



UNIwersytet Gdański



*Katedra Meteorologii i Klimatologii IG UG
zaprasza na cykl wykładów pt.:*

Zagrożenie obszaru województwa pomorskiego występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych w konsekwencji spodziewanej zmiany klimatu

*Spodziewane zmiany częstości
występowania oraz natężenia
pogodowych zjawisk
ekstremalnych*

Instytut Geografii UG, Gdańsk, 28.11.2014

- Statystyczny stan atmosfery, cechy atmosfery, jedna z charakterystyk fizycznogeograficznych danego obszaru
- Stan równowagi systemu klimatycznego



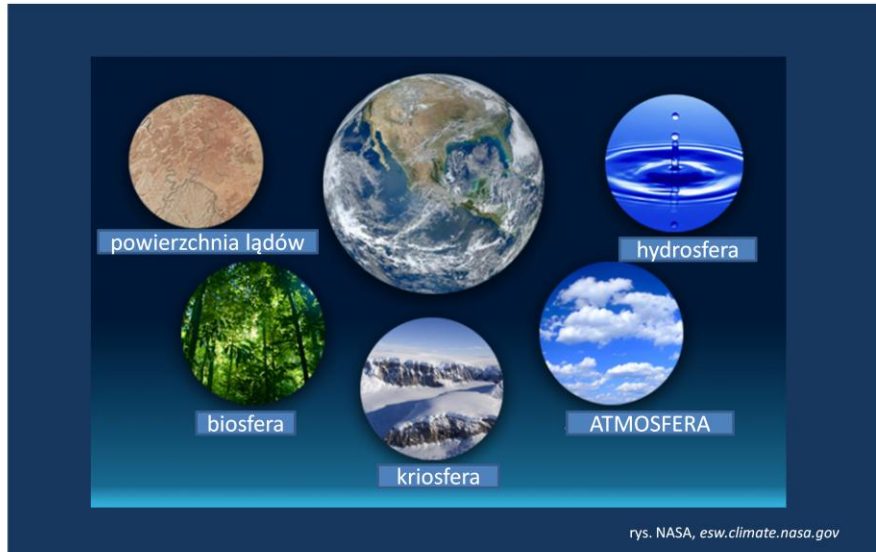
Fot. NASA, esw.climate.nasa.gov

Pojęcie „klimatu” jest różnie definiowane.

Najczęściej jest on rozumiany jako zjawiska i procesy w atmosferze, charakterystyczne dla danego obszaru, kształtowane pod wpływem czynników fizycznych i geograficznych (jak np. ruch obiegowy i obrotowy Ziemi, dopływ energii słonecznej i bilans promieniowania powierzchni Ziemi, cyrkulacja atmosferyczna, rozmieszczenie lądów i mórz), określone na podstawie wieloletnich obserwacji meteorologicznych. (wg Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) standardem jest okres 30 lat). W tym rozumieniu jest to „statystyczny stan atmosfery” (na podst. *Słownika Meteorologicznego 2003, IPCC 2013*)

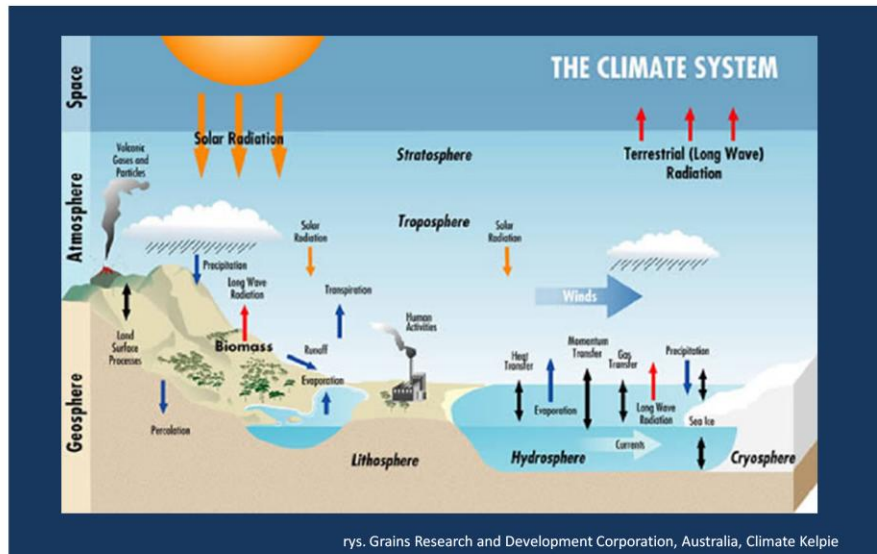
Od ok. lat 70. XX w. przeważa kierunek traktujący klimat jako „stan systemu klimatycznego”. W takim ujęciu system stanowi zespół elementów, relacji między nimi oraz otoczeniem (na podst. Kozuchowski i in. 2009).

System klimatyczny



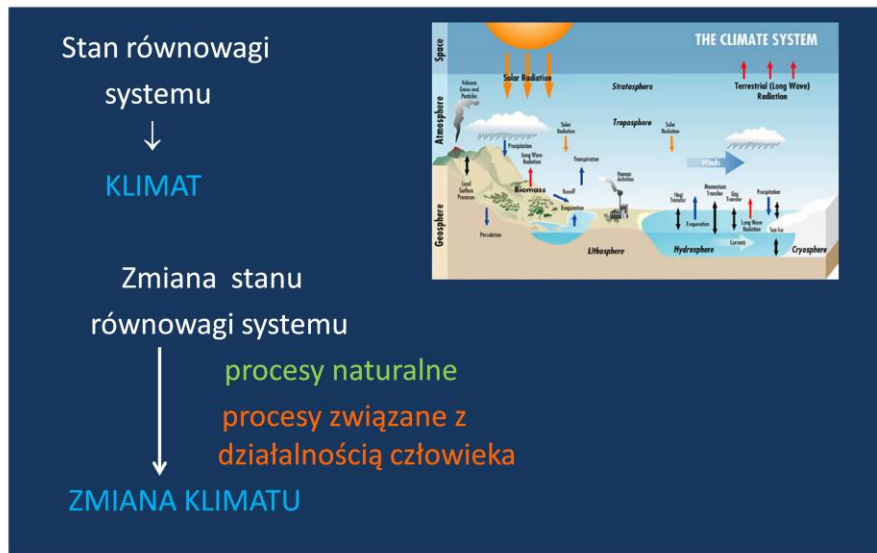
System klimatyczny- jest złożonym systemem, układem złożonym z pięciu elementów: atmosfery, hydrosfery, powierzchni lądowej, kriosfery, biosfery oraz interakcji między nimi (IPCC AR4, 2007)

System klimatyczny



System klimatyczny- jest złożonym systemem, układem złożonym z pięciu elementów: atmosfery, hydrosfery, powierzchni lądowej, kriosfery, biosfery oraz interakcji między nimi.

Zmienia się on w czasie pod wpływem własnej , wewnętrznej dynamiki oraz czynników zewnętrznych, znajdujących się poza systemem,. Są to „wymuszenia zewnętrzne”: np. erupcje wulkanów, zmiany w nasłonecznieniu, związane np. ze zmianą aktywności Słońca, działalność człowieka powodująca zmiany składu atmosfery i zmiany w użytkowania terenu (na podst. IPCC 2013, b)



W uproszczeniu można zatem określić klimat jako stan sytemu znajdującego się w pewnej równowadze (Lockwood 1984, za: Kożuchowskim red. 2009).

Jest „produktem stanu równowagi systemu klimatycznego”

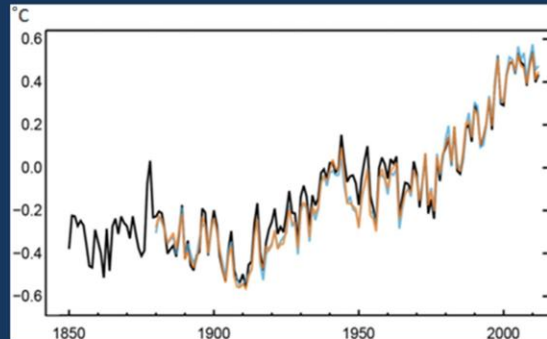
W przypadku zmiany w równowadze systemu - następuje zmiana klimatu (Kożuchowskim red. 2009).

Zmianę klimatu można zatem „Postępujący proces zmian fizycznych i chemicznych w strukturze atmosfery polegający na tym, że czynniki powodujące ten proces prowadzą do ustalenia się nowego stanu równowagi całego systemu klimatycznego względem stanu wyjściowego” (IMGW PIB, 2012, Projekt KLIMAT, t.1)

Zmiany w równowadze systemu klimatycznego tłumaczone są procesami naturalnymi oraz antropogenicznymi (związane z działalnością ludzką).

Obserwowane zmiany w systemie klimatycznym

- Obserwacje bez użycia przyrządów
- Obserwacje instrumentalne (od ok. XVII wieku)
- Obserwacje satelitarne
- Rekonstrukcje paleoklimatyczne



Średnia roczna temperatura powietrza [°C] na Ziemi
w latach 1850-2012
(różnice w odniesieniu do wartości średniej wieloletniej
z lat 1961-1990)

rys. IPCC 2013, a

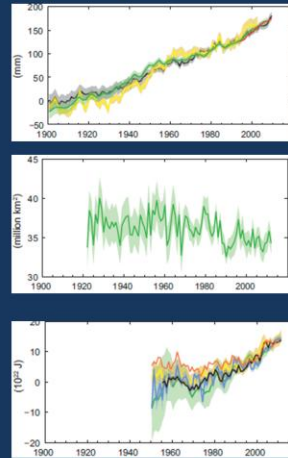
Podstawę obserwacji systemu klimatycznego stanowią bezpośrednie pomiary fizyczne i biogeochemiczne oraz obserwacje satelitarne.

Okres obserwacji instrumentalnych (z użyciem przyrządów) sięga XVII wieku, a w skali całego globu ziemskiego – wieku XIX. Jednak wcześniejsze informacje (np. w postaci notatek) oraz rekonstrukcje paleoklimatyczne umożliwiają śledzenie stanu systemu klimatycznego o setki czy nawet miliony lat wstecz (na podst. IPCC 2013, a). Wszystkie uzyskane informacje z różnych źródeł dają kompleksowy obraz zmienności i długoterminowych zmian w atmosferze, nad oceanem, kriosferze i na powierzchni ziemi.

Zestawienia wyników, szczególnie obserwacji od połowy XX wieku, wskazują na zachodzące zmiany w skali globalnej. Do najbardziej znaczących przykładów należy wzrost średniej temperatury powietrza na Ziemi (globalnej temperatury powietrza) – który obrazuje rys.1. Od 1850 r. do 2012 r. nastąpił wzrost szacowany na 0,85°C.

Obserwowane zmiany w systemie klimatycznym

- wzrost średniego globalnego poziomu morza [mm]
- zmniejszanie się zasięgu pokrywy śnieżnej na Półkuli Pn. [mln km²]
- wzrost średniej energii cieplnej [10^{22} J] gromadzonej w oceanach (do głębokości ok. 700 m)



Wybrane wskaźniki zmian
w globalnym systemie klimatycznym

rys. IPCC 2013a

Inne obserwowane zmiany to np.

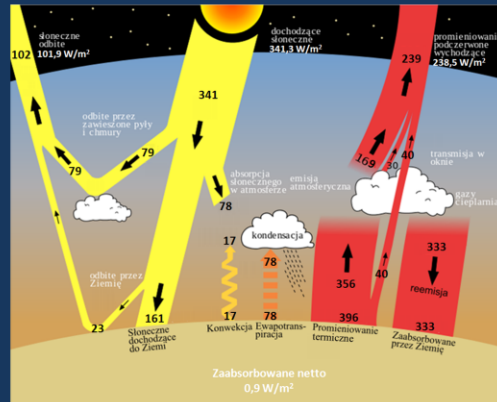
- wzrost globalnego poziomu morza o ok. 19 cm w czasie od 1901 r. do 2010 r.;
- zmiany w kriosferze , jak np. zmniejszanie się zasięgu pokrywy śnieżnej na Półkuli Północnej: w okresie od 1967 r. do 2012 r. oszacowano zmniejszenie o 1.6% co dekadę w kwietniu i maju oraz o 11.7% w czerwcu. W żadnym z miesięcy nie wykazano wzrostu tego zasięgu;
- coraz więcej energii cieplnej jest gromadzonej przez oceany, szczególnie do głębokości 700 m (ponad 60% energii). Według obserwacji w okresie od 1971 do 2010 r. powierzchniowa warstwa oceanu (do ok. 75 m) ocieplała się o ok. 0,11°C na dekadę



Kierunek obserwowanych zmian wskazuje na to, że zmiana w systemie klimatycznym ma charakter ocieplenia

Bilans energetyczny systemu klimatycznego

- dopływ energii do systemu klimatycznego i energia wychodząca z systemu w długim czasie powinny się równoważyć
- zidentyfikowano zaburzenia w bilansie energetycznym systemu klimatycznego (wymuszenia radiacyjne)



rys. Trenbergh K. i in., za: www.naukaoklimacie.pl

Głównym źródłem energii dla systemu klimatycznego jest promieniowanie słoneczne krótkofalowe.

Promieniowanie to jest częściowo odbijane i pochłaniane w atmosferze i przez Ziemię.

Ziemia, a także atmosfera i chmury, emitują z kolei promieniowanie długofalowe (podczerwone).

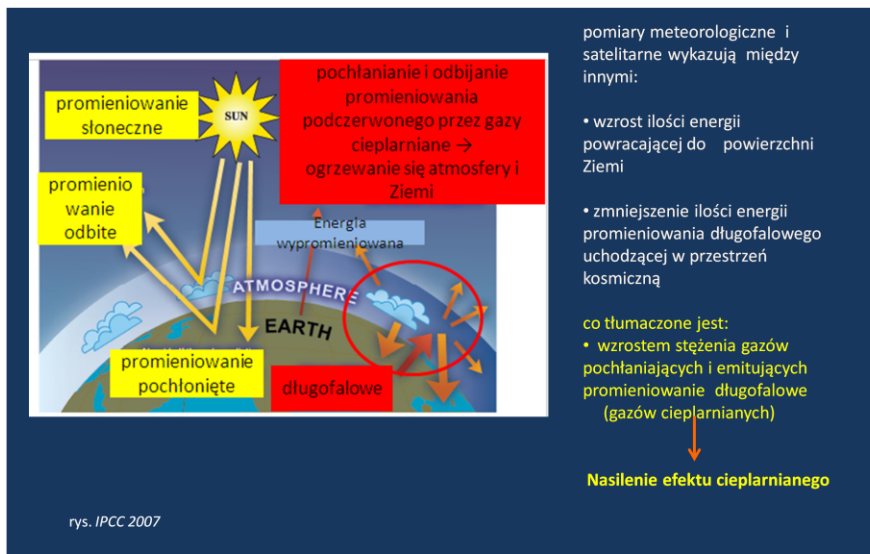
Generalnie w długim czasie energia promieniowania słonecznego dochodząca do systemu musi równać się sumie energii promieniowania słonecznego odbitego oraz energii promieniowania długofalowego emitowanego przez system.

Bilans energetyczny jest to różnica energii dochodzącej i wychodzącej z systemu klimatycznego.

Zaburzenie tego bilansu zwane jest wymuszeniem radiacyjnym.

W przypadku dodatniego bilansu następuje ocieplenie, w przypadku bilansu ujemnego – następuje ochłodzenie

(gazów cieplarnianych)



Jednym ze zidentyfikowanych zmian bilansu energetycznego systemu klimatycznego jest wzmożony efekt cieplarniany.

Gazy cieplarniane znajdujące się w atmosferze mają właściwości pochłaniania promieniowania podczerwonego. Zaliczane są do nich między innymi dwutlenek węgla, para wodna, podtlenek azotu, metan, fluorowęglowodory, sześćfluorek siarki, perfluorowęglowodory.

W efekcie ciepło jest przez nie zatrzymywane oraz emitowane. Skutkiem jest ogrzewanie atmosfery i powierzchni Ziemi tak, aby równoważyć ilość energii dochodzącej i emitowanej. Następuje wzrost temperatury Ziemi.

Dzięki naturalnemu efektowi cieplarnianemu temperatura na Ziemi umożliwia istnienie życia. Jednak gdy ilość gazów cieplarnianych w atmosferze wzrasta – efekt cieplarniany nasila się.

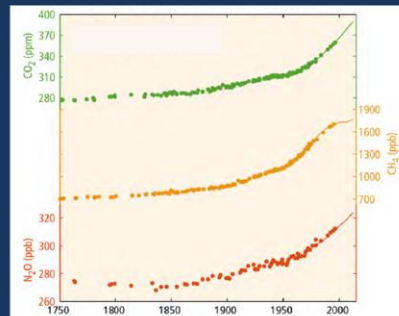
Zaburzenia bilansu energetycznego systemu klimatycznego są stwierdzone między innymi na podstawie pomiarów meteorologicznych i satelitarnych, które wykazały wzrost ilości energii powracającej do powierzchni Ziemi oraz zmniejszenie ilości energii promieniowania długofalowego uchodzącej w przestrzeń kosmiczną (za: Nauka o klimacie)

Zaburzenia te wiązane są ze wzrostem koncentracji gazów cieplarnianych.

Wzrost koncentracji gazów cieplarnianych od 1750 r. do 2011 r.:

CO₂ 40%
N₂O 20%
CH₄ 150%

- wzrost gospodarczy
- wzrost populacji

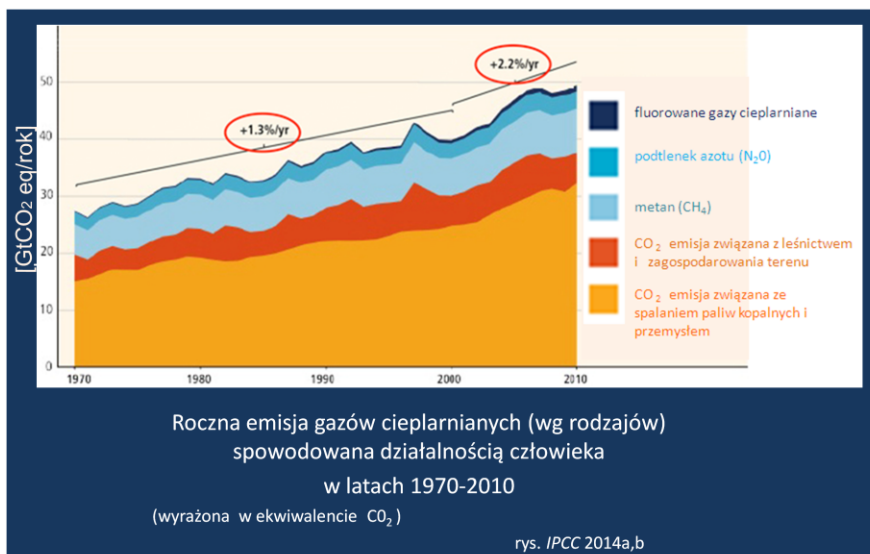


Zmiany średniej koncentracji gazów cieplarnianych na Ziemi (na podstawie badań rdzeni lodowych i pomiarów)

rys. IPCC 2014b

Na podstawie badań rdzeni lodowych oraz pomiarów stwierdzono, że stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze wzrosła od 1750 roku (od czasów przedindustrialnych) o 40% w przypadku dwutlenku węgla, o 20% w przypadku podtlenku azotu, a w przypadku metanu aż o 150%. Około 40% emisji od 1750 roku miała miejsce w ciągu ostatnich 40 lat (od połowy lat 70. XX w.).

Jako główne przyczyny wymieniane są antropogeniczne emisje gazów cieplarnianych, których wzrost spowodowany jest rozwojem ekonomicznym i wzrostem populacji.



Wykresy przedstawiają zmiany antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych fluorowanych gazów cieplarnianych (tzw. F-gazów), podtlenku azotu, dwutlenku węgla.

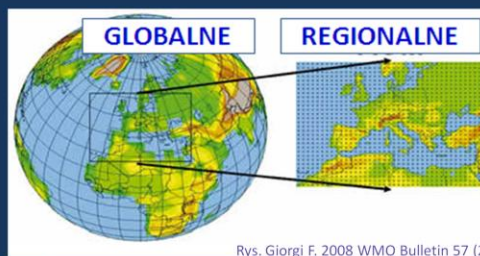
Od 1970r. do 2010 r. łączne emisje ze spalania paliw kopalnych, produkcji przemysłowej (głównie cementu) potroiła się. Łączne emisje związane z leśnictwem i innymi rodzajami użytkowania gruntów wzrosły o około 40%.

Tempo w latach 1970-2000 wyniosło +1,3% na rok, a w ciągu kolejnych 10 lat wyniosło +2,2% na rok.

Wzrost emisji prowadzi do gromadzenia coraz większej ilości energii przez system klimatyczny.

Modele matematyczne

- Są odzwierciedleniem numerycznym systemu klimatycznego
- Uwzględniają właściwości i procesy fizyczne, chemiczne, biologiczne
- Umożliwiają rekonstrukcje zmian oraz przewidywanie zmian w przyszłości
- Wymagają dużej mocy obliczeniowej – są kosztowne



Rys. Giorgi F. 2008 WMO Bulletin 57 (2)

Schemat modelu globalnego i regionalnego

- Wyniki umieszczone w regularnej siatce punktów
- Modele globalne: rozdzielczość kilkaset km, min. 200 km
- Modele regionalne: rozdzielczość 10-50 km są „zagnieżdżone” w modelach globalnych

Zmiana klimatu jest przedmiotem wielu współczesnych badań.

Narzędziem badawczym są w nich modele matematyczne, służące rekonstruowaniu warunków w przeszłości oraz przewidywaniom klimatu w przyszłości.

Badaniom w skali całego systemu klimatycznego służą **modele globalne**. Modele te są odzwierciedleniem numerycznym systemu klimatycznego, uwzględniającym fizyczne, a także chemiczne i biologiczne właściwości poszczególnych komponentów, zgodnie z najnowszą wiedzą (na podst. IPCC 2014). Najbardziej kompleksowe modele uwzględniają procesy zarówno zachodzące między atmosferą a oceanem, jak między atmosferą a lądami (modele ogólnej cyrkulacji atmosfery i oceanu) oraz modele uwzględniające obieg węgla, emisje dwutlenku węgla i innych substancji oraz np. obieg azotu, dane dotyczące wegetacji czy też użytkowania ziemi.

Dostarczają wartości w regularnej siatce punktów z określonym krokiem czasowym. Obecna moc komputerów pozwala na symulacje klimatu z krokiem przestrzennym rzędu 1-2 stopni długości i szerokości geograficznej.

Procesy zachodzące w skali mniejszej od odległości między gridami (np. powstawanie chmur) jak również np. rzeźba terenu, właściwości powierzchni są odtwarzane z użyciem metod statystycznych, ich obraz jest przez to uproszczony

Lepszą rozdzielczością, kilkudziesięciu km, charakteryzują się **regionalne modele klimatu**, ale te są konstruowane i tak na podstawie konkretnego modelu globalnego (przyjmuje jego warunki początkowe i brzegowe), są „zagnieżdżone” w modelach globalnych

Istnieje wiele modeli klimatu, konstruowane są w wielu ośrodkach naukowych na świecie

Modele klimatu:

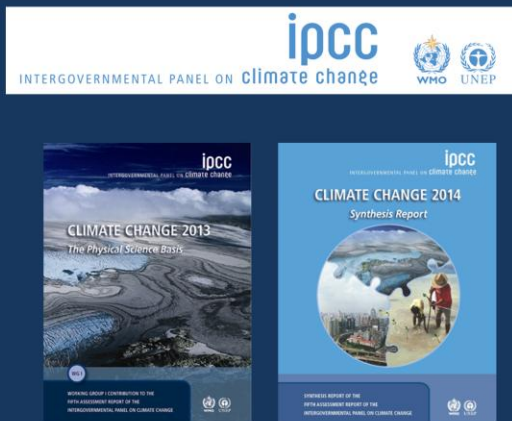
- ograniczenia
- ulepszenia

- wiedza na temat funkcjonowania systemu klimatycznego jest wciąż rozwijana
 - ograniczenia wynikające z rozdzielczości modeli
- ↓
- każdy model opisuje stan faktyczny w sposób przybliżony**
- rozwój badań naukowych z wielu dziedzin
 - postęp technologii obliczeniowych
- ↓
- modele klimatu są wciąż ulepszane, zwiększa się wiarygodność wyników**
- wiarygodność przewidywanych zmian klimatu zwiększa się przy zastosowaniu kilku modeli globalnych i regionalnych (wiązki modeli)

każdy model opisuje rzeczywistość w sposób przybliżony
ze względu na: wciąż rozwijaną wiedzę na temat funkcjonowania systemu klimatycznego i wspomniane ograniczenia wynikające z rozdzielczości modeli
ale
rozwój badań naukowych z wielu dziedzin, postęp technologii obliczeniowych sprawia, że modele klimatu są wciąż ulepszane, wyniki stają się więc coraz bardziej wiarygodne
ponadto wiarygodność ocen przewidywanych zmian klimatu zwiększa się przy zastosowaniu kilku modeli globalnych i regionalnych (wiązki modeli)
Należy jednak brać pod uwagę różne wyniki, wskazujące zakresy przewidywanych zmian

Międzyrządowy Zespół
ds. Zmian klimatu (IPCC):

- przeprowadza ocenę aktualnych i przewidywanych zmian klimatu
- publikuje ocenę co kilka lat →



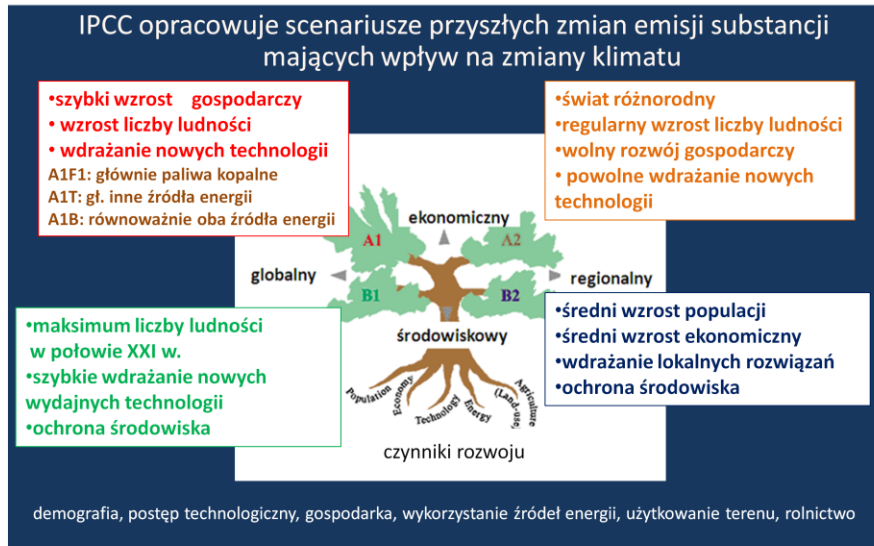
Międzynarodową organizacją, która na podstawie wyników prac setek, a nawet tysięcy naukowców z całego świata, przeprowadza oceny aktualnych i przewidywanych zmian klimatu jest powołany w tym celu Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*).

Organizacja ta została powołana przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) oraz Program Ochrony Środowiska Narodów Zjednoczonych (UNEP) w 1988 roku.

IPCC opracowuje i publikuje raporty dotyczące zmian klimatu oraz określenia ich skutków zarówno w środowisku przyrodniczym, jak i skutków ekonomicznych i społecznych.

Jak dotąd IPCC opublikował 5 Raportów Oceniających oraz Raporty Specjalne, Raporty dla Decydentów. Pierwsza część najnowszego Raportu została opublikowana jesienią 2013 r. , w listopadzie 2014 r. opublikowano Raport Syntetyczny.

Scenariusze emisji



Podczas ocen przyszłych zmian klimatu powinny być brane pod uwagę różne czynniki wpływające na antropogeniczne emisje gazów cieplarnianych i różne możliwości zmian tych czynników. Podstawę przewidywań zmian klimatu stanowią scenariusze przyszłych zmian emisji substancji potencjalnie aktywnych radiacyjnie (przede wszystkim gazów cieplarnianych, aerozoli, gazów aktywnych chemicznie) oraz zmian związanych z pokryciem terenu (szczególnie zmian w jego użytkowaniu).

Scenariusze emisyjne IPCC:

Scenariusze SRES (z 2000 r.) : w zależności od różnych dróg rozwoju świata różna będzie ilość wyemitowanych gazów cieplarnianych.

Przyjęto różne wersje założeń dotyczących rozwoju gospodarki, demografii, postępu technologicznego, zastosowań technologii przyjaznych środowisku.

Na tej podstawie wyróżniono 4 grupy scenariuszy:

•A1: zakładający

szybki wzrost gospodarczy

wzrost liczby ludności

wdrażanie nowych technologii

w tej grupie wyróżniono podgrupy, w zależności od stopnia wykorzystania różnych źródeł energii: A1F1: głównie paliwa kopalne, A1T: wykorzystanie przede wszystkim innych źródeł energii niż paliwa kopalne; A1B: równoważenie wykorzystania obu rodzajów źródeł energii

•B1: zakładający

wzrost liczby ludności

szybkie wdrażanie nowych technologii (szybsze niż w scenariuszu A1), w tym związanych z ochroną środowiska

•A2:

- różnorodność w rozwoju świata

-wzrost liczby ludności

-powolny rozwój gospodarczy i postęp technologiczny

•B2:

-średni wzrost liczby ludności

-średni wzrost gospodarczy

-wdrażanie rozwiązań lokalnych

-ochrona środowiska , rozwój zrównoważony

Emisje gazów cieplarnianych może się zmieniać w różny sposób w obrębie poszczególnych scenariuszy

Klimatyczny:

prawdopodobny,
uproszczony opis
przyszłego klimatu
skonstruowany na użytek
badań skutków zmian
klimatu spowodowanych
działalnością człowieka

Zmian klimatu:

różnica między scenariuszem
klimatycznym a klimatem
obecnym
Konstruowane w odniesieniu
do okresu odniesienia
(referencyjnego) –
np. 1961-1990, 1971-2000

Biorąc pod uwagę wyniki modeli globalnych, regionalnych oraz scenariusze zmian emisji substancji mających wpływ na zmianę klimatu konstruowane są :

scenariusze klimatyczne – jest to prawdopodobny, uproszczony opis przyszłego klimatu skonstruowany przede wszystkim na użytek badań skutków zmian klimatu spowodowanych działalnością człowieka

scenariusze zmian klimatu - jest to różnica między scenariuszem klimatycznym a klimatem obecnym. Wyniki z określonego okresu w przyszłości (np. 2030-2060) są porównywane z okresem odniesienia (referencyjnym) – np. 1961-1990, 1971-2000

Przedstawiane wyniki pochodzą z opublikowanych rezultatów prac prowadzonych przez:

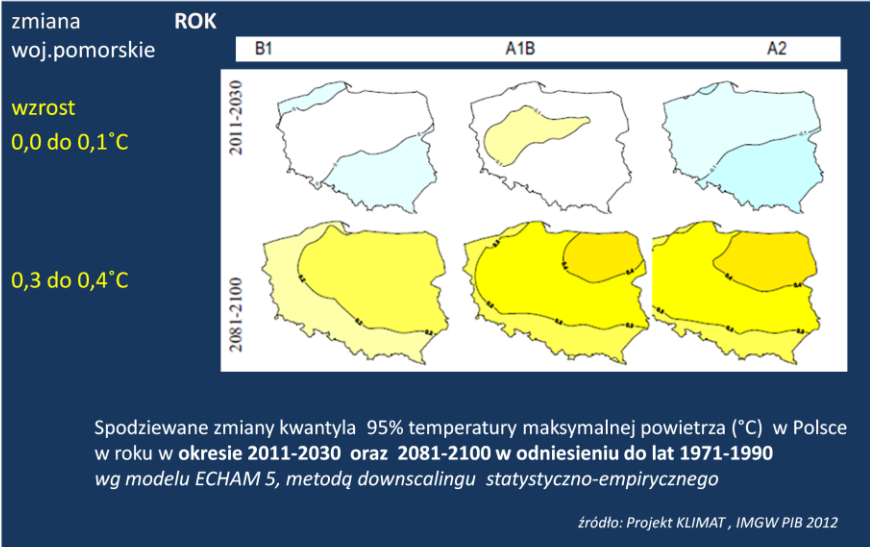
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB (IMGW PIB) w ramach Projektu KLIMAT (2012)
- Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego Uniwersytetu Warszawskiego (ICM) dla Projektu KLIMADA (Instytut Ochrony Środowiska PIB 2013)

Podczas konstruowania scenariuszy zmian klimatu Polski dotychczas wykorzystywane były różne modele „pojedyncze” (np. ECHAM5, skonstruowany w Max Planck Institute for Meteorology w Niemczech) oraz wiązki wielu modeli przy założeniu różnych zmian emisji, zgodnie ze scenariuszami emisyjnymi.

Najczęściej rozpatrywano scenariusze A1B, B1 i A2. Otrzymane wyniki różnią się często w zależności od przyjętego scenariusza.

Przedstawiane wyniki pochodzą z opublikowanych rezultatów prac prowadzonych przez: IMGW PIB w ramach Projektu KLIMAT (2012) oraz przez Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego (ICM) dla Projektu KLIMADA, realizowanego przez Instytut Ochrony Środowiska PIB 2013)

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: kwantyl 95% temperatury maksymalnej w ROKU



W świetle przewidywanych zmian na lata 2011-2030 średnia miesięczna wartość kwantyla 95% temperatury maksymalnej powietrza w roku w Polsce wzrośnie o 0,1 do 0,2°C w stosunku do okresu referencyjnego (1971-1990). W woj. pomorskim zmian będzie nieznaczna (do 0,1°C)

W przypadku lat 2081-2100 spodziewane zmiany będą nieco większe, na obszarze województwa wartość kwantyla 95% temperatury maksymalnej wzrośnie o 0,2 do 0,3°C w stosunku do lat 1971-1990

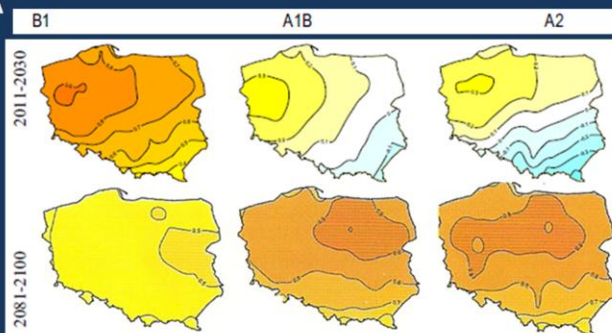
Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce:

kwantyl 95% temperatury maksymalnej ZIMA

zmiana
woj.pomorskie

wzrost
0,2 do 0,8°C

0,3 do 0,9°C



Spodziewane zmiany kwantyla 95% temperatury maksymalnej powietrza (°C) w Polsce ZIMA (grudzień, styczeń, luty) w okresie 2011-2030 oraz 2081-2100 w odniesieniu do lat 1971-1990

wg modelu ECHAM 5 oraz wiązki ECHAM5 i HadCM3 metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

Według wszystkich uwzględnionych scenariuszy emisyjnych zimą spodziewany jest wzrost wartości 95% kwantyla temperatury maksymalnej w Polsce. W woj. pomorskim w stosunku do okresu 1971-1990 nastąpi wzrost o nawet 0,7°C do ponad 0,8°C w latach 2011-2030

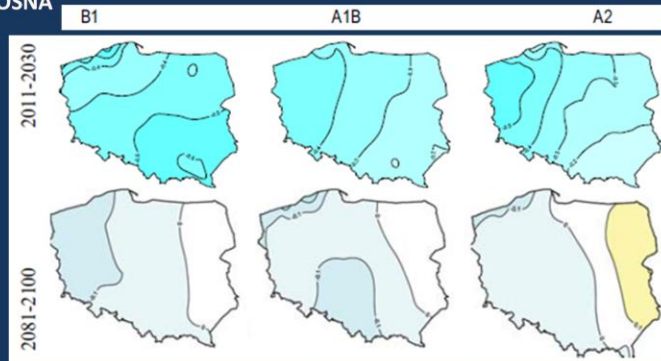
W latach 2081-2100 zmiana ta będzie jeszcze większa i wyniesie na 0,8 do około 0,9°C

kwantyl 95% temperatury maksymalnej WIOSNĄ

zmiana WIOSNA
woj. pomorskie

spadek
0,3 do 0,4 °C

ok. 0,1



Spodziewane zmiany kwantyla 95% temperatury maksymalnej powietrza (°C) w Polsce WIOSNĄ (marzec, kwiecień, maj) w okresie 2011-2030 oraz 2081-2100 w odniesieniu do lat 1971-1990

wg modelu ECHAM 5 oraz wiązki ECHAM5 i HadCM3 metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

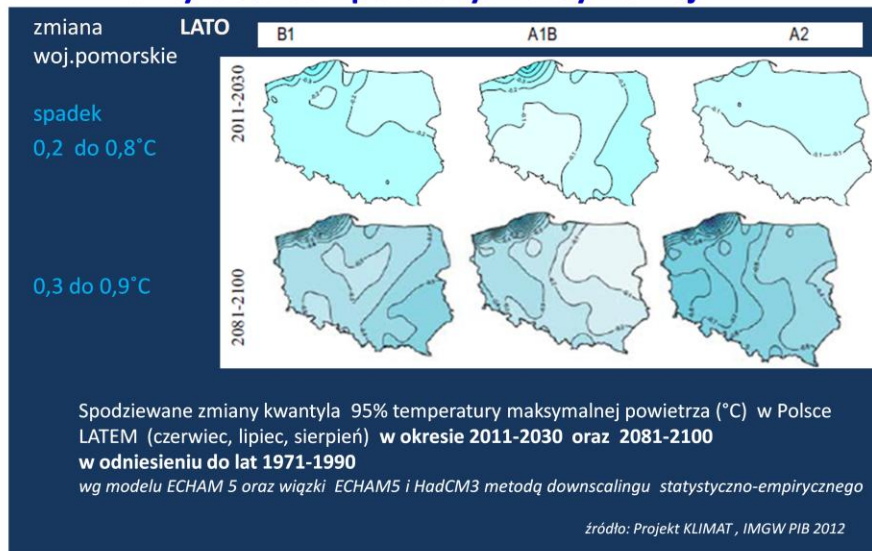
Wiosną wyniki są zbieżne w przypadku wszystkich scenariuszy emisyjnych, wartości kwantyla 95% maksymalnej temperatury powietrza w Polsce w okresie 2011-2030 w stosunku do wartości średnich z okresu referencyjnego (1971-1990) zmniejszą się średnio o 0,3-0,5 °C, w woj. pomorskim o 0,3 do 0,4 °C. W okresie 2081-2100 spadek ten będzie mniejszy – w woj. pomorskim do ok. 0,1 °C.



Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce:



kwantyl 95% temperatury maksymalnej LATEM



Latem według wyników średnia wartość kwantyla 95% temperatury maksymalnej w Polsce zmaleje w obu rozpatrywanych okresach, szczególnie na Wybrzeżu. W latach 2011-2030 w porównaniu z latami 1971-1990 spadek ten wyniesie na Wybrzeżu do 0,5°C, natomiast w okresie 2081-2100 do nawet 1°C



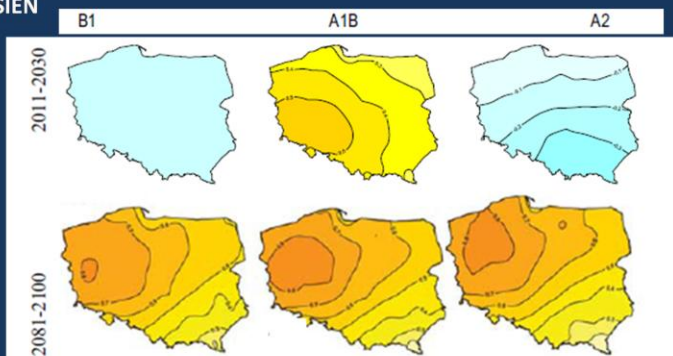
Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: kwantyla 95% temperatury maksymalnej



zmiana
woj.pomorskie

spadek/ wzrost
ok. 0,1°C
0,3°C do 0,4°C

wzrost
0,6 do 0,7°C



Spodziewane zmiany kwantyla 95% temperatury maksymalnej powietrza (°C) w Polsce
JESIENIĄ (wrzesień, październik, listopad) w okresie 2011-2030 oraz 2081-2100 w
odniesieniu do lat 1971-1990

wg modelu ECHAM 5 oraz wiązki ECHAM5 i HadCM3 metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

Przewidywane zmiany kwantyla 95% temperatury maksymalnej jesienią w latach 2011-2030 w porównaniu z okresem referencyjnym 1971-1990 są zróżnicowane w zależności od przyjętego scenariusza emisyjnego. Według scenariusza emisyjnego B1 a także A2 Na obszarze województwa pomorskiego można spodziewać się nieznacznego (o około 0,1°C) spadku wartości omawianego elementu (scenariusz B1 i A2) lub też jego wzrostu o 0,3 do 0,4°C (scenariusz „rynkowy” A1B).

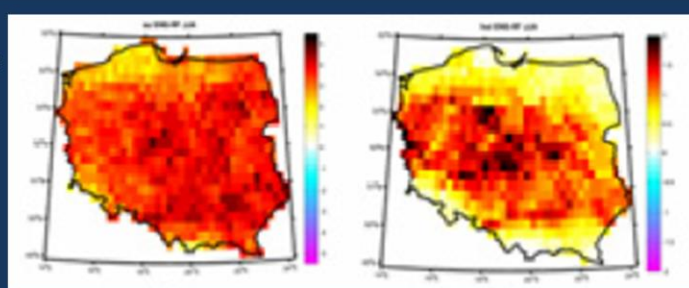
Pod koniec XXI w. wartości 95% kwantyla temperatury maksymalnej będą w porównaniu z wieloleciem 1971-1990 jeszcze większe, na Pomorzu o około 0,6 do 0,7°C

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: liczba dni gorących, liczba dni upalnych LATEM

zmiana
woj.pomorskie

wzrost
dni gorące:
o ok. 5

dni upalne:
o ok. 1-2



temperatura max
≥25°C

temperatura max
≥ 30°C)

Spodziewane zmiany liczby dni gorących ($T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) i liczby dni upalnych ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) w Polsce LATEM (czerwiec, lipiec, sierpień) w okresie 2011-2030 w odniesieniu do lat 1971-1990 wg wiązki 14. modeli, metodą downscalingu dynamicznego, scenariusz A1B

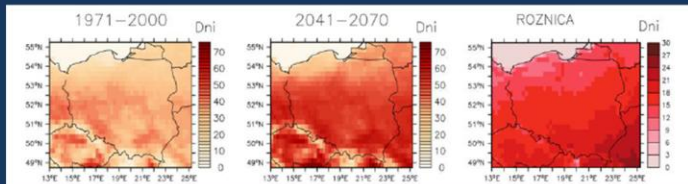
źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

Według skonstruowanego scenariusza wiązkowego przewidywane jest zwiększenie się liczby dni gorących ($T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) latem w okresie 2011-2030 o około do 5 dni dla woj. pomorskie. Wzrost liczby dni jest przewidywany również w przypadku dni upalnych, latem może wynieść ok. 2 dni.

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: liczba dni gorących w ROKU

zmiana ROK
woj.pomorskie

wzrost o ok.
12 dni

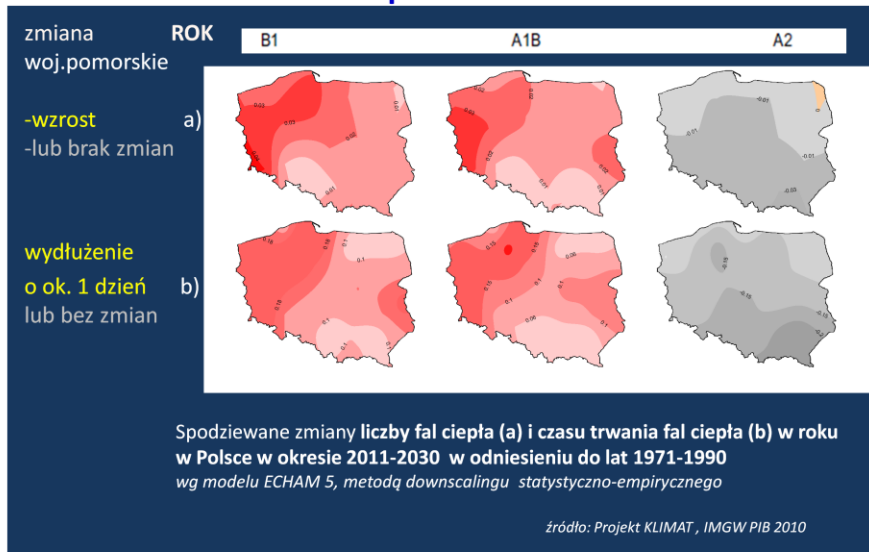


Liczba dni z temperaturą maksymalną większą od 25°C
w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami
wg wiązki 8.modeli, metodą downscalingu dynamicznego

źródło: Projekt KLIMADA, IOŚ 2013b

Przewidywany jest znaczny wzrost liczby dni gorących między okresem 1971-2000 a 2041-2070, w woj. pomorskim różnica wyniesie ok. 12 dni

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: fale ciepła w ROKU



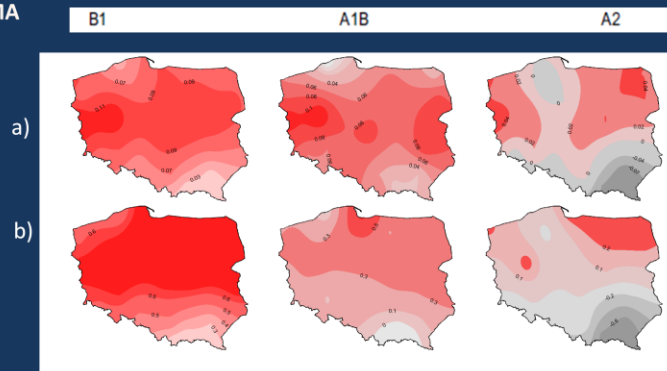
W świetle scenariuszy B1 i A1B przewidywane jest zwiększanie się liczby fal ciepła i wydłużanie czasu ich trwania. Według scenariusza A2 może nastąpić zmniejszenie ich liczby i skracanie czasu trwania,
Do lat 2081-2100 przewidywane zmiany będą dodatnie w całej Polsce

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: fale ciepła ZIMĄ

zmiana ZIMA
woj.pomorskie

wzrost

-wydłużenie
o ok. 1 dzień
-lub bez zmian



Spodziewane zmiany liczby fal ciepła (a) i czasu trwania fal ciepła (b) zimą
w Polsce w okresie 2011-2030 w odniesieniu do lat 1971-1990
wg modelu ECHAM 5, metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2010

Zimą według scenariuszy B1 i A1B przewidywane jest zwiększanie się liczby fal ciepła i wydłużanie czasu ich trwania o ok. 1 dzień
według scenariusza A2 w woj. pomorskim nie nastąpią zmiany liczby fal ciepła i czasu ich trwania
Do lat 2081-2100 przewidywany jest wzrost liczby fal ciepła i wydłużenie czasu ich trwania

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: fale ciepła LATEM

zmiana LATO
woj.pomorskie

B1

A1B

A2

bez zmian

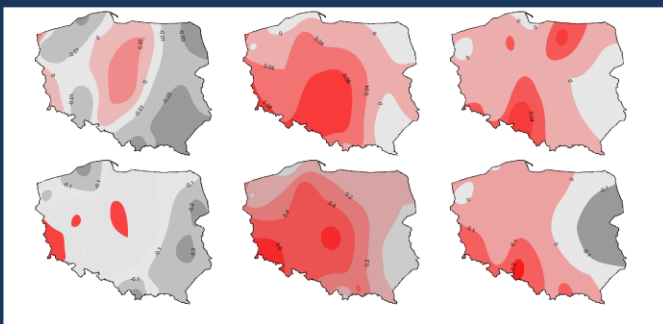
a)

-wydłużenie

o ok. 1 dzień

-lub bez zmian

b)



Spodziewane zmiany liczby fal ciepła (a) i czasu trwania fal ciepła (b) latem w Polsce w okresie 2011-2030 w odniesieniu do lat 1971-1990 wg modelu ECHAM 5, metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2010

W świetle scenariuszy w woj. pomorskim latem przewidywany jest brak zmian liczby fal ciepła oraz brak zmian lub wydłużenie czasu trwania fal ciepła o ok. 1 dzień. Do lat 2081-2100 przewidywany jest dodatni kierunek zmian

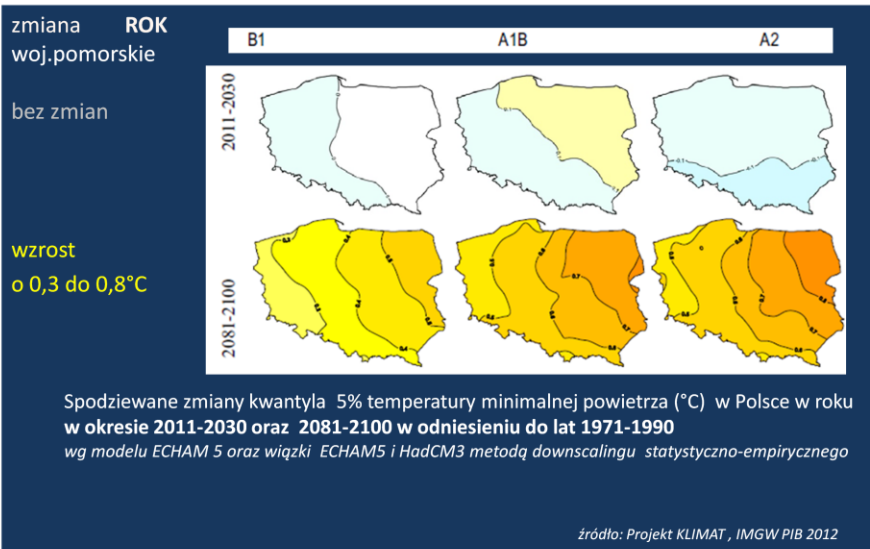


Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce:



UNIWERSYTET GDAŃSKI

kwantyl 5% temperatury minimalnej w ROKU



Według scenariuszy wartości średnie kwantyla 5% temperatury minimalnej w woj. pomorskim, podobnie jak w całej Polsce, w skali roku w latach 2011-2030 nie zmienia się w stosunku do lat 1971-1990 lub wzrośnie o ok. 0,1°C
W okresie 2081-2100 kwantyl 5% temperatury minimalnej będzie większy niż w okresie referencyjnym o 0,3 do nawet 0,8°C



Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce:

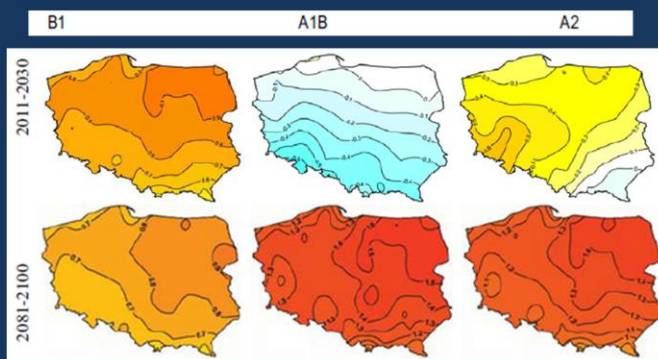


kwantyl 5% temperatury minimalnej ZIMA

zmiana **ZIMA**
woj.pomorskie

-bez zmian
- wzrost o 0,3 do 0,9°C

wzrost
o 0,7 do 1,5°C



Spodziewane zmiany kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza (°C) w Polsce ZIMĄ (grudzień, styczeń, luty) w okresie 2011-2030 oraz 2081-2100 w odniesieniu do lat 1971-1990 wg modelu ECHAM 5 oraz wiązki ECHAM5 i HadCM3 metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

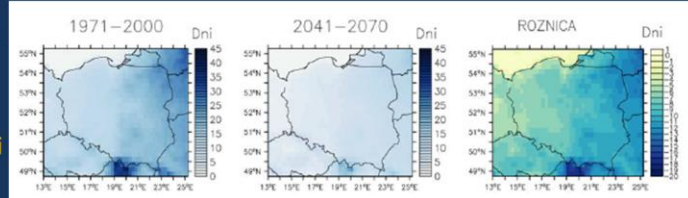
Według scenariuszy na obszarze woj. pomorskiego w okresie 2011-2030 zmiany kwantyla 5% temperatury minimalnej nie są podobne: według A1B w zasadzie nie nastąpi zmiana, natomiast w przypadku pozostałych dwóch scenariuszy nastąpi ocieplenie sezonu zimowego: wartość kwantyla będzie o 0,3 do 0,9°C większa niż w okresie referencyjnym.

W odniesieniu do końca XXI w. wszystkie scenariusze przewidują znaczny wzrost wartości omawianego elementu: w woj. pomorskim o 0,7 do nawet 1,5°C.

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: liczba dni z $t_{min} < -10^{\circ}$ w ROKU

zmiana ROK
woj.pomorskie

spadek
o ok. 3 do 7 dni



temperatura minimalna $< -10^{\circ}\text{C}$

Liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C
w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami
wg wiązki 8.modeli, metodą downscalingu dynamicznego

źródło: IOŚ PIB 2013b, Projekt KLIMADA

W latach 1971-2000 w woj. pomorskim występowało około 10 dni bardzo mroźnych w roku, do lat 2041-2070 liczba ta zmaleje o około 3 do 7.

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: liczba dni z $t_{min} < -20^{\circ}$ w ROKU

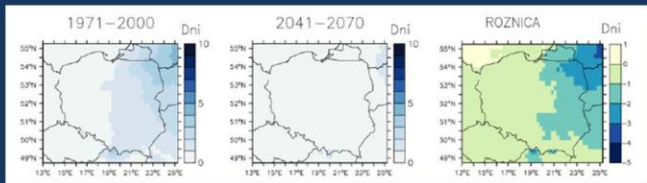
zmiana ROK

woj.pomorskie
występuje ok. 1
dzień

spadek

o ok. 1 dzień

- mogą w ogóle
nie wystąpić



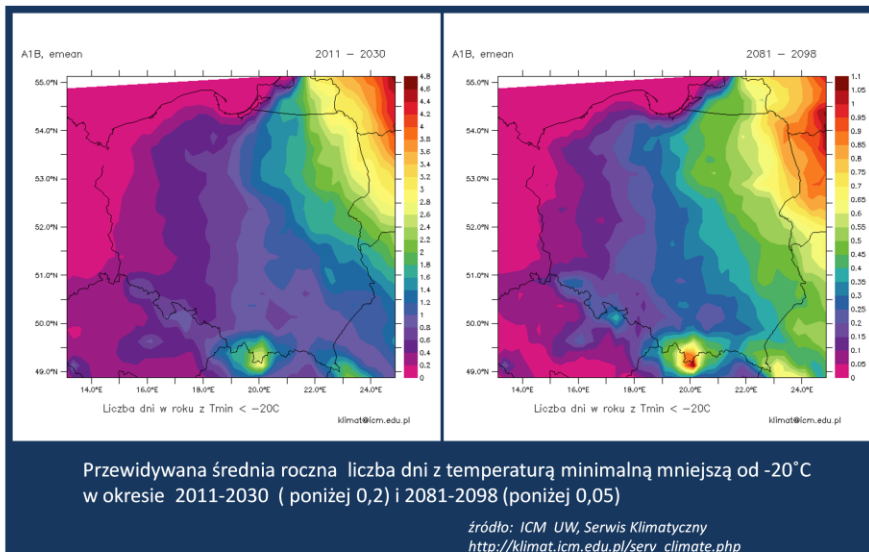
temperatura minimalna $< -20^{\circ}\text{C}$

Liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -20°C
w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami
wg wiązki 8.modeli, metodą downscalingu dynamicznego

źródło: IOŚ PIB 2013b, Projekt KLIMADA

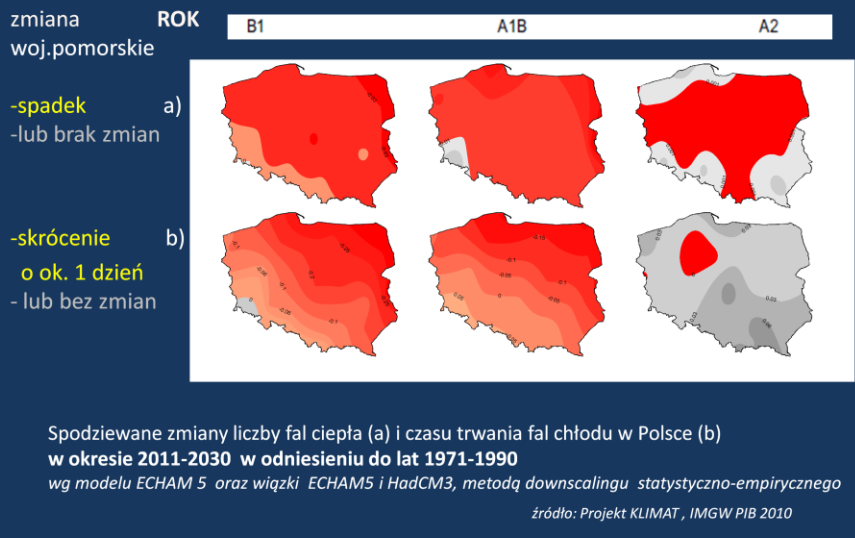
Dni z tak niską temperaturą występują w woj. pomorskim rzadko, średnio poniżej 1 w roku, w latach 2041-2070 mogą nie występować wcale

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: liczba dni z $t_{min} < -20^{\circ}$ w ROKU



Potwierdza to scenariusz wygenerowany na portalu ICM Serwis klimatyczny,
 Uwaga: należy zwrócić uwagę na skalę każdego z rysunków

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: fale chłodu w ROKU



liczba fal chłodu do lat 2011-2030 zmaleje i ulegną one skróceniu w całej Polsce, jak również w woj. pomorskim. Wyjątek stanowią wyniki scenariusza A2
Do lat 2081-2100 – przewidywane są zmiany ujemne w całej Polsce

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków termicznych w Polsce: fale chłodu ZIMĄ

zmiana
woj. pomorskie

ROK

B1

A1B

A2

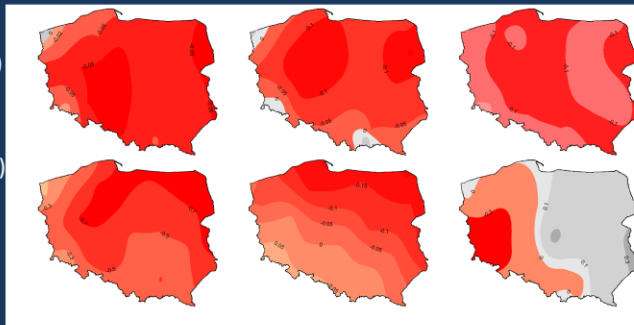
-spadek

a)

-skrócenie

b)

o ok. 1 dzień
lub bez zmian



Spodziewane zmiany liczby fal ciepła (a) i czasu trwania fal chłodu w Polsce (b) ZIMĄ
w okresie 2011-2030 w odniesieniu do lat 1971-1990

wg modelu ECHAM 5 oraz wiązki ECHAM5 i HadCM3, metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

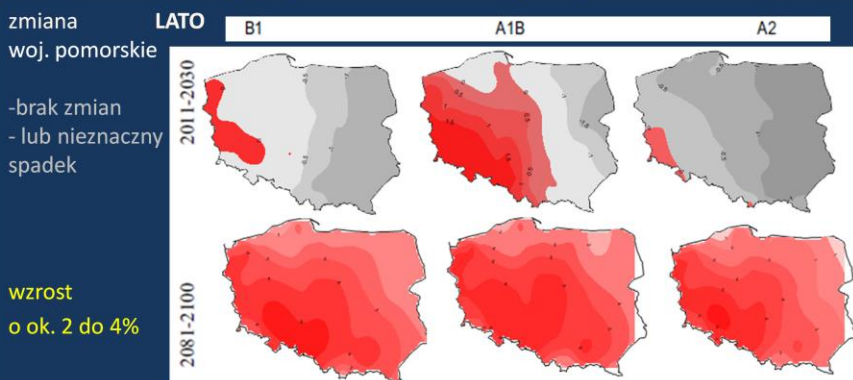
źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2010

Zimą na obszarze woj. pomorskiego przewidywane jest zmniejszenie się liczby fal chłodu i skrócenie czasu ich trwania w okresie 2011-2030

Według scenariusza A2 czas trwania fal chłodu nie ulegnie zmianie

Spodziewane zmiany warunków bioklimatycznych:

odczucie „gorąco lub bardzo gorąco” LATEM



Spodziewane zmiany częstości występowania (%) odczucia „gorąco lub bardzo gorąco”
wg Fizjologicznej temperatury odczuwalnej (PST) w okresie 2011-2030 i 2081-2100
w odniesieniu do wielolecia 1971-1990

wg modelu ECHAM 5, metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2010, 2012

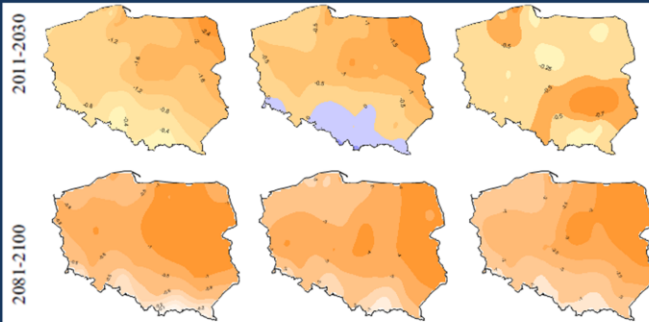
W całym sezonie letnim w woj. pomorskim przewidywany jest brak zmian częstości występowania odczucia cieplnego „gorąco lub bardzo gorąco” lub złagodzenie stresu. Do lat 2081-2100 przewidywane są natomiast zmiany dodatnie o około 2 do 4 % (co w skali sezonu wynosi od ok. 2 do ponad 3 dni z takim odczuciem cieplnym więcej).

Spodziewane zmiany warunków bioklimatycznych: odczucie „bardzo zimno” ZIMĄ

zmiana **ZIMA**
woj. pomorskie

-spadek
o 0,5 do ok. 2%

-wzrost
o ok. 1 do 3%



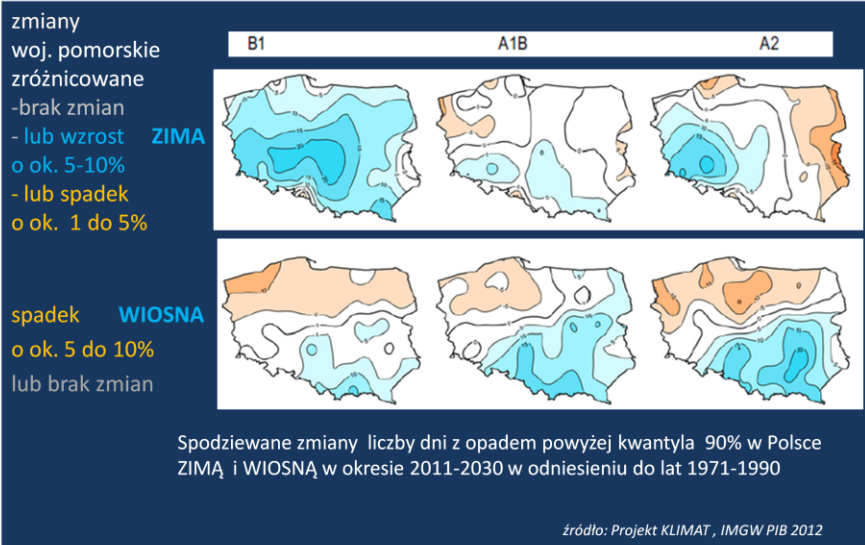
Spodziewane zmiany częstości występowania (%) odczucia „bardzo zimno”
wg Fizjologicznej temperatury odczuwalnej (PST) w okresie 2011-2030 i 2081-2100
w odniesieniu do wielolecia 1971-1990

wg modelu ECHAM 5, metodą downscalingu statystyczno-empirycznego

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

Zimą przewidywaną zmianą będzie złagodzenie stresu zimna w woj. pomorskim. Częstość występowania odczucia ciepłego „bardzo zimno” zmaleje w okresie 2011-2030 o 0,5 do ok. 2% (do około 2 dni w sezonie) w stosunku do okresu referencyjnego, natomiast do lat 2081-2100 przewidywany spadek wyniesie od 1 do 3% (o ok. 3 dni w sezonie)

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków opadowych w Polsce: liczba dni z opadem powyżej 90% kwantyla

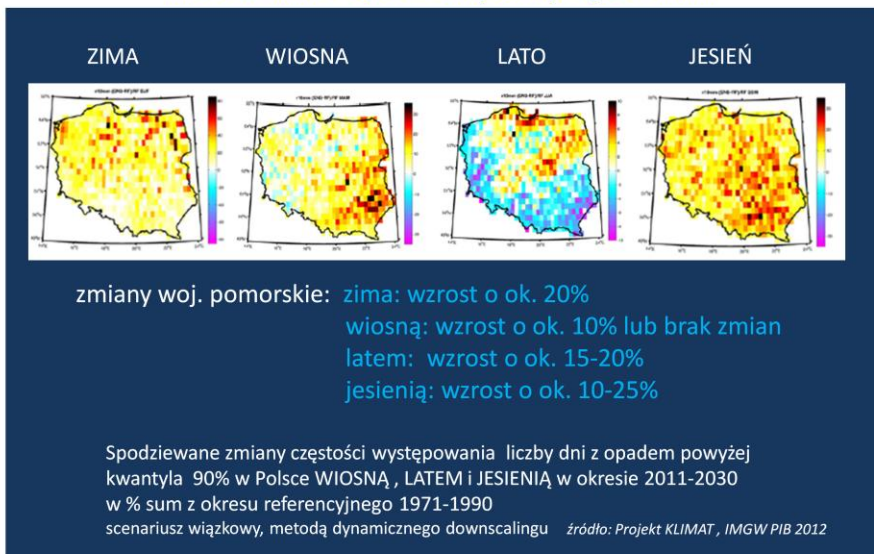


Opad, szczególnie o charakterze ekstremalnym jest elementem trudnym w modelowaniu, ze względu na swój często lokalny charakter.

Wyniki skonstruowanych scenariuszy są niejednolite, największe przewidywane zmiany wskazano w przypadku sezonu zimowego oraz wiosennego. Na obszarze woj. pomorskiego możliwe są różne zmiany częstości występowania liczby dni z opadem powyżej 90% kwantyla: w okresie 2011-2030 przewidywany jest wzrost nawet o 10% (scenariusz B1), spadek o nawet 5% (scenariusz A2).

Przewidywane zmiany w przypadku wiosny są bardziej spójne – w okresie 2011-2030 dni z opadem ekstremalnym mogą wystąpić o 5 do 10% rzadziej

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków opadowych w Polsce: liczba dni z opadem powyżej 10 mm



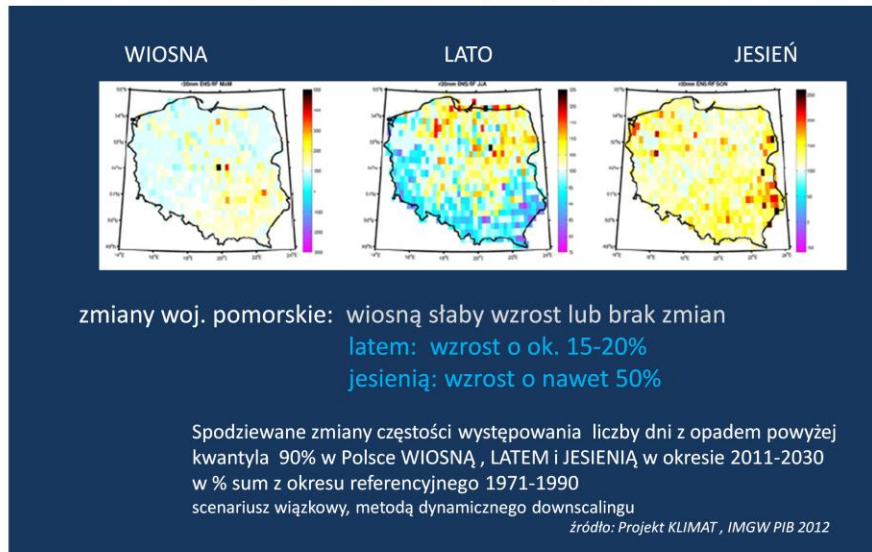
Zimą według scenariusza liczba dni z opadem powyżej 10 mm zwiększy się w woj. pomorskim o ok. 20 do 40% w stosunku do okresu referencyjnego.

Wiosną wzrost wyniesie ok. 10 do 20%

Woj. pomorskie jest jednym z regionów, w których przewidywany jest kilkuprocentowy wzrost liczby dni z opadem >10mm.

Jesienią w woj. pomorskim natomiast przewidywany jest wzrost częstości występowania dni z opadem >10mm o ok. 10 do 25%.

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków opadowych w Polsce: liczba dni z opadem powyżej 20 mm



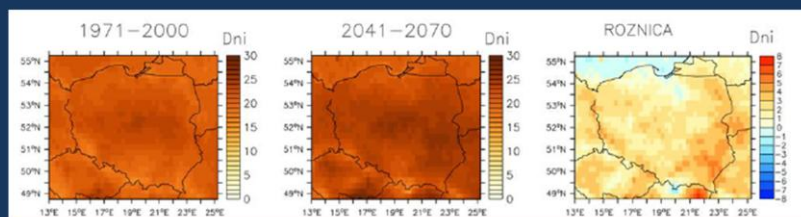
Liczba dni z opadem większym niż 20 mm wiosną w Polsce w okresie 2011-2030 wzrośnie, natomiast w woj. pomorskim nie zmieni się lub zmniejszy o ok. połowę w stosunku do okresu referencyjnego.

Latem liczba dni z opadem ponad 20 mm wzrośnie w Polsce północnej, a w południowej – zmaleje. W woj. pomorskim przewidywany wzrost wyniesie ok. 15 do 20% w stosunku do okresu referencyjnego

Jesienią liczba dni z takim opadem będzie w woj. pomorskim zwiększył się o około 50%, na Wybrzeżu będzie mogło wystąpić nawet 2-3 takich dni.

Zima – nie była uwzględniana, gdyż niemal nie odnotowuje się dni z taką sumą dobową opadu.

Spodziewane zmiany ekstremalnych warunków opadowych w Polsce: liczba najdłuższych okresów bezopadowych



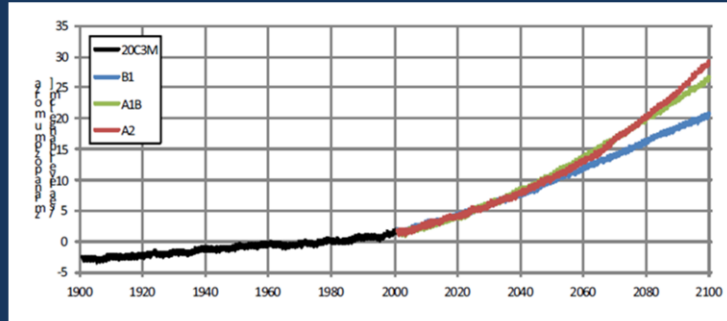
woj. pomorskie : **wydłużenie najdłuższego okresu bezopadowego o ok. 2-3 dni**

Okresy bezopadowe (najdłuższy ciąg dni z opadem <1 mm/dobę) w ROKU
w latach 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi

źródło: IOŚ PIB 2013b, Projekt KLIMADA,

W całej Polsce w okresie 2041-2070 nastąpi wydłużenie okresów bezopadowych w stosunku do lat 1971-2000. W woj. pomorskim przewidywana zmiana wyniesie ok. 2-3 dni

Poziom morza zmiany globalne

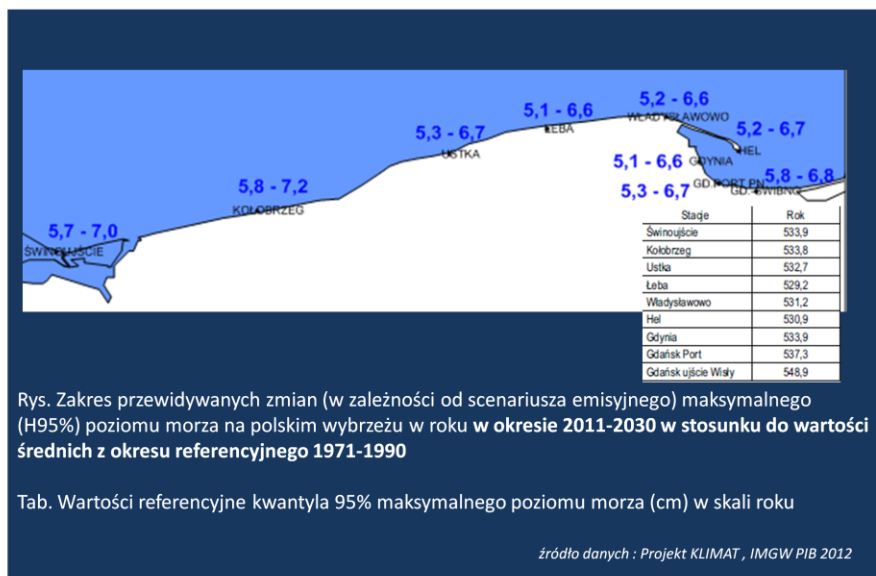


Zmiana globalnego poziomu morza w okresie XX w. (20C3M – symulacja dla XX w.) i symulacje w XXI w. (scenariusze wiążkowe B1, A1B, A2) w odniesieniu do średniej z okresu 1971-1990

źródło: Projekt KLIMAT, IMGW PIB 2012

Ze względu na lokalizację woj. pomorskiego w sąsiedztwie Morza Bałtyckiego, ważnym elementem jest poziom morza. Symulacje zmian poziomu morza w XXI wieku wykazują postępujący wyraźny wzrost globalnego poziomu morza, co odzwierciedla się w zmianach poziomu morza także na Bałtyku.

Szczególnie niebezpieczne są ekstremalnie wysokie poziomy morza, przyczyniają się do powstawania wezbrań sztormowych i powodzi na sąsiadujących obszarach.



Według scenariuszy wartość kwantyla 95% maksymalnego poziomu morza w skali całego roku na wybrzeżu woj. pomorskiego w okresie 2011-2030 wzrośnie w stosunku do lat 1971-1990 o około 5 cm , a w rejonie Półwyspu Helskiego nawet od 6,6 do 6,8 cm.

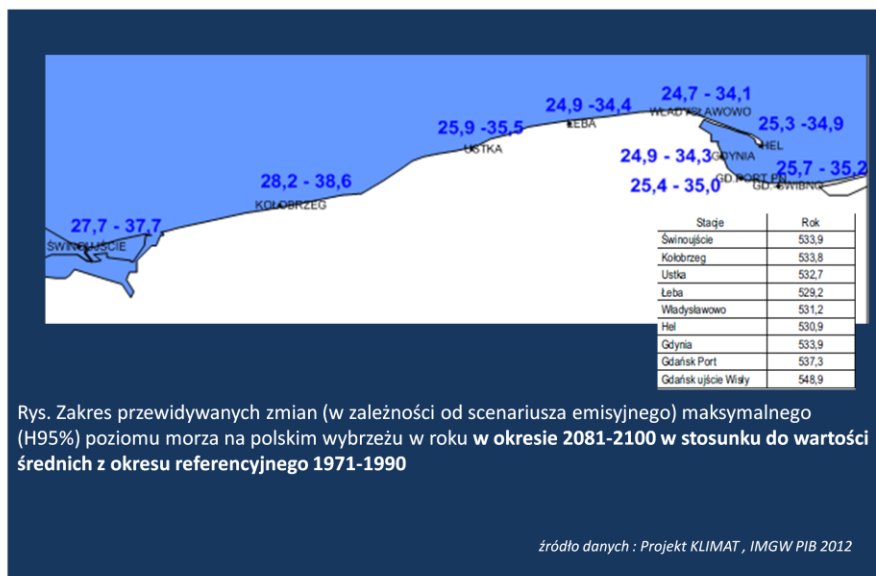
Zimą przewidywane zmiany mogą wynieść 1,1 cm w Ujściu Wiśły (wg scenariusza A2) do 8 cm Ustka (wg B1)

Wiosną wzrost wyniesie od 3,1 cm w Łebie do 5,7cm w Ujściu Wiśły (wg scenariusza A2)

Latem przewidywany wzrost wyniesie od 4cm w Ustce (wg scenariusza A2) do nawet 10 cm Ujściu Wiśły (wg A1B)

Jesienią przewidywany wzrost wyniesie od 5,6 cm we Władysławowie (wg scenariusza A1B) do 7,6 cm w Ustce i Łebie (wg scenariusza A2)

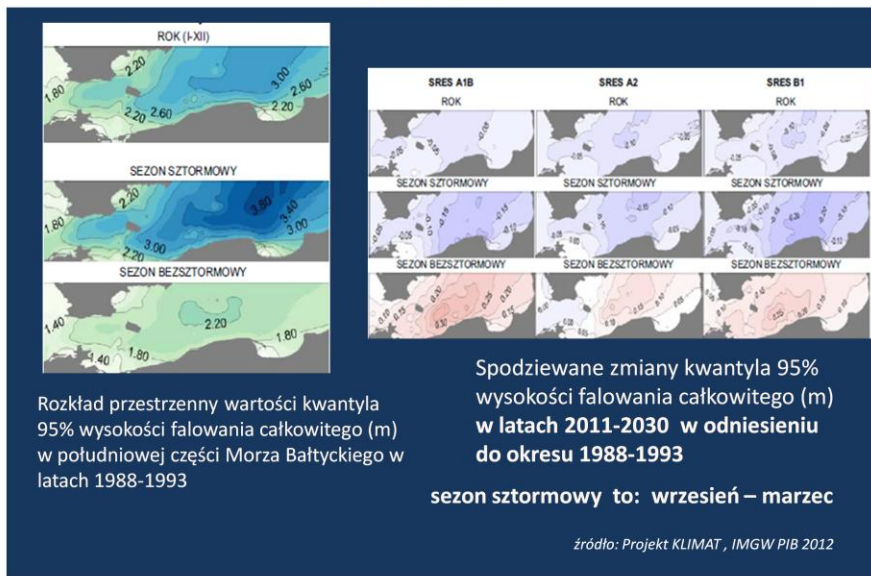
Spodziewane zmiany ekstremalnego poziomu morza zmiany 95% kwantyla, 2081-2100



Z kolei według scenariuszy, w okresie 2081-2100 nastąpi znaczny wzrost wartości maksymalnych poziomu morza. Przewidywane dodatnie zmiany kwantyla 95% na wybrzeżu woj. pomorskiego wyniosą od około 25 do około 35 cm.



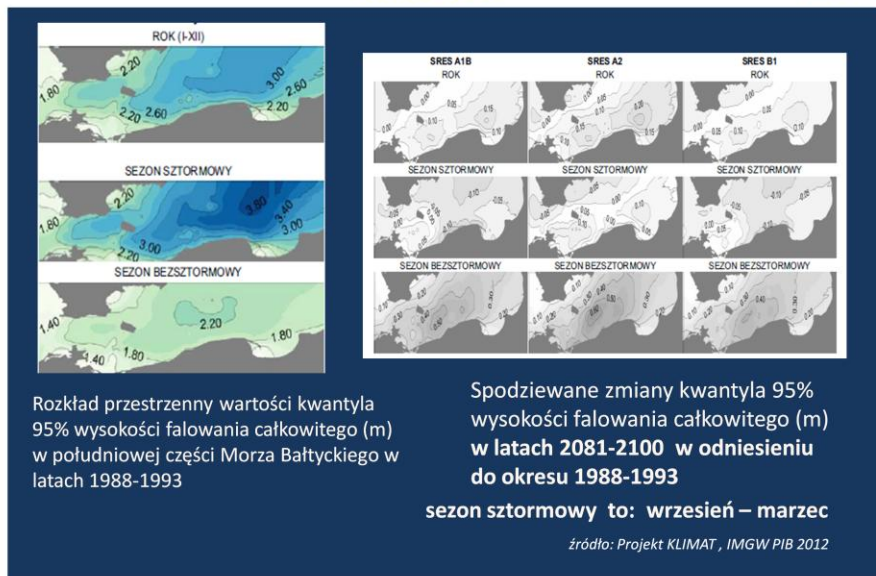
Spodziewane zmiany ekstremalnego poziomu morza 95% kwantyl wysokości falowania całkowitego, 2011-2030



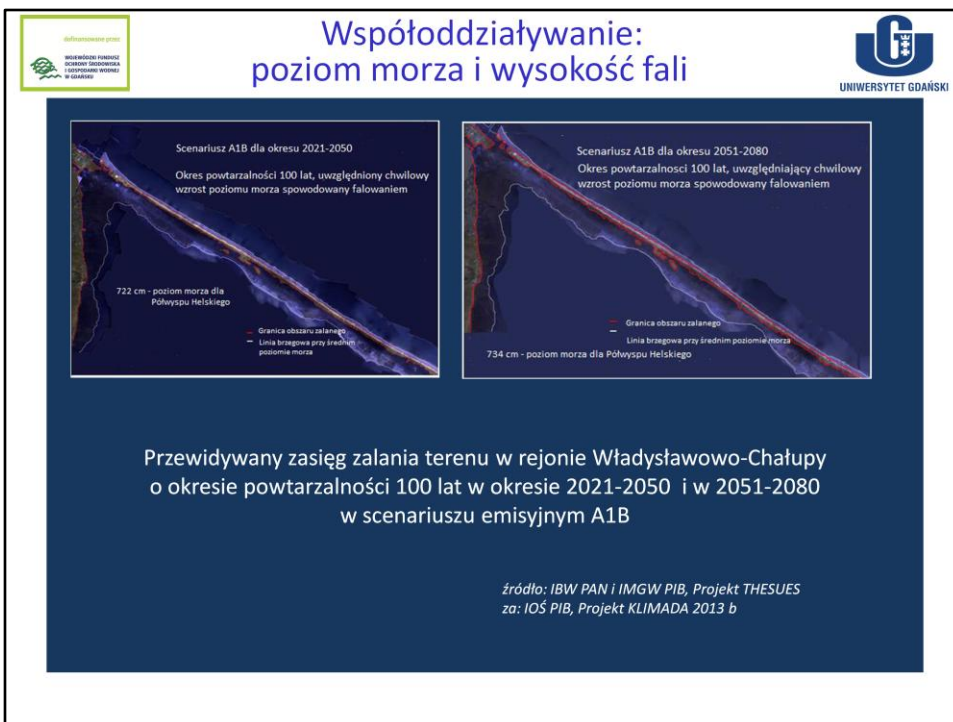
W okresie 2011-2030 w odniesieniu do okresu referencyjnego 1988-1993 spodziewane zmiany kwantyla 95% wysokości falowania całkowitego w skali roku oraz sezonu sztormowego w będą nieznaczne: nastąpi nieznaczny spadek (o ok. 5 – 15 cm).

W sezonie bezsztormowym natomiast przewidywany jest wzrost wartości kwantyla o 15 do ok. 30 cm w stosunku do okresu referencyjnego 1988-1993.

Spodziewane zmiany ekstremalnego poziomu morza 95% kwantyl wysokości falowania całkowitego, 2081-2100

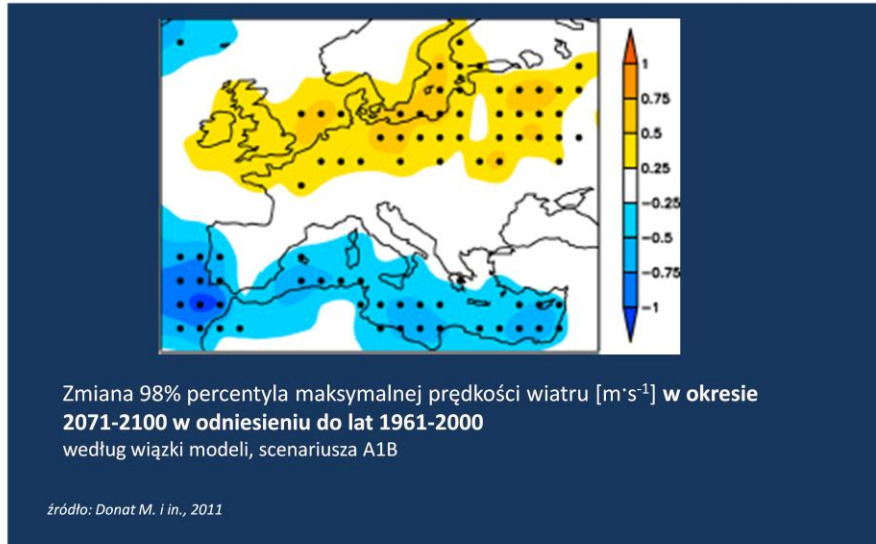


W okresie 2081-2100 przewidywany jest wzrost wartości kwantyla 95% wysokości falowania całkowitego wskaźnika w odniesieniu do okresu referencyjnego 1988-1993, w rejonie Głębi Gdańskiej mogące przekraczać 0,20 m (według scenariusza A2). W sezonie sztormowym zmiany będą zróżnicowane, w rejonie Głębi Gdańskiej wyniosą ok. 0,1 – 0,2 m cm. W sezonie bezsztormowym spodziewane zmiany kwantyla dodatnie różnice w stosunku do okresu referencyjnego przekroczą 0,50 m w przypadku scenariuszy A2 i B1.



Ryciny przedstawiają zasięg zalanych wskutek współoddziaływania zwiększonego poziomu morza i wysokiej fali terenów na Półwyspie Helskim w rejonie nasady półwyspu przez powódź o okresie powtarzalności 100 lat. W efekcie przewidywany w takiej sytuacji poziom morza w rejonie półwyspu wyniesie w latach 2020-2050 722 cm, natomiast w latach 2050-2080 osiągnie 734 cm. Skutki środowiskowe mogą być katastrofalne, z przerwaniem Półwyspu włącznie. (na podst. IBW PAN i IMGW PIB, Projekt THESEUS, za: IOŚ PIB Projekt KLIMADA 2013b)

Spodziewane zmiany ekstremalnej prędkości wiatru 98% percentyl maksymalnej prędkości wiatru



Badania międzynarodowe dotyczące zmian występowania wiatru o ekstremalnej prędkości przewidują wzrost liczby silnych sztormów (>8 Bft) w Europie Zachodniej i Środkowej. Wskazują na znaczny wzrost ilości i intensywności cyklonów umiarkowanych szerokości geograficznych w Europie Północnej, które mogą powodować wystąpienie wiatru o znacznej prędkości w Europie, zwłaszcza nad morzem i w regionach nadmorskich. Gwałtownie rozwijające się cyklony mogą powodować ekstremalnie trudne warunki pogodowe, z ekstremalnie silnym wiatrem i burzami (na podst. NMI 2013).

Na rysunku widoczny jest zasięg wzrostu wartości 98% percentyla maksymalnej prędkości wiatru, który przewidywany jest w Europie północnej (podczas gdy w Europie południowej przewidywany jest spadek wartości tego kwantyla). Województwo pomorskie znajduje się na obszarze, na którym przewidywany jest wzrost wartości kwantyla o około $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (na podst. Donat M. i in. 2011, NMI 2013)

Z przewidywanym wzrostem temperatury globalnej można wiązać częstsze występowanie i nasilenie zjawisk :

burza

grad

gołoledź

trąby powietrzne

gwałtowne opady deszczu powodujące lokalne powodzie *flash flood*

Przewidywany wzrost temperatury globalnej będzie przyczynić się do:

-częstszego występowania i nasilenia zjawisk tj.:

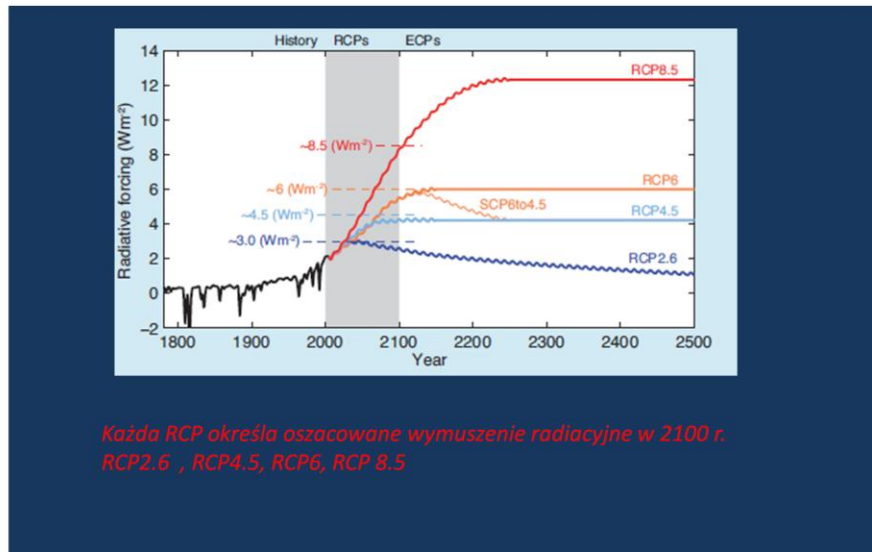
burze, grad, trąby powietrzne, gołoledź, gwałtowne opady deszczu powodujące lokalne powodzie *flash flood*

Brak jest jednak wystarczających wyników badań, aby przewidzieć przyszłe zmiany, szczególnie z uwagi na często lokalny charakter tych zjawisk (na podst. IOŚ PIB, Projekt KLIMADA 2013b)

*Nowe scenariusze uwzględniają
nie bezpośrednio drogi rozwoju świata
(jak w SRES), ale
długoterminowe poziomy stężenie gazów
cieplarnianych, gazów aktywnych chemicznie
oraz pokrycie terenu i użytkowanie gruntów
Uwzględniają długoterminowe poziomy stężenie
oraz czas do ich osiągnięcia.*

Obecnie coraz częściej uwzględniane jest stosowanie scenariuszy emisyjnych „nowej generacji” RCP's (Representative Concentration Pathway) które zostały przyjęte przez w najnowszym, Piątym Raporcie IPCC.

Uwzględniają one nie wprost „drogi rozwoju świata”, ale czynników mających wpływ na wymuszenia radiacyjne, jak stężenia gazów cieplarnianych, gazów aktywnych chemicznie, jak również charakter pokrycia terenu i użytkowania gruntów.



Określono cztery scenariusze RCPs, nazwane odpowiednio do wymuszenia radiacyjnego w 2100 r.

RCP8.5 przewiduje wzrost emisji gazów cieplarnianych w czasie, co doprowadzi do wysokich poziomów ich stężeń

RCP6.0 przewiduje sytuację, w której emisja szybko wzrośnie do 2060, a następnie zmniejszy się

RCP4.5 zakłada podjęcie szybkich działań w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, która osiągnie najwyższy poziom w 2040, a następnie mocno zmaleje, aż 2080r.

RCP2.6 zakłada realizację działań, które pozwolą na ograniczenie globalnego ocieplenia poniżej 2°C, emisja maleje gwałtownie po 2020 i zostanie zminimalizowane w 2080r. i latach kolejnych (bardzo mało realny)

KNMI Climate Change Atlas

http://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py

UNIWERSYTET GDAŃSKI

Climate Explorer
European Climate Assessment & Data
KNMI
search in the Climate Ex

Help
News
About
Contact
Seasonal forecast verification
Climate Change Atlas

KNMI Climate Change Atlas

Select a region
 Type: ☐ IPCC WG1 ☒ countries ☐ place ☐ box
 Country:

Select a season
 Season:

Select a dataset and variable
 Dataset:
 Variable:
☒ absolute ☐ relative changes are shown
 Output: ☒ map ☐ time series

Map options
 Scenario:
 Measure:
 Reference period: -
 Future period: -
 Mean/percentiles:

Make map May take up to 20 minutes the first time a season / measure is selected

Legend
 CDD: maximum length of dry spell
 CWD: maximum length of wet spell
 CSDI: cold spell duration index
 DTR: daily temperature range
 FD: number of frost days
 ID: number of icing days
 GSL: growing season length
 PRCP_TOT: annual total precipitation in wet days
 R1mm: annual count of days when PRCP ≥ 1mm
 R10mm: annual count of days when PRCP ≥ 10mm
 R20mm: annual count of days when PRCP ≥ 20mm
 R5pTOT: annual total PRCP when RR > 95p
 R9pTOT: annual total PRCP when RR > 99p
 Rx1day: annual maximum 1-day precipitation
 Rx5day: annual maximum consecutive 5-day precipitation
 SDI: simple precipitation intensity index
 TN10p: percentage of days when TN < 10th percentile
 TN90p: percentage of days when TN > 90th percentile
 TMin: annual minimum value of daily minimum temperature
 TMax: annual maximum value of daily maximum temperature

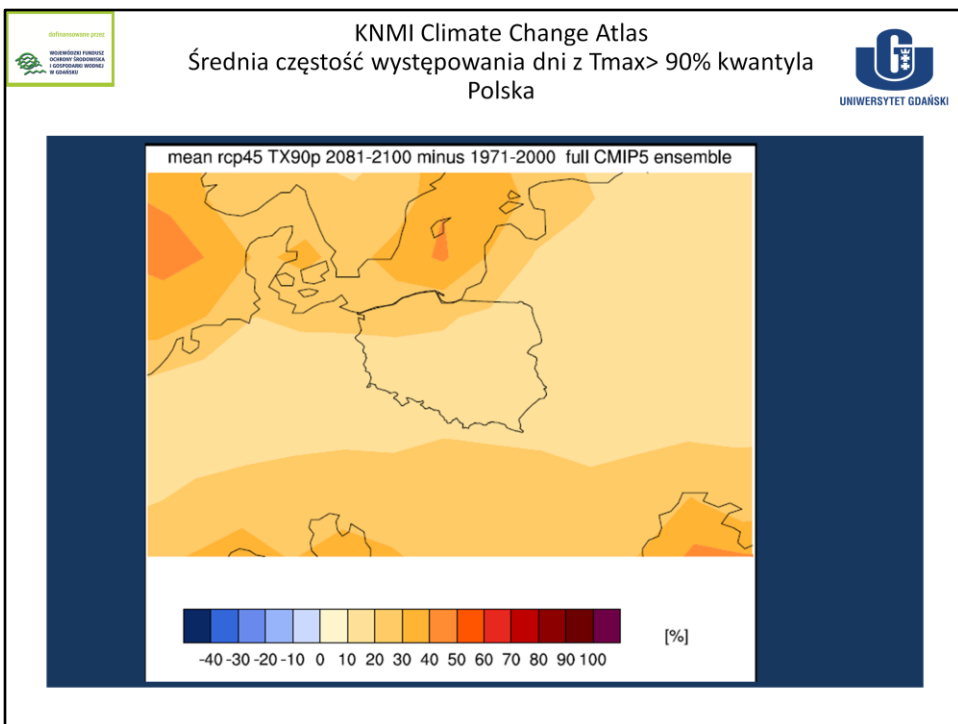
„Atlas regionalnych zmian klimatu” - opracowany przez IPCC i udostępniony w wersji internetowej przez Królewski Instytut Meteorologiczny (KNMI) pod nazwą Climate Explorer.

Strona internetowa : w wyszukiwarce : „Climate explorer KNMI”

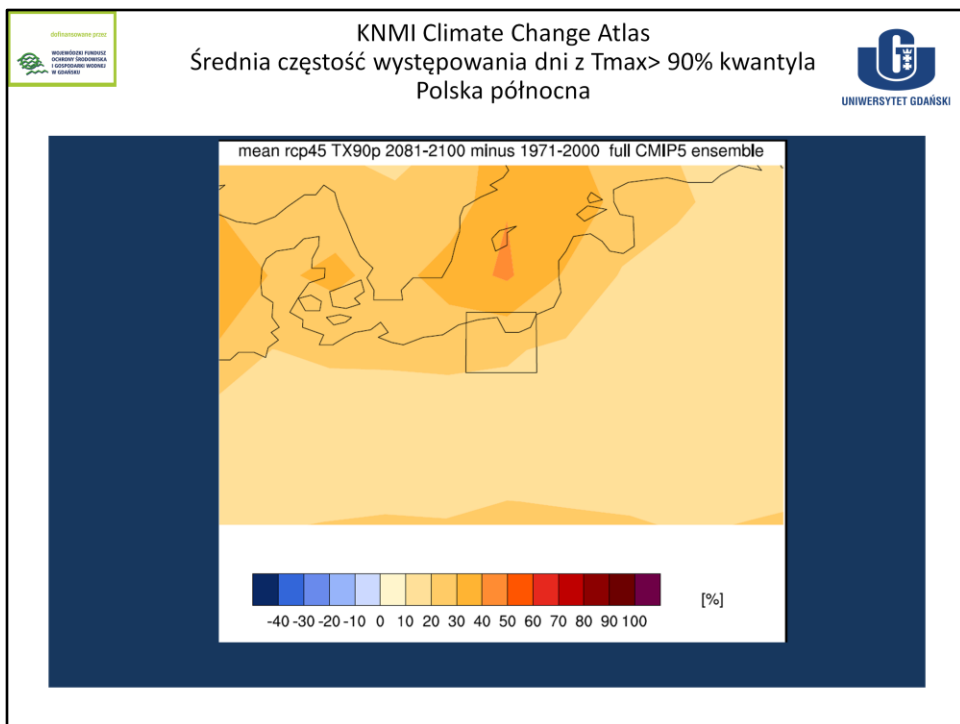
Adres : http://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py

Umożliwia sprawdzanie przewidywanych zmian różnych elementów w różnej skali przestrzennej.

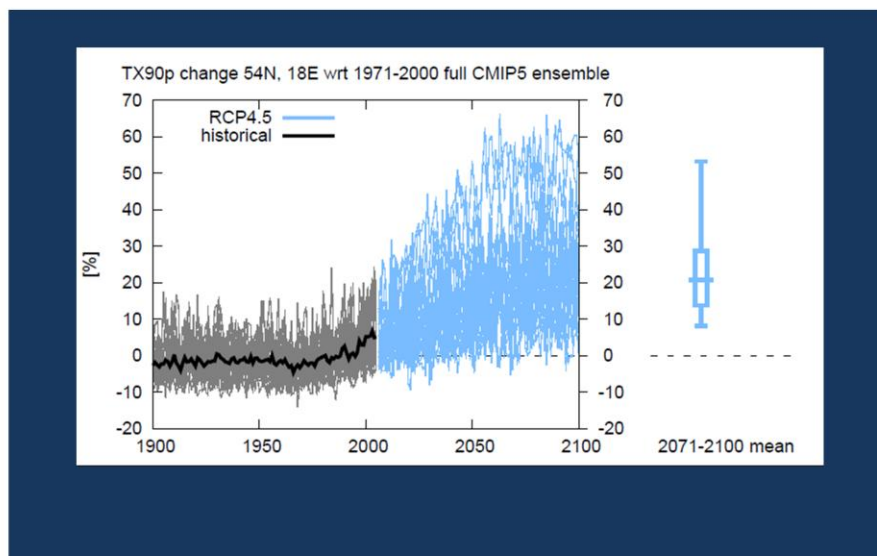
Należy wybrać region (np. kraj) lub miejsce (Gdańsk - współrzędne geograficzne), (np. zakres czasowy(np.„dane roczne”)
 element (np. „Extremes full set”),
 rodzaj scenariusza (np. RCP4.5)
 badany okres i okres referencyjny (np. 2081-2100 i 1971-2000)



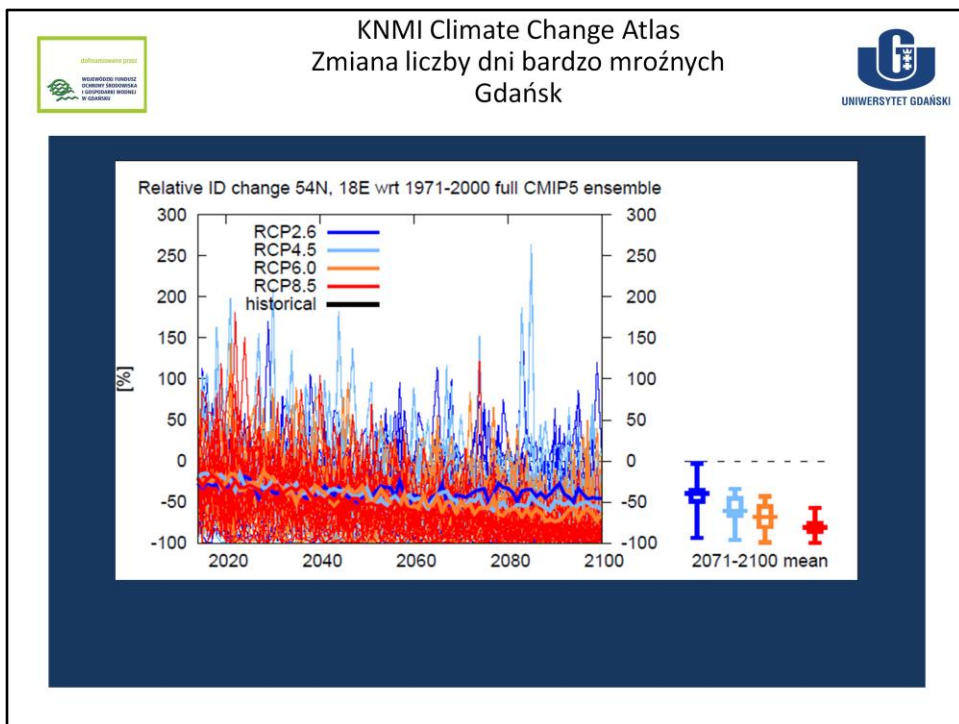
wygenerowany przykład – w skali roku dni z temperaturą maksymalną powyżej 90% kwantyla w Polsce będą w latach 2081-2100 występować o 20-30% częściej niż w latach 1971-2000 (uwzględniając scenariusz RCP4.5)



wygenerowany przykład – w skali roku dni z temperaturą maksymalną powyżej 90% kwantyla w woj. pomorskim będą w latach 2081-2100 występować o 20-30% częściej niż w latach 1971-2000 (uwzględniając scenariusz RCP4.5)



wygenerowany przykład – w skali roku liczba dni z temperaturą maksymalną powyżej 90% kwantyla w Gdańsku będą w latach 2081-2100 występować średnio o 20% częściej niż w latach 1971-2000, jednakże zakres zmian może wynieść nawet ponad 50% (uwzględniając scenariusz RCP4.5)



Wygenerowany przykład –roczna liczba dni bardzo mroźnych w Gdańsku do 2100 roku zmaleje, średnio zmiana ta może wynieść, w zależności od przyjętego scenariusza RCP, od około 25% do prawie 100%.

Literatura

- Donat M.G., Leckebusch G., Wild S., Ulbrich U. 2011, Future changes in European winter storm losses and extreme wind speeds inferred from GCM and RCM multi-model simulations, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11
- Giorgi F., 2008 Regionalization of climate change information for impact assessment and adaptation, *WMO Bulletin*, Volume 57 (2) — April 2008, 86
- Grains Research and Development Corporation, Australia, Climate Kelpie Communicating climate change, Climate change- a scientific basis for concern: http://www.climatekelpie.com.au/images/stories/pdfs/2%20climatechangebackground_final.pdf
- IMGW PIB - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB 2010, Projekt KLIMAT, Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego), Raport merytoryczny zadania 1: http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2011/02/zad_1_R2010w.pdf
- IMGW PIB - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB 2012, Projekt KLIMAT: Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego); Monografie, Tom 1: Wibig J. Jakusik E. (red.) Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku południowym – spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa
- IOŚ PIB - Instytut Ochrony Środowiska PIB, Projekt KLIMADA, 2013a, Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu, www.klimada.mos.gov.pl
- IOŚ PIB - Instytut Ochrony Środowiska PIB, Projekt KLIMADA 2013b, Raport: Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu: <https://infosigw.gov.pl/download/gfx/infosigw/pl/nfoekspertyzy/858/91/1/2011-173-3b.pdf>
- IPCC 2001 A Report of Working Group III <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=81>
- IPCC 2007, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html
- IPCC, 2007, *Zmiana klimatu 2007: Raport Syntetyczny. Wkład Grup roboczych I, II i III do Czwartego Raportu Oceniającego Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu, tłumaczenie polskie*, Wyd. IOŚ, Warszawa 2008
- IPCC, 2013a: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2013 b: Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC, 2014a: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014b, Synthesis Report, *Climate Change 2014, The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* oraz SYR_presentation: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Kozuchowski K. (red.) 2009 *Meteorologia i klimatologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Nauka o klimacie, portal popularnonaukowy, Malinowski Sz., Kardaś A., Popkiewicz M., (red.), <http://naukaoklimacie.pl/>
- NASA 2014 <http://esw.climate.nasa.gov/2014/09/earth-system>
- <http://nasaesw.strategies.org/wp-content/uploads/2014/09/Earth-e1411495688378.jpg>
- <http://nasaesw.strategies.org/wp-content/uploads/2014/09/Five-Spheres.png>
- Norwegian Meteorological Institute, The Norwegian Academy of Science and Letters 2013, Extreme Weather Events in Europe: preparing for climate change adaptation
- Trenberth K., Fasullo J., Kiehl J. 2009, Earth's Global Energy Budget, *Bulletin of American Meteorological Society*, March (3)

*Treść wykładów uzupełnioną o
dodatkowe informacje można
pobrać na stronach
Katedry Meteorologii i Klimatologii
IG UG*

www.klimat.ug.edu.pl

Dziękujemy za uwagę