu cieplarnianego, w rezultacie wzrasta temperatura.



*Porównanie szklarni i atmosfery ziemskiej*  
Źródło: <http://klimat.czn.uj.edu.pl>

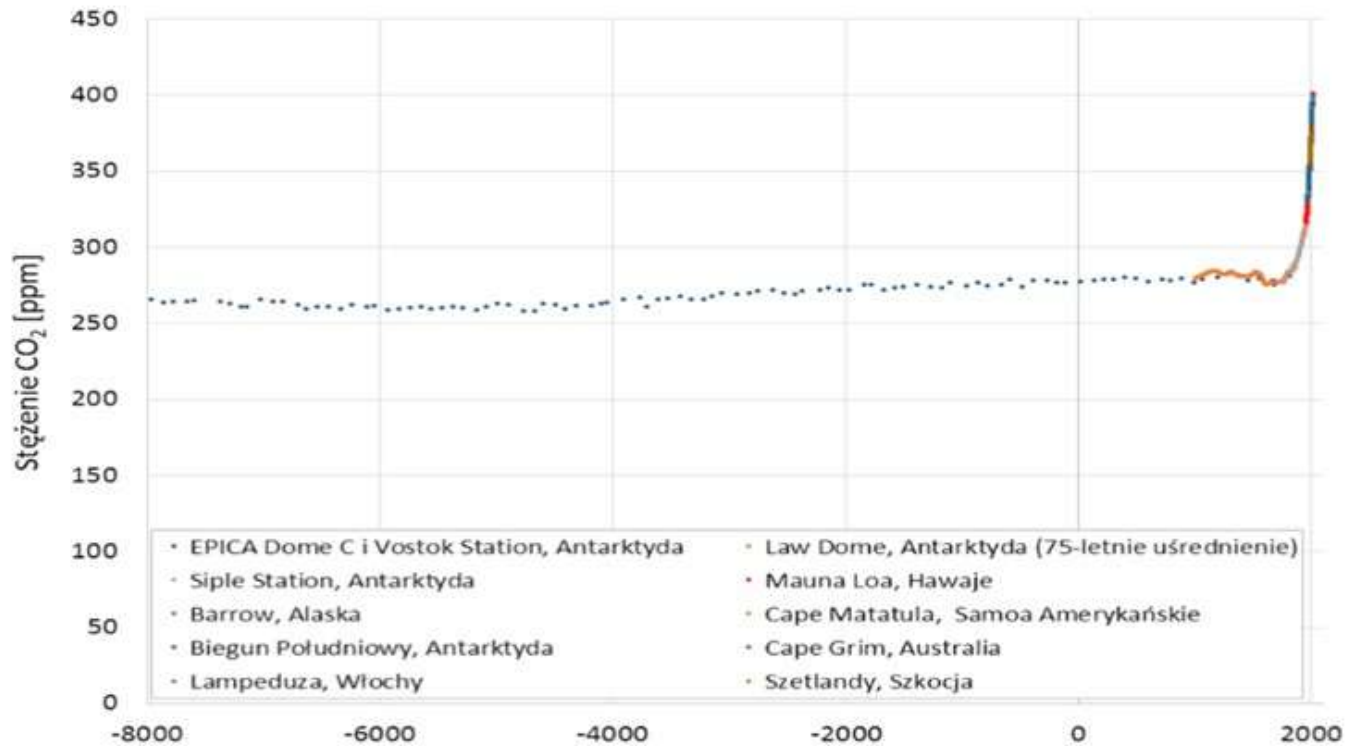
## Klimat wczoraj, dziś i jutro

- Od drugiej połowy XIX wieku średnia temperatura wzrosła o około 1°C.
- Wyniki badań pokazują, że zmiany klimatu w historii planety występowały wielokrotnie.
- Pojawiały się również mniej intensywne okresy ocieplenia i ochłodzenia.



Anomalie średniej temperatury przy powierzchni Ziemi względem okresu 1961-1990  
Źródło: na podstawie Popkiewicz M, Kardaś A., Malinowski S., Nauka o klimacie"

## Zmiany koncentracji dwutlenku węgla



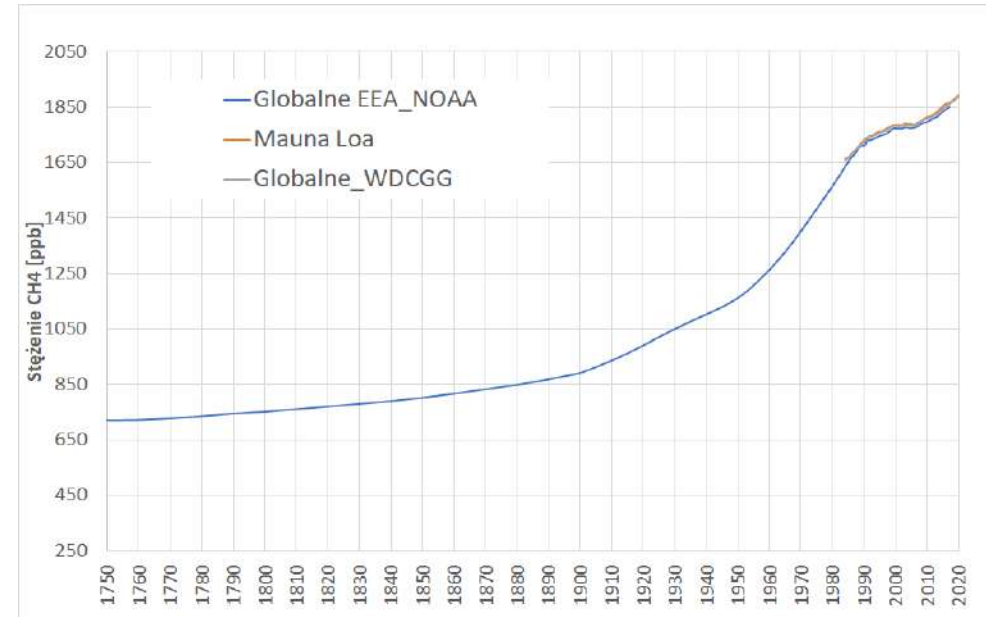
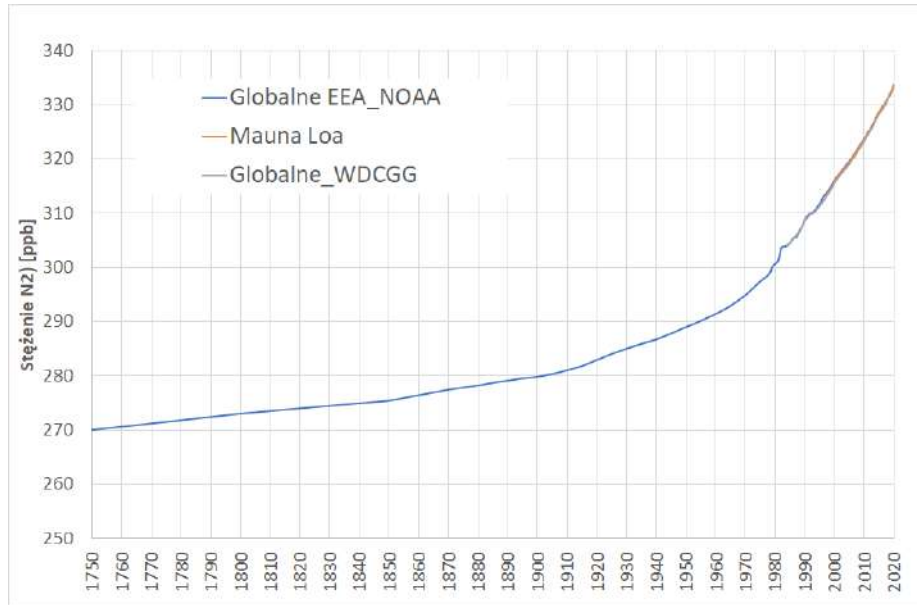
- Gdy Ziemia wychodziła z epoki lodowej, stężenie dwutlenku węgla rosło w tempie 1 ppm na stulecie (z poziomu 180 do 270 ppm). W ostatnich latach wzrost ten jest 2 razy szybszy (2 ppm rocznie).
- Globalna koncentracja CO<sub>2</sub> wzrosła z ~277 ppm w roku 1750 do 417,2 ppm w roku 2022 (o 51%)

Zmiany atmosferycznej koncentracji CO<sub>2</sub>

Źródło: Popkiewicz M, Kardaś A., Malinowski S., Nauka o klimacie



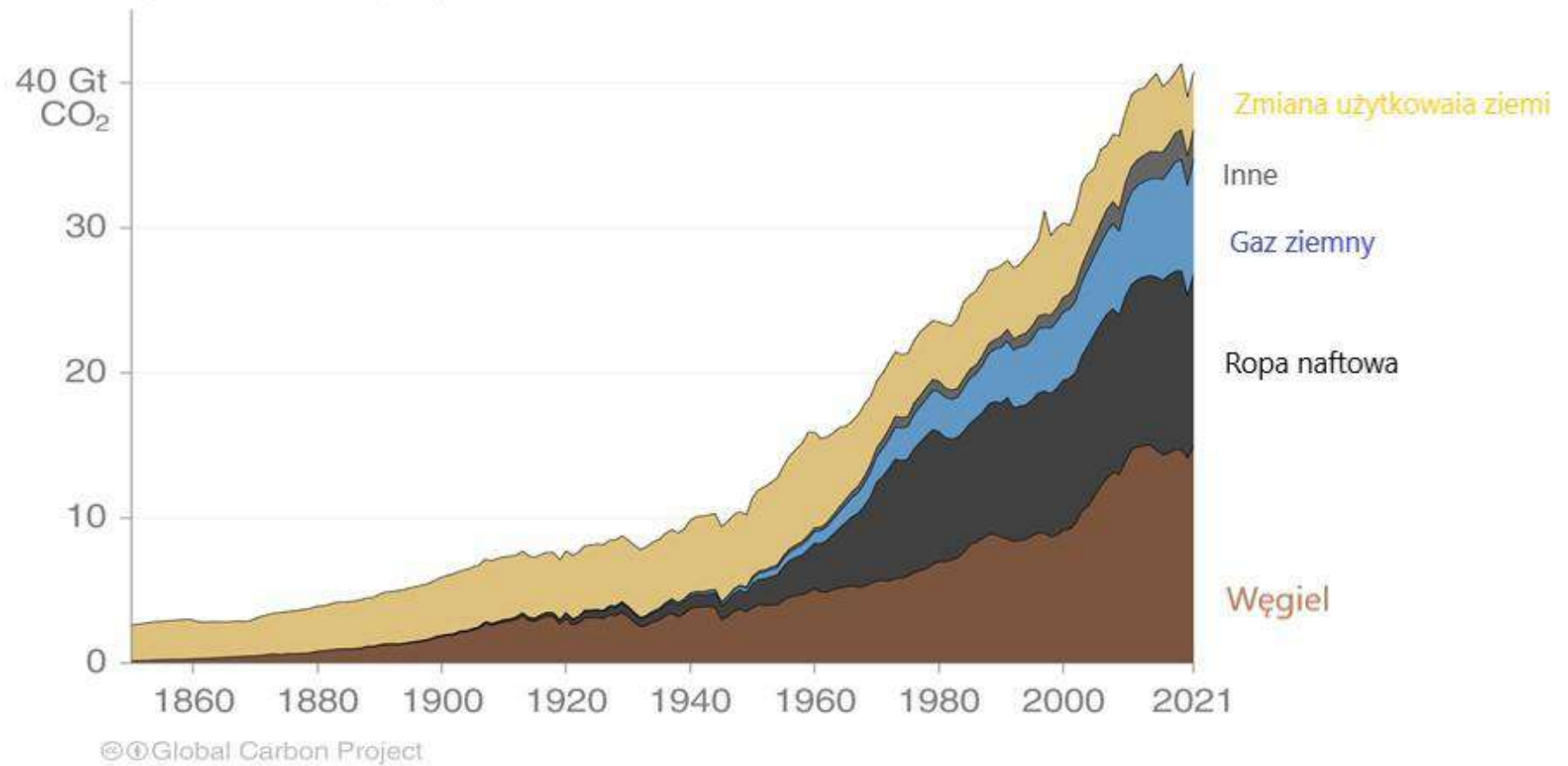
## Zmiany koncentracji gazów cieplarnianych - N<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub>



Dane ze Stacji Mauna Loa; Źródło danych: WMO, 2021b; Dlugokencky et al., 2021; EEA/NOAA

- Sytuacja związana z wysoką koncentracją dotyczy nie tylko dwutlenku węgla, ale również innych gazów cieplarnianych
- Zaobserwowany wzrost stężenia gazów cieplarnianych od około 1750 r. jest bezdyskusyjnie spowodowany działaniami człowieka

## Antropogeniczne emisje CO<sub>2</sub> wg źródeł



Źródło: [Friedlingstein et al 2022](#); [Global Carbon Project 2022](#)

# Bilans emisji i pochłaniania CO<sub>2</sub> (2012-2021)

**Źródło = Pochłaniacz/Zbiornik**



35,2 GtCO<sub>2</sub>/rok  
**89%**

19,1 GtCO<sub>2</sub>/rok  
**48%**



**11%**  
4,5 GtCO<sub>2</sub>/rok

**29%**  
11.4 GtCO<sub>2</sub>/yr



**26%**  
10,5 GtCO<sub>2</sub>/rok

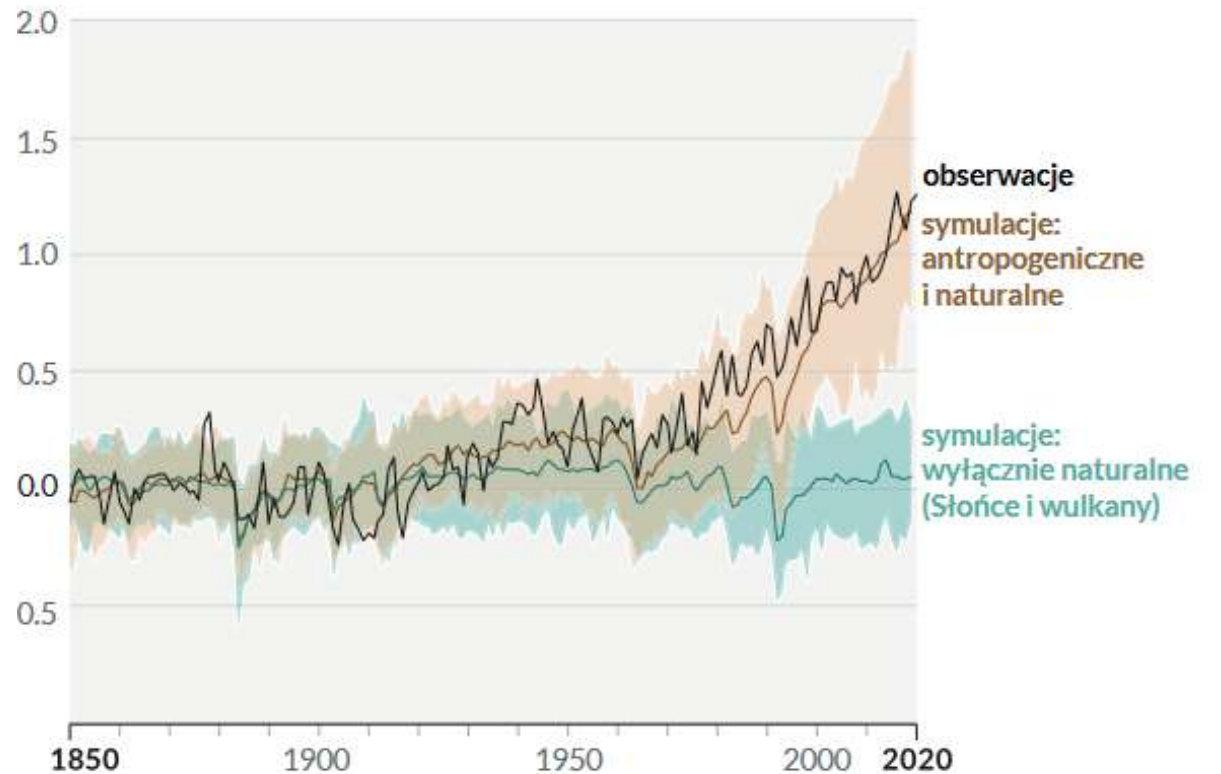


Nierównowaga bilansu węglowego:  
(różnica między emisją i pochłanianiem)

**3%**  
-1.2 GtCO<sub>2</sub>/rok

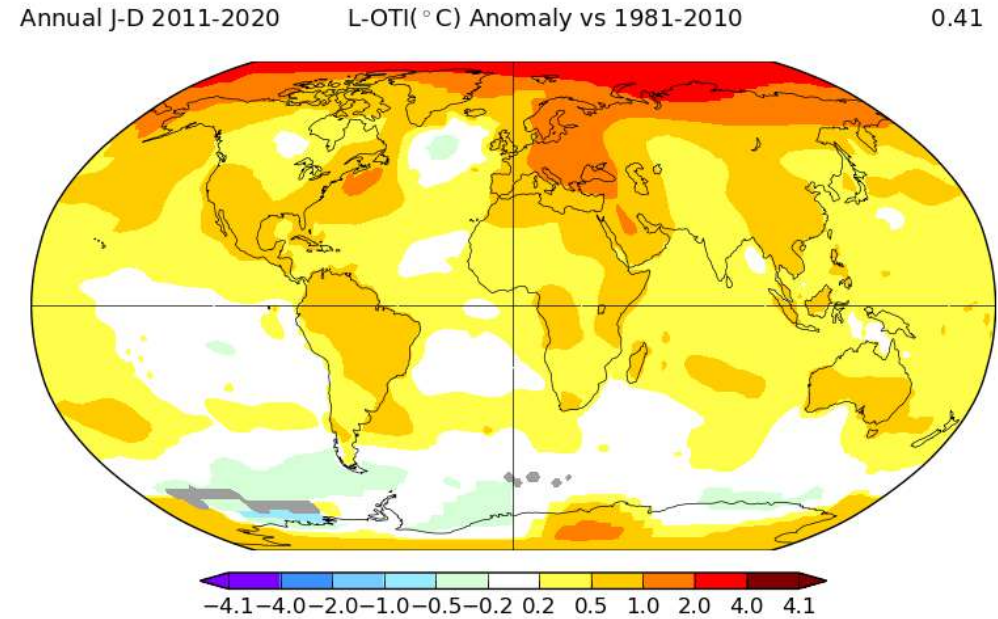
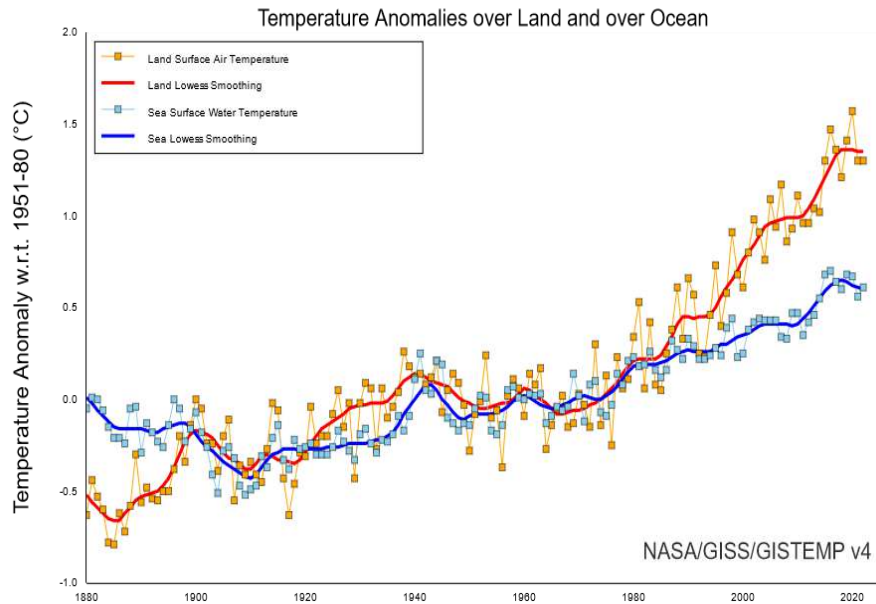
# Zmiana globalnej średniej rocznej temperatury (obserwowana i symulowana)

Zmiany temperatury powierzchni Ziemi  
względem okresu 1850–1900



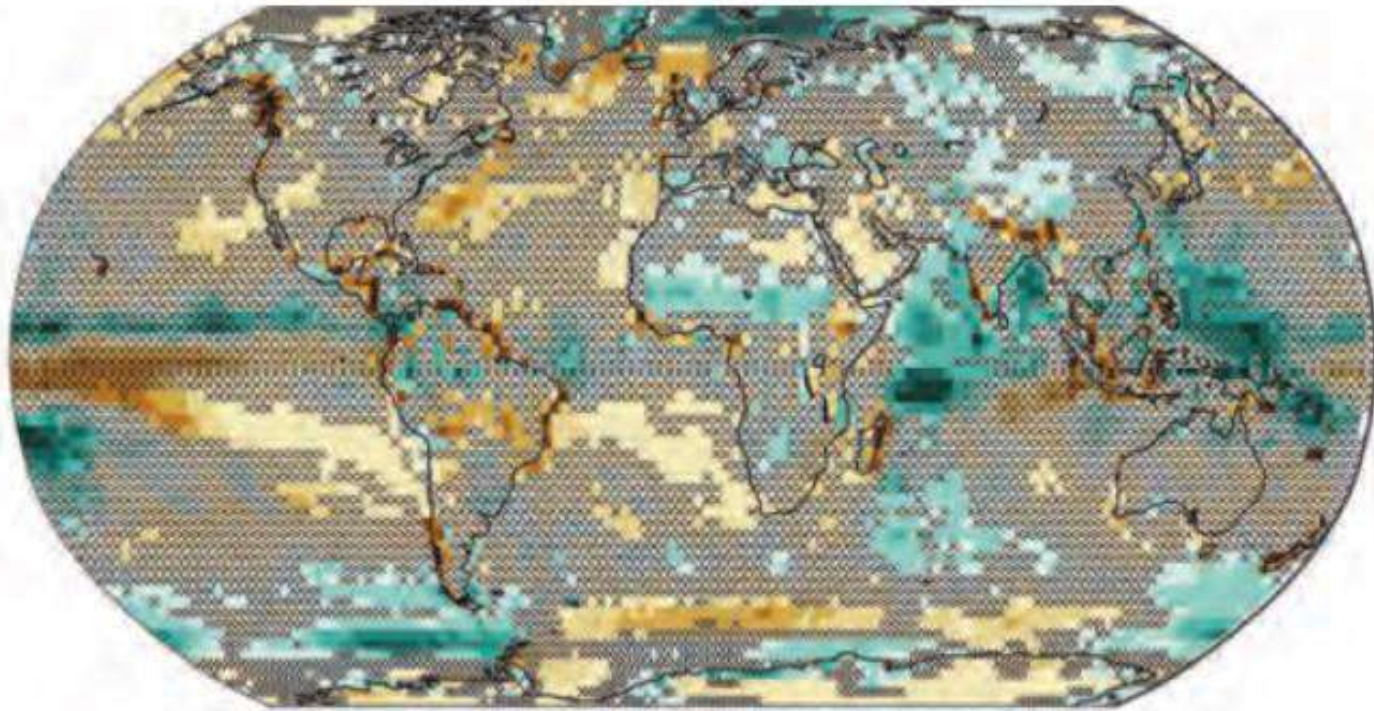
Źródło: IPCC, AR6, 2021

# Zróźnicowanie regionalne zmienności temperatury powietrza



- Lądy ogrzewają się silniej niż oceany
- Rozkład geograficzny zmian średniej rocznej temperatury w okresie 2011-2020 względem 1981-2010:
  - Największy wzrost temperatury w obszarach polarnych półkuli północnej (o blisko 2,5°C)
  - Ocieplenie w szerokościach umiarkowanych o 0,5-2,0°C
  - Miejscowe ochłodzenie południowych obszarów okołobiegunowych o 0,2-1,0°C.

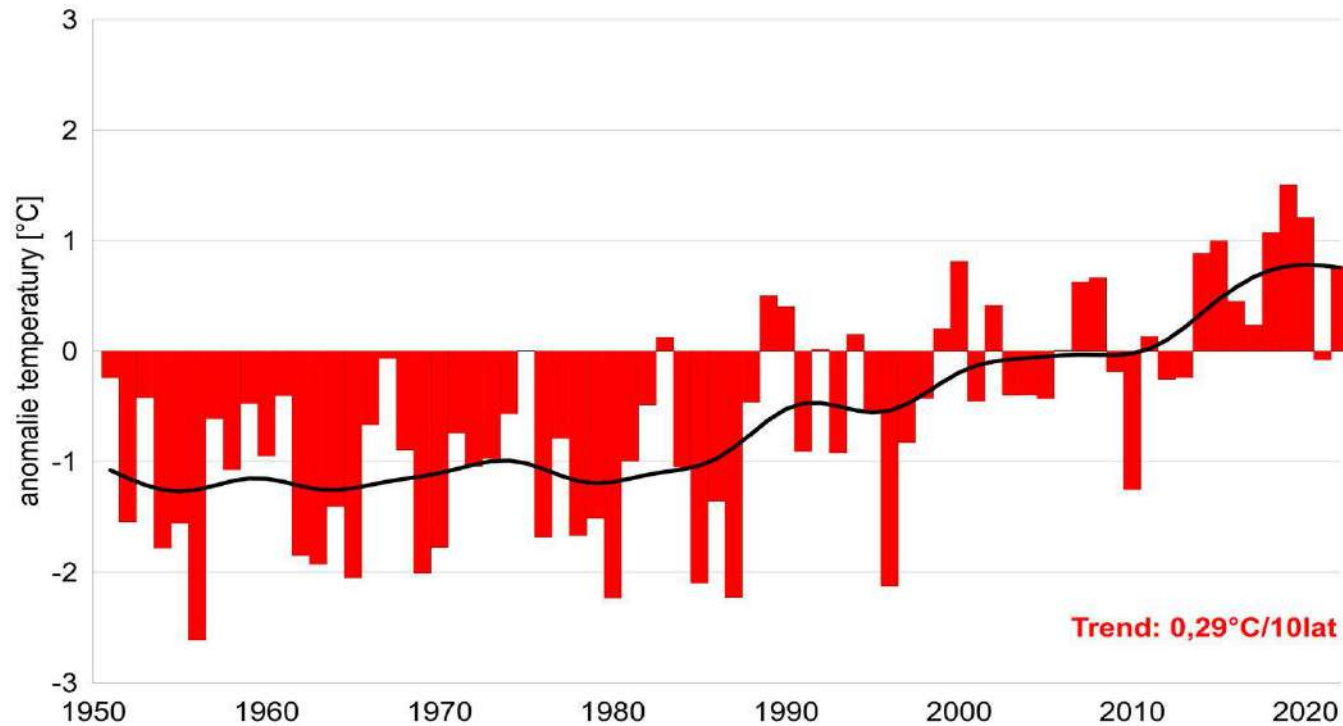
## Zmienność opadów w latach 1901-2019



xxx nieistotne trendy

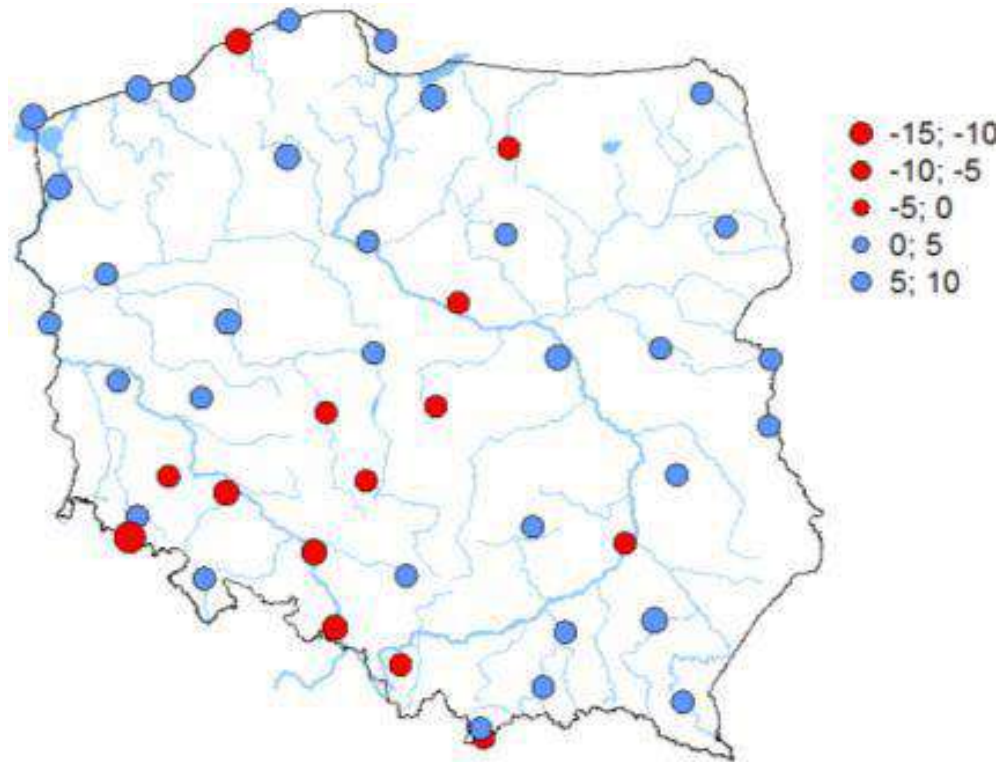


## Anomalie temperatury w Polsce



- Średnia roczna temperatura powietrza wzrastała o 0,29°C na dekadę w porównaniu do średniej wieloletniej z okresu 1991-2020, co odpowiada wzrostowi temperatury od 1951 roku aż o 2,0°C

## Zmiana średniej rocznej sumy opadów w Polsce

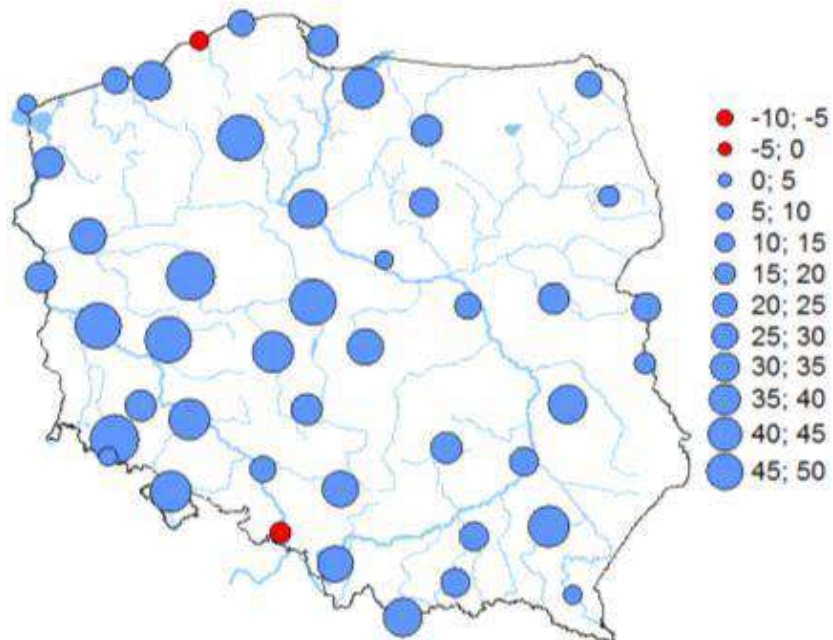


Procentowa zmiana średniej sumy rocznej opadu w latach 1991-2015  
w porównaniu do średniej z okresu 1961-1990

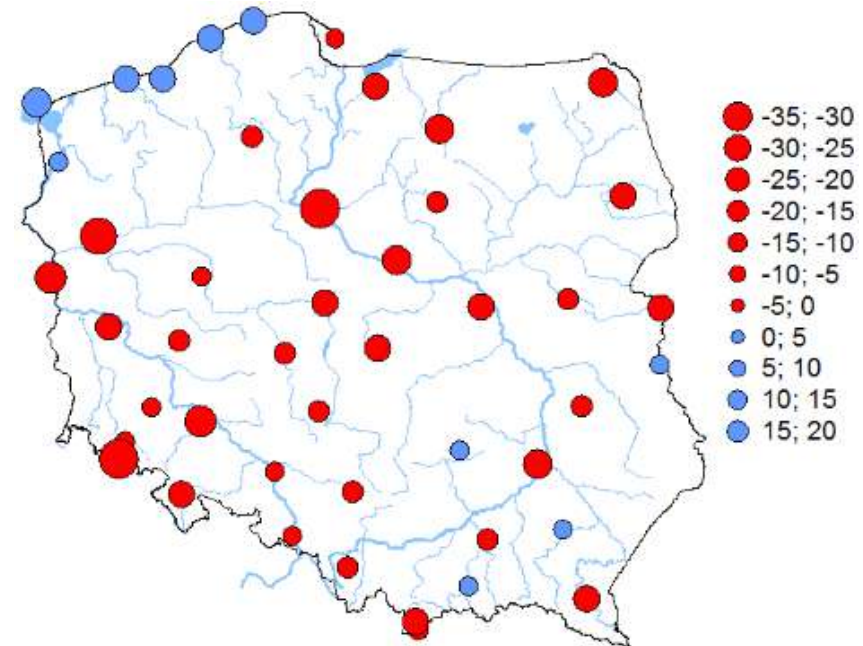


## Zmiana średniej miesięcznej sumy opadów w Polsce

Marzec



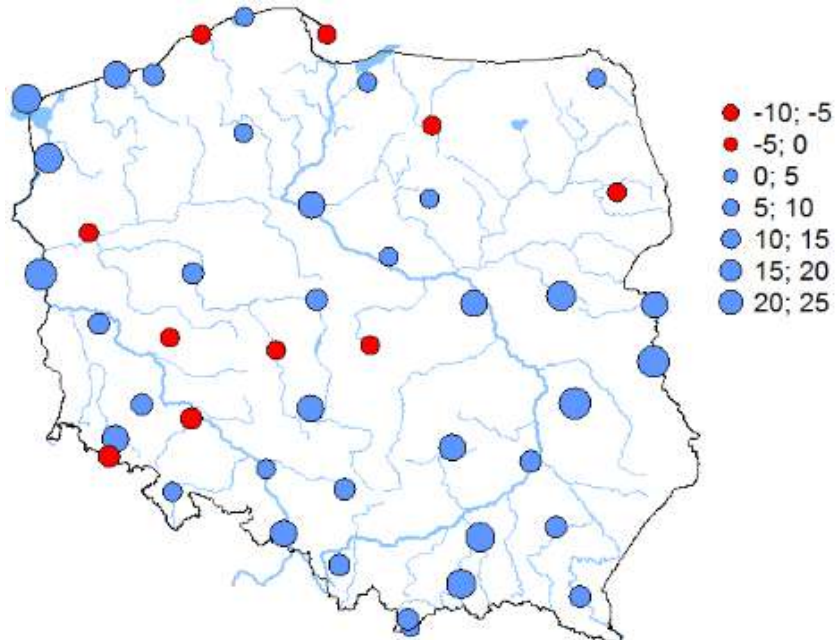
Czerwiec



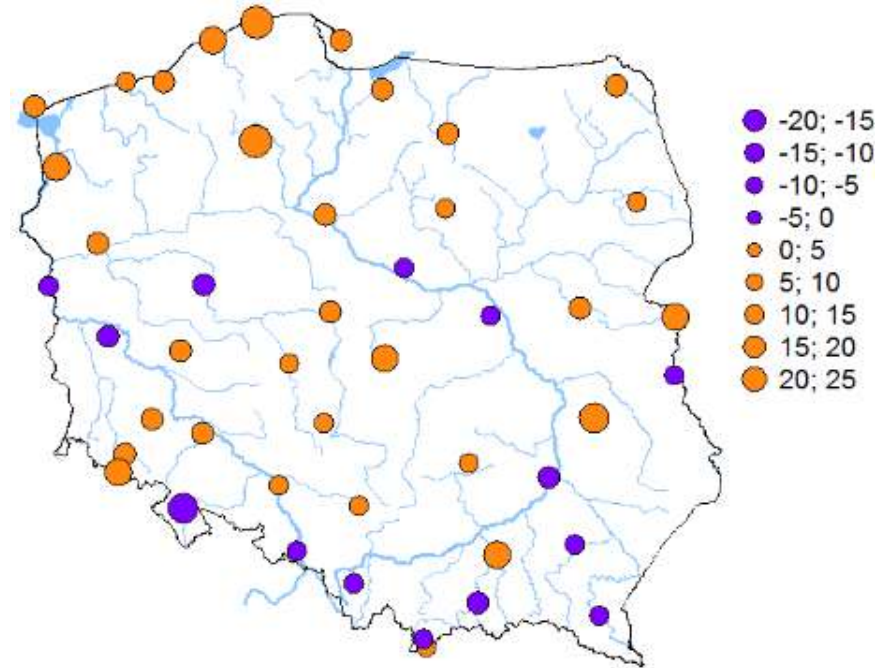
Procentowa zmiana średniej sumy opadów dla poszczególnych miesięcy - średnia dla okresu 1991-2015 w porównaniu do średniej dla okresu 1961-1990

# Zjawiska klimatyczne w Polsce – maksymalne opady i okresy suche

Śrd max miesięczna suma opadów



Śrd najdłuższy okres suchy



Procentowa zmiana średniej maksymalnej miesięcznej sumy opadu i średniego najdłuższego okresu suchego (z opadem dobowym poniżej 1 mm) od kwietnia do września dla okresu 1991-2015 w porównaniu do średniej z 1961-1990

# Prognozowanie przyszłości klimatu

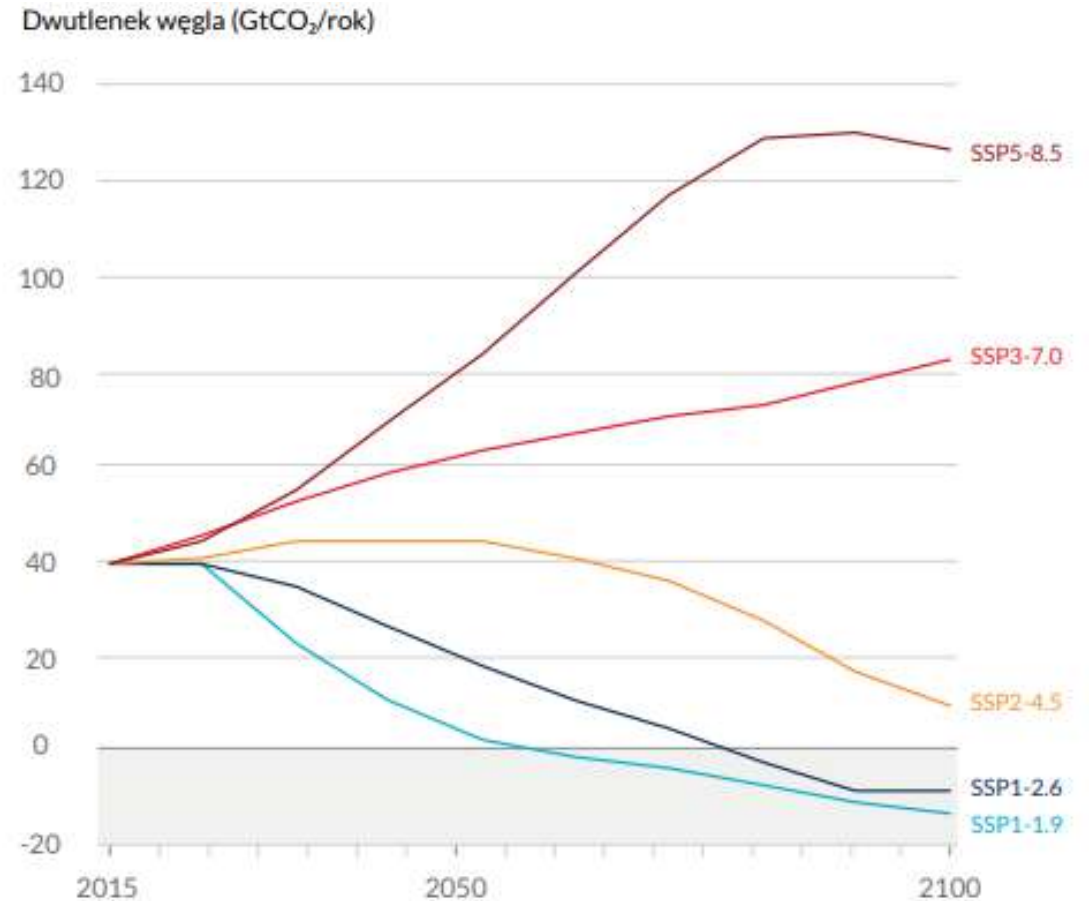
- Modele klimatu są liczbowym przedstawieniem systemu klimatycznego - bardzo skomplikowanego układu, którego elementami są atmosfera, hydrosfera, kriosfera, biosfera i litosfera, wraz z całością wzajemnie powiązanych zjawisk i procesów w tym układzie.
- System klimatyczny pozostaje pod wpływem wewnętrznej dynamiki (wzajemne relacje i interakcje) oraz zewnętrznych wymuszeń (np. aktywność Słońca, konsekwencje spalania paliw kopalnych).
- Prognozy przyszłych zmian klimatu to wynik modeli, tworzony przez symulacje interakcji zachodzących między częściami systemu klimatycznego i zewnętrznymi wymuszeniami
- Modele klimatu nie są doskonałe, zostały jednak zbudowane w oparciu o prawa fizyki, a doświadczenia pokazują, że symulacje z ich użyciem odtwarzają zmiany klimatu w przeszłości
- Prognozy klimatu dostarczają informacji do podejmowania świadomych decyzji dotyczących przyszłych działań w zakresie walki ze zmianami klimatu i przystosowania się do tych zmian

# Scenariusze zmian klimatu



## Scenariusze przyszłych emisji gazów cieplarnianych

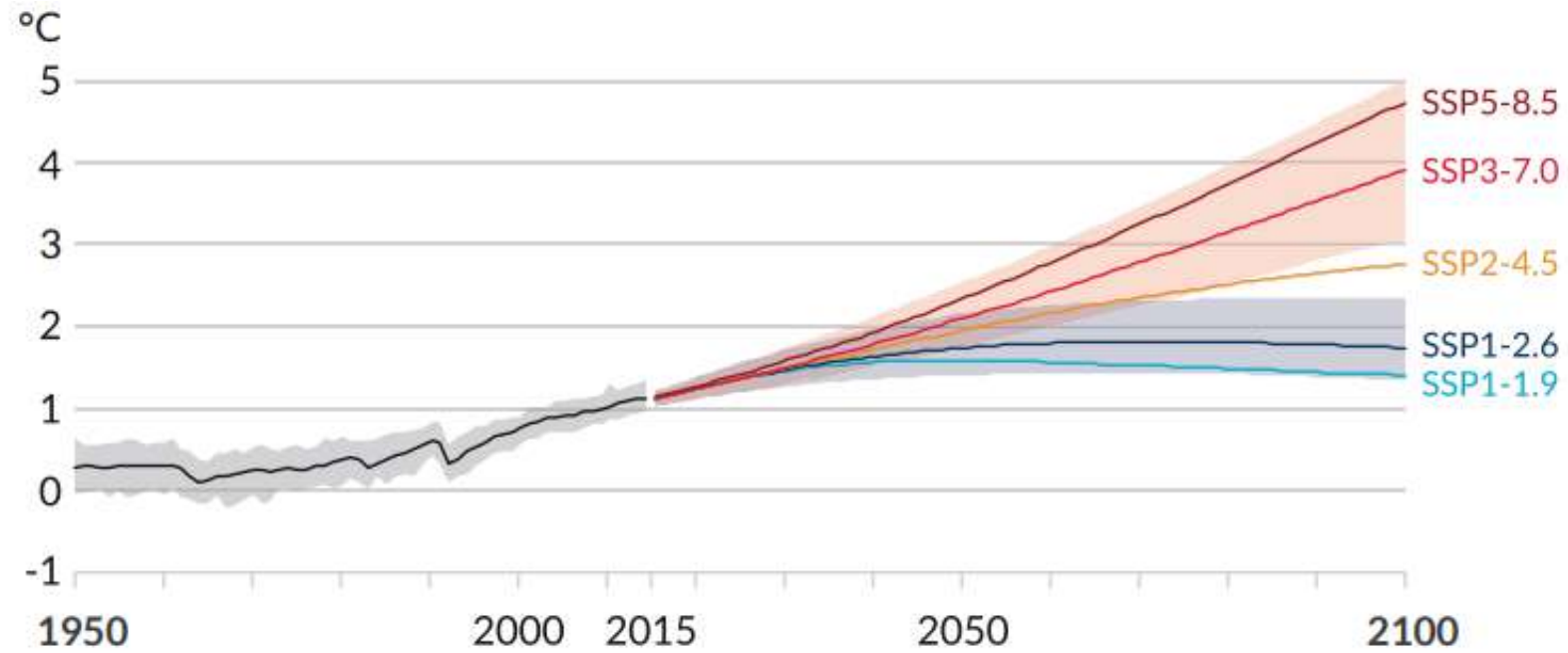
Czy ludzkość będzie dalej stosować te same rozwiązania społeczne i techniczne co dotąd i emitować stale coraz więcej gazów cieplarnianych aż do wyczerpania zasobów paliw kopalnych ?



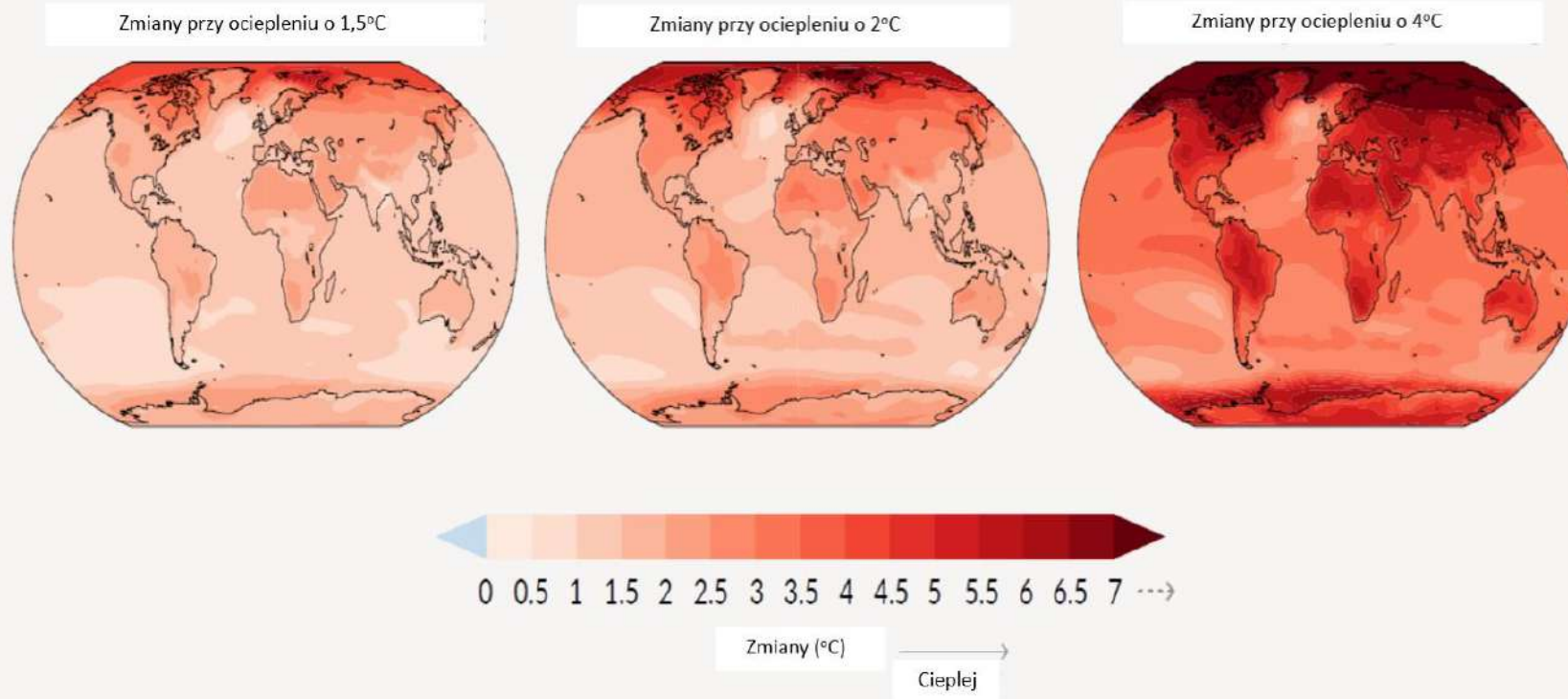
Emisje dwutlenku węgla dla pięciu scenariuszy rozwoju społeczno-ekonomicznego

Źródło: IPCC AR6 2021

## Scenariusze klimatyczne: globalna temperatura powietrza



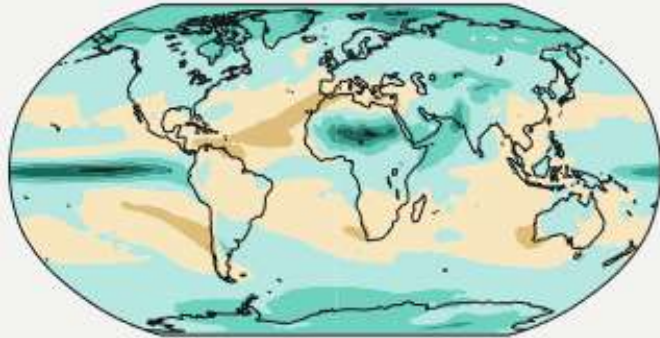
## Prognozowane zmiany średniej rocznej temperatury



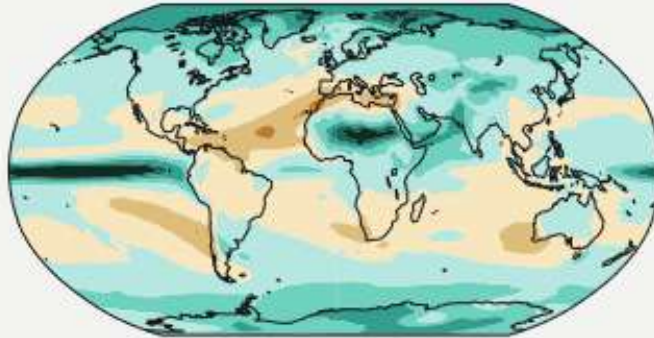
- Symulowane zmiany średniej rocznej temperatury powietrza w stosunku do okresu **1850–1900** dla globalnego ocieplenia **o 1,5°C, 2°C i 4°C**.
- Skrajności wraz z przyrostem ocieplenia staną się częstsze i wyraźniejsze

# Prognozowane zmiany średnich opadów rocznych

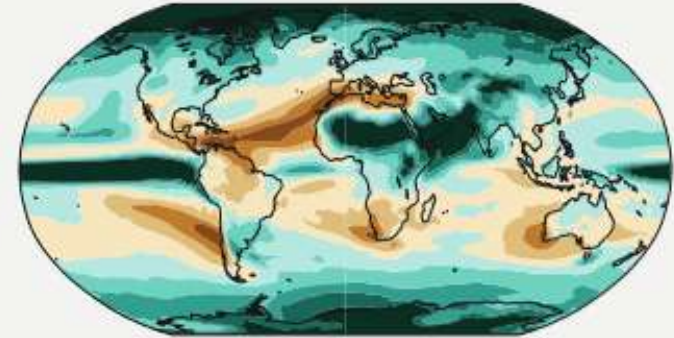
Symulowane zmiany dla globalnego ocieplenia o 1,5°C



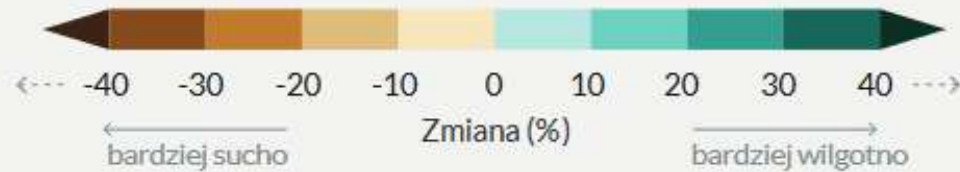
Symulowane zmiany dla globalnego ocieplenia o 2°C



Symulowane zmiany dla globalnego ocieplenia o 4°C

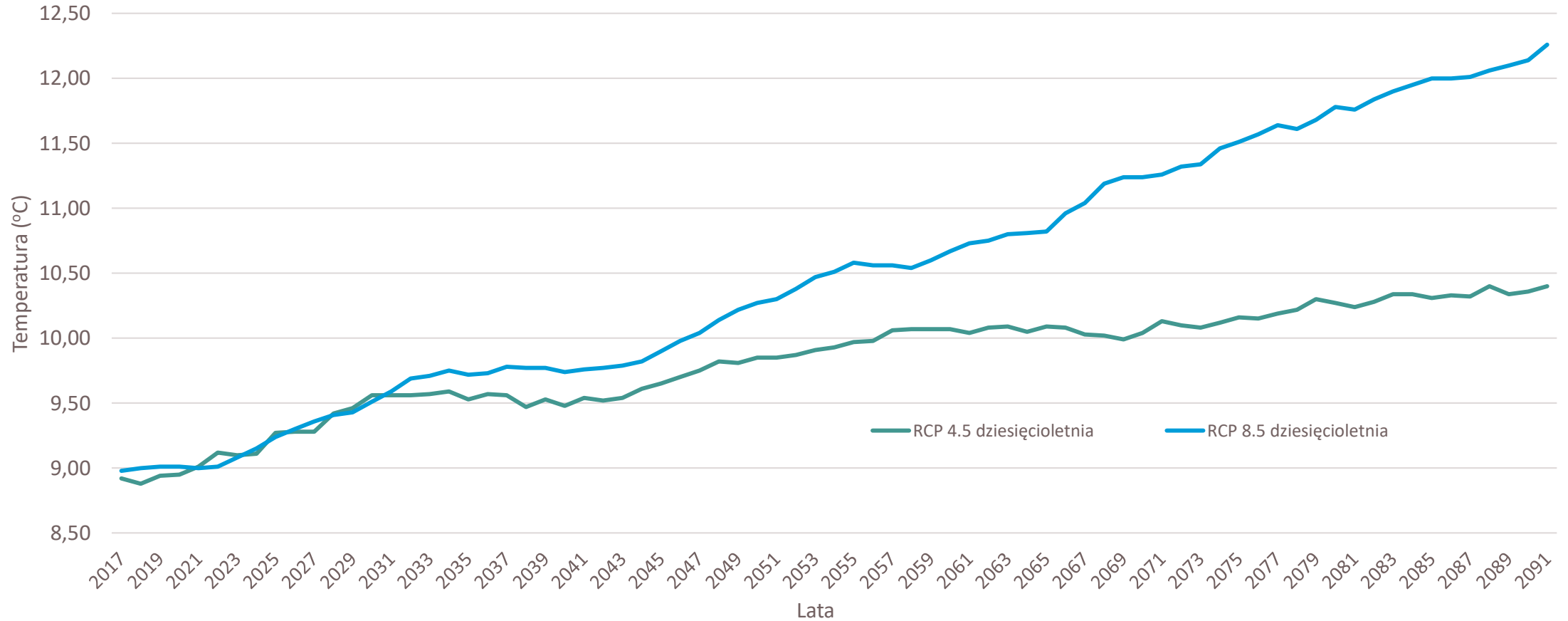


Dla regionów suchych stosunkowo mała zmiana bezwzględna może okazać się dużą zmianą w %.



Zmiana średnich opadów rocznych (%) w stosunku do okresu **1850-1900**

# Scenariusze zmian klimatu dla Polski

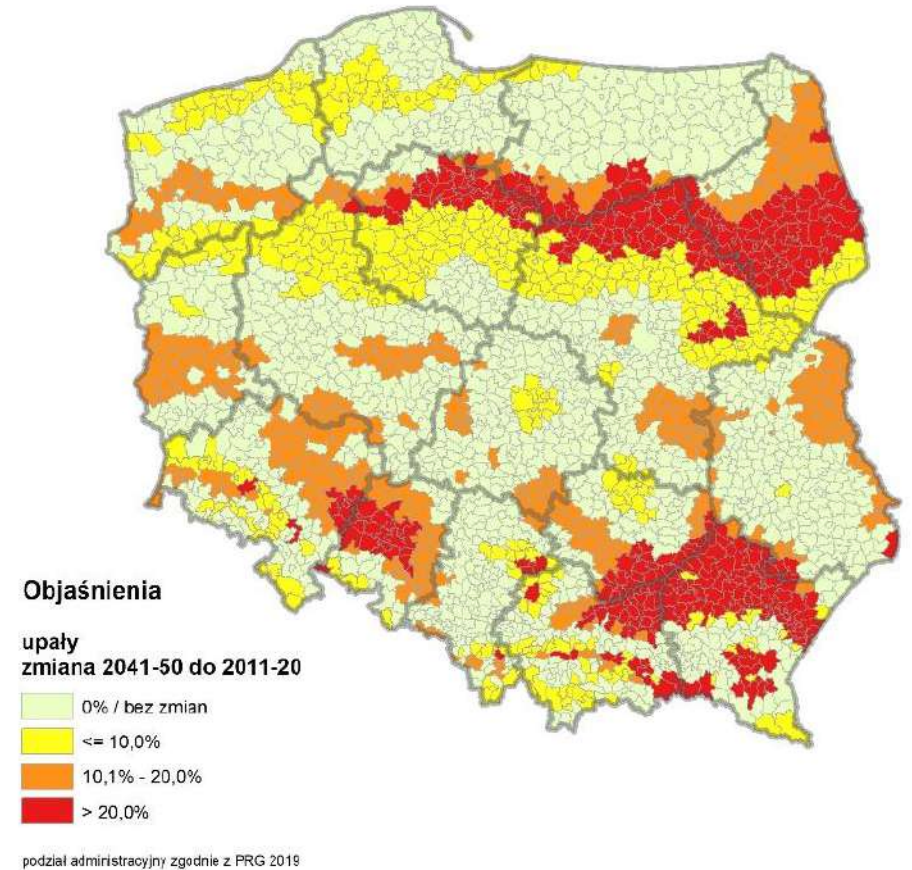




# Scenariusze zmian klimatu dla Polski - upały



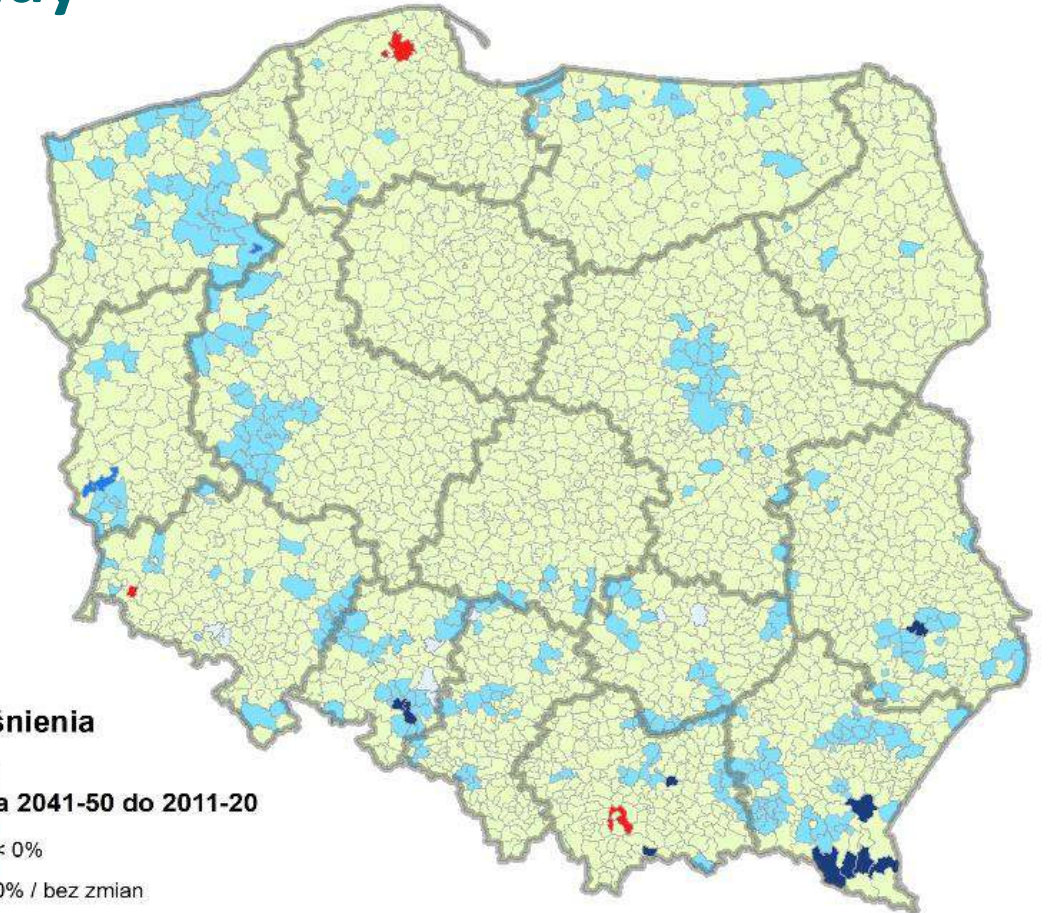
Umiarkowany scenariusz zmian  
zagrożenia termicznego w Polsce pomiędzy  
dekadami **2011-2020 a 2040-2050**



# Scenariusze zmian klimatu dla Polski - opady



Umiarkowany scenariusz zmian  
zagrożenia opadowego w Polsce pomiędzy  
dekadami **2011-2020 a 2040-2050**



## Objaśnienia

opady  
zmiana 2041-50 do 2011-20

-  < 0%
-  0% / bez zmian
-  <= 5,0%
-  5,1% - 10,0%
-  10,1% - 15,0%
-  > 15,0%

podział administracyjny zgodnie z PRG 2019



**Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększenia odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń.**



**Klimada 2.0**  
BAZA WIEDZY O ZMIANACH KLIMATU



**Klimada 2.0**  
BAZA WIEDZY O ZMIANACH KLIMATU

→ [klimada2.ios.gov.pl](http://klimada2.ios.gov.pl)

