



Scenariusze zmian klimatu

dr Aneta Afelt

**Interdyscyplinarne Centrum Modelowania
Matematycznego i Komputerowego**

Uniwersytet Warszawski



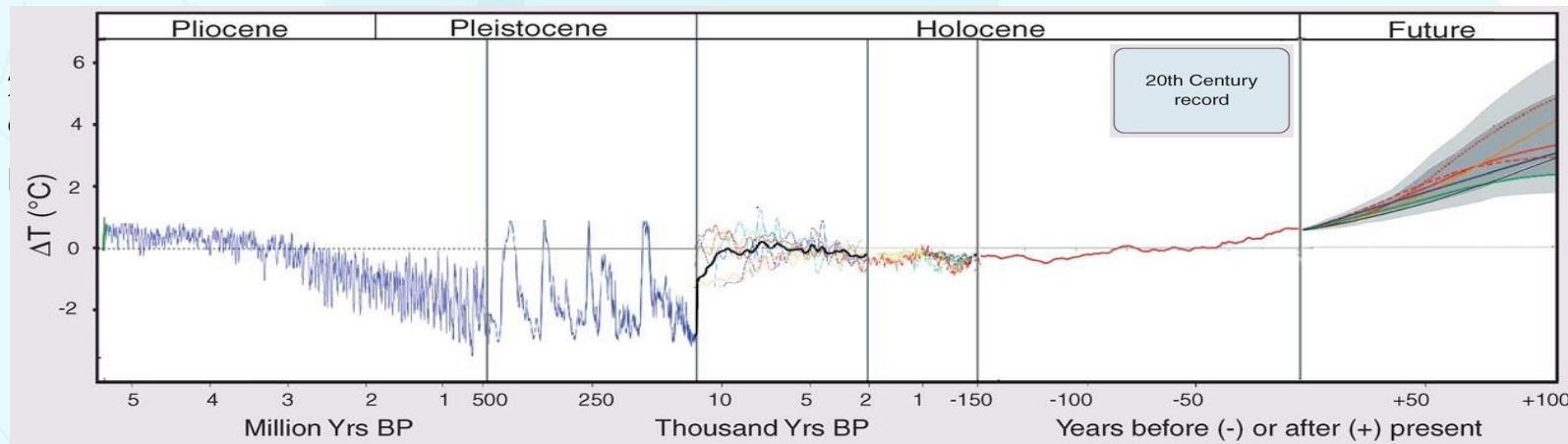


to warunki pogodowe panujące w dłuższym okresie czasu, w skali globalnej jest efektem pionowej i poziomej wymiany energii i masy między oceanem, lądem i atmosferą

Dwa ważne fakty:

1. W geologicznej skali czasowej klimat nigdy nie był stabilny

Istnieje kilka różnych skal czasowych zmian: (1) długa (100 mln lat); (2) średnia (1 mln lat); (3) krótka (160 000 lat), (4) okres współczesny (ostatnie stulecie)



jak i

Lokalny bilans energetyczny systemu ziemskiego uległ zmianie! Lato 2015 było pierwszym najcieplejszym sezonem od 1880 roku!



to warunki pogodowe panujące w dłuższym okresie czasu, w skali globalnej jest efektem pionowej i poziomej wymiany energii i masy między oceanem, lądem i atmosferą

Dwa ważne fakty:

1. W geologicznej skali czasowej klimat nigdy nie był stabilny

Istnieje kilka różnych skal czasowych zmian: (1) długa (100 mln lat); (2) średnia (1 mln lat); (3) krótka (160 000 lat), (4) okres współczesny (ostatnie stulecie)

2. W historii Ziemi po raz pierwszy dynamika zmian klimatu jest efektem zarówno procesów naturalnych, jak i antropogenicznych.

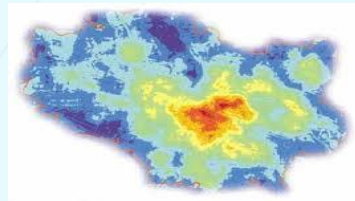
Bezpośredni i pośredni wpływ człowieka jest rejestrowany jako:



(1) land use change



(2) industrial gas and aerosoles emission

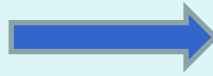


(3) the urban heat island

Lokalny bilans energetyczny systemu ziemskiego uległ zmianie! Lato 2015 było pierwszym najcieplejszym sezonem od 1880 roku!



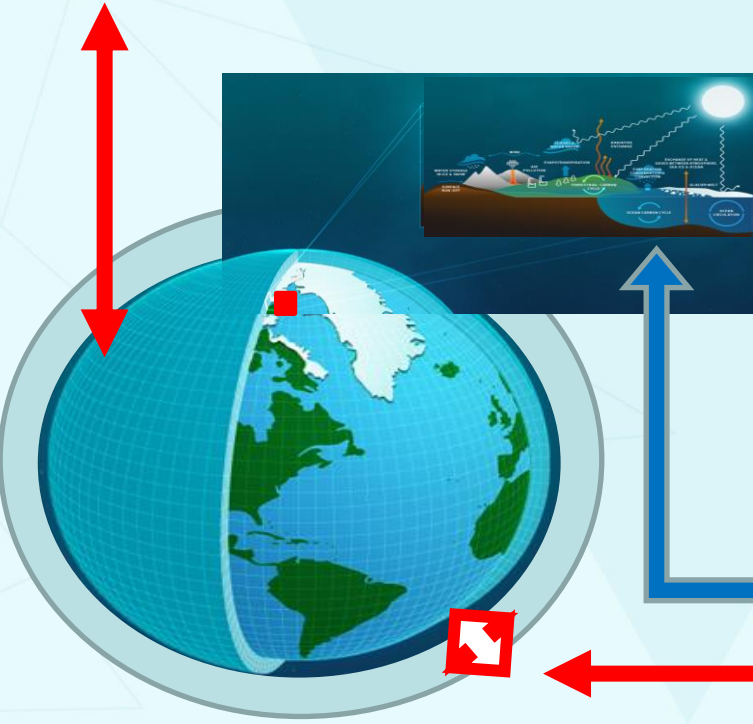
Przyszłość: globalne modele klimatu
jak działają modele?



jest matematycznym przedstawieniem interakcji pomiędzy oceanami i w ich obrębie, lądem, lodem i atmosferą.

Aby skonstruować modele klimatu,

Ziemia jest dzielona zgodnie z siatką południków i równoleżników



Proste modele mogą mieć tylko kilka "gridów"

Najbardziej złożone modele mogą mieć ponad sto tysięcy "gridów"



Przepływ energii, powietrza i wody jest przedstawiony w postaci siatek wymiany poziomej i pionowej

W zależności od modelu, możemy analizować proste elementy, takie jak bilans energetyczny ocean-atmosfera

lub złożone, takie jak oddziaływanie antropogeniczne: emisja gazów, zmiany pokrycia terenu itp.



A BRIEF OVE-RVIEW OF THE CLIMATE MODELS

Atmosphere–Ocean General Circulation Models (AOGCMs)

1. understand the dynamics of the physical components of the climate system
2. based on fundamental laws of nature (e.g., energy, mass and momentum conservation)
3. projections based on future greenhouse gas (GHG) and aerosol forcing

Earth System Models EMICs

1. current state-of-the-art models
2. expand on AOGCMs to include representation of biogeochemical cycles [carbon, sulphur, methane & permafrost, ozone]

Model name		AOGCM				ESM			
		Atmos	Land Surface	Ocean	Sea-Ice	Aerosol	Atmos Chem	Land Carbon	Ocean BGC
ACCESS1.0, ACCESS1.3	Austra								
BCC-CSM1.1, BCC-CSM1.1(m)	China								
BNU-ESM	China								
CanCM4	Canada								
CanESM2	Canada								
CCSM4									
CESM1 (BGC)									
CESM1 (WACCM)	USA	HT							
CESM1 (FASTCHEM)									
CESM1 (CAM5)									
CESM1 (CAM5.1-FV2)	USA								
CMCC-CM, CMCC-CMS	Italy	HT							
CMCC-CESM		HT							
CNRM-CM5	France								
CSIRO-Mk3.6.0	Austra								
EC-EARTH	Europe								
FGOALS-g2	China								
FGOALS-s2	China								
FIO-ESM v1.0	China								
GFDL-ESM2M, GFDL-ESM2G									
GFDL-CM2.1	USA								
GFDL-CM3		HT							
GISS-E2-R, GISS-E2-H	USA	HT				p2,p3*	p2, p3*		
GISS-E2-R-CC, GISS-E2-H-CC	USA	HT				p2,p3*	p2, p3*		
HadGEM2-ES	UK								
HadGEM2-CC	UK	HT							
HadCM3									
HadGEM2-AO	Korea								
INM-CM4	Russia								
IPSL-CM5A-LR / -CM5A-MR / -CM5B-LR	France	HT							
MIROC4h, MIROC5		HT							
MIROC-ESM	Japan	HT							
MIROC-ESM-CHEM		HT							
MPI-ESM-LR / -ESM-MR / -ESM-P	Germany	HT							
MRI-ESM1	Japan	HT							
MRI-CGCM3	Japan	HT							
NCEP-CFsv2	USA								
NorESM1-M	Norway								

Increasing complexity

Increasing resolution Atmosphere / Ocean

(total number of horizontal grid points)



8000 30000 52000

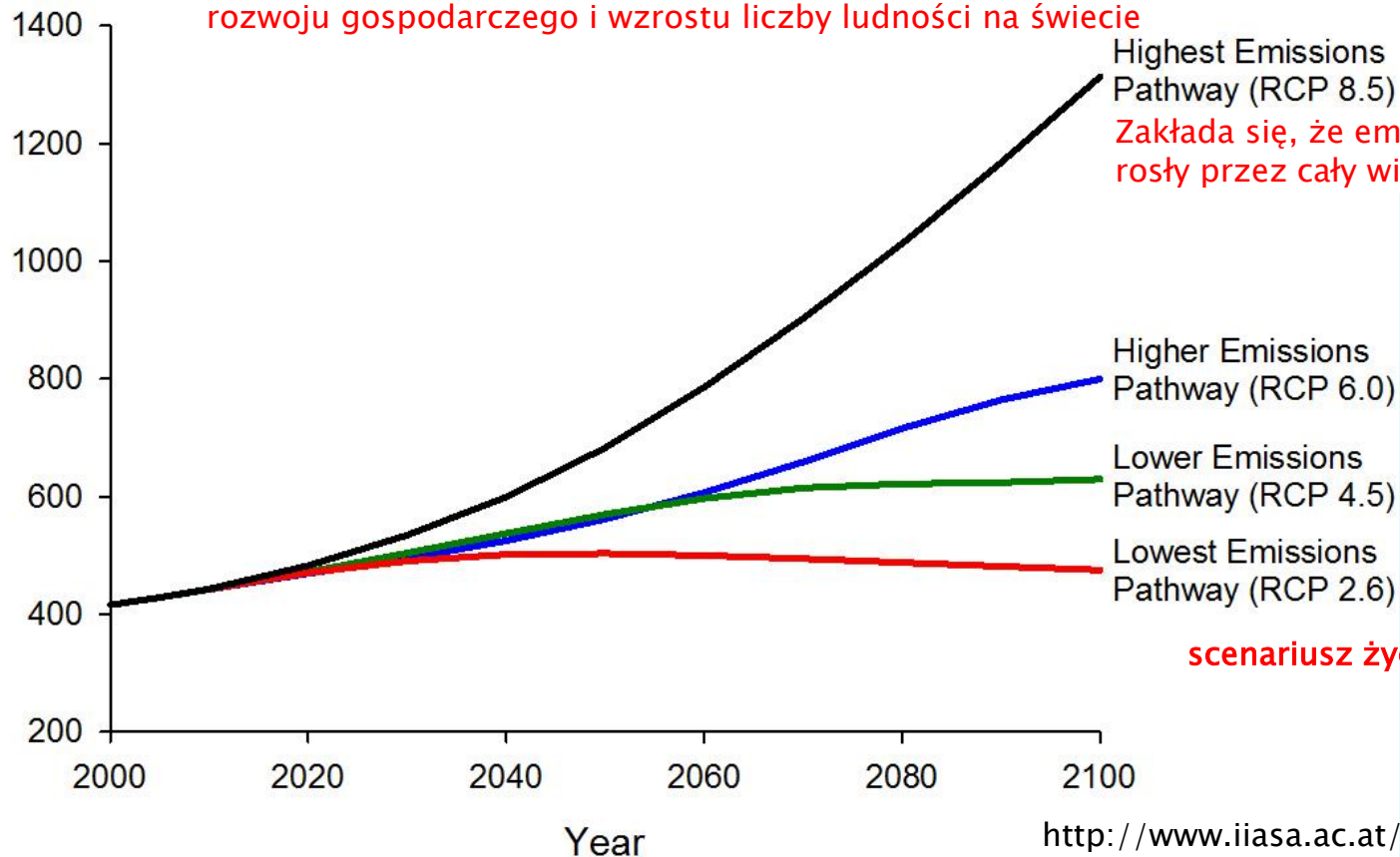


12000 50000 110000



Projected Atmospheric Greenhouse Gas Concentrations

scenariusze w zależności od różnych przewidywań dotyczących
rozwoju gospodarczego i wzrostu liczby ludności na świecie



Highest Emissions
Pathway (RCP 8.5)

Zakłada się, że emisje będą nadal
rosły przez cały wiek

Higher Emissions
Pathway (RCP 6.0)

Lower Emissions
Pathway (RCP 4.5)

Lowest Emissions
Pathway (RCP 2.6)

scenariusz życzeniowy!!!

Prognozowane zmiany temperatury, globalnie:
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC Report, 2013)

3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Okres: 2046-2065

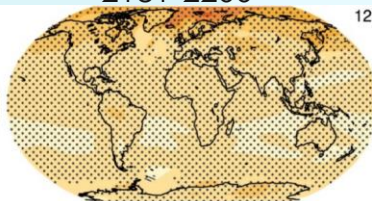
2081-2100

2181-2200

Scenariusz

RCP2.6

najniższy

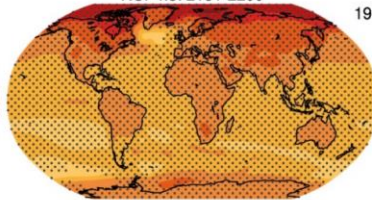
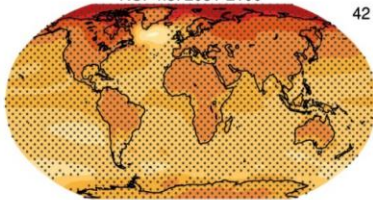
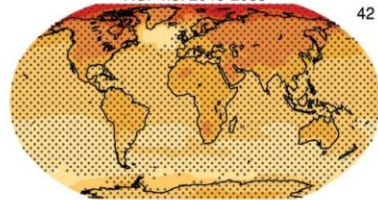


RCP4.5: 2046-2065

RCP4.5: 2081-2100

RCP4.5: 2181-2200

RCP4.5

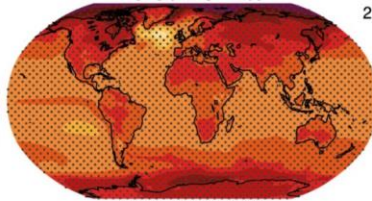
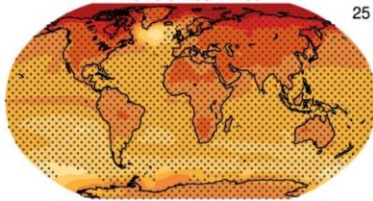
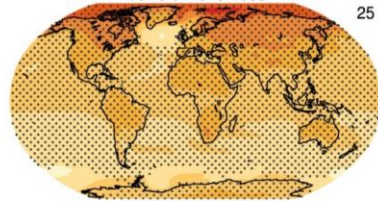


RCP6.0: 2046-2065

RCP6.0: 2081-2100

RCP6.0: 2181-2200

RCP6.0



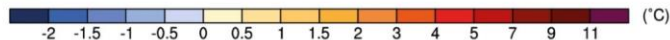
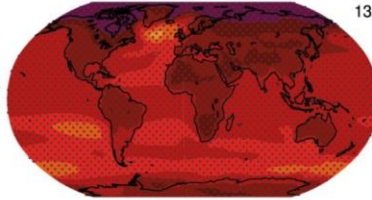
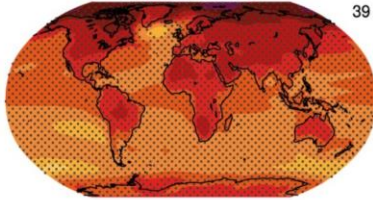
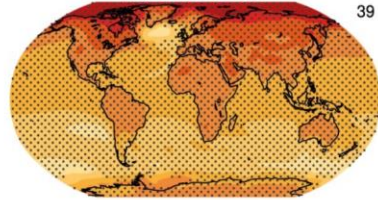
RCP8.5: 2046-2065

RCP8.5: 2081-2100

RCP8.5: 2181-2200

najwyższy

RCP8.5



Zmiany temperatury w relacji do wielolecia **1986-2005** wartości średnie

multi-model projections

Source: IPCC, 2013



Predykcja podstawowych miar zmian klimatu w Polsce, prognoza do końca XXI w.



Klimada 2.0
BAZA WIEDZY O ZMIANACH KLIMATU

Instytut Ochrony Środowiska-Państwowy Instytut Badawczy

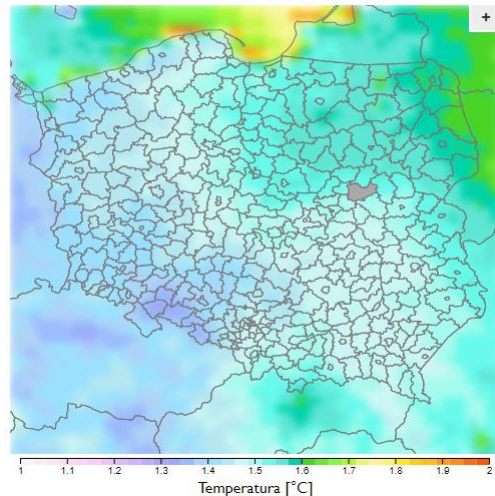
„Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększania odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń”



Cechy generalne stanu aktualnego i prognozowanego:

1. Obserwowane są trendy zmian parametrów klimatycznych w Europie i w Polsce
2. Projekcje przyszłego klimatu wykazują regionalne zróżnicowanie charakteru zmian temperatury i opadu, podobnie jak ma to aktualnie miejsce
3. Na obszarze Polski warunki termiczne i opadowe w ostatnich kilkudziesięciu latach wykazują zmiany o charakterze trendu
4. Podobnie jak znane warunki pomiarowe, przewiduje się, że również przyszły klimat cechować będą krótkookresowe fluktuacje
5. Prognozowany przyszły klimat będzie wyraźnie cieplejszy, szczególnie w chłodnej porze roku
6. Prognozuje się zmianę struktury opadów, w kierunku zanikania opadów śniegu na rzecz opadów deszczu
7. Prognozuje się zmianę ustroju hydrologicznego rzek

Porównanie: średnia temperatura dobowa - rok
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

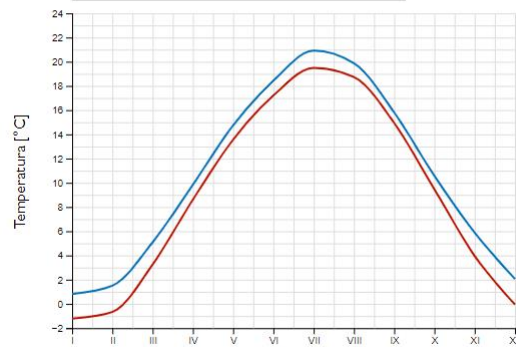
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

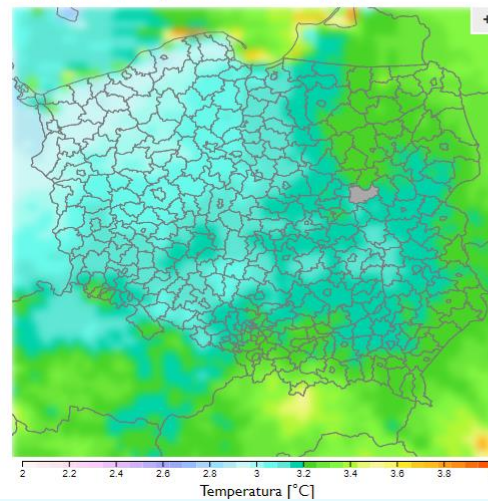
WOŁOMIŃSKI

Średnia temperatura miesięczna

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



Porównanie: średnia temperatura dobowa - rok
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Średnia temperatura powietrza,
w relacji do 2011-2020

Obszar

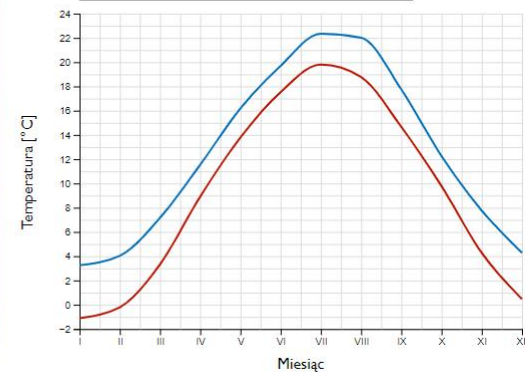
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

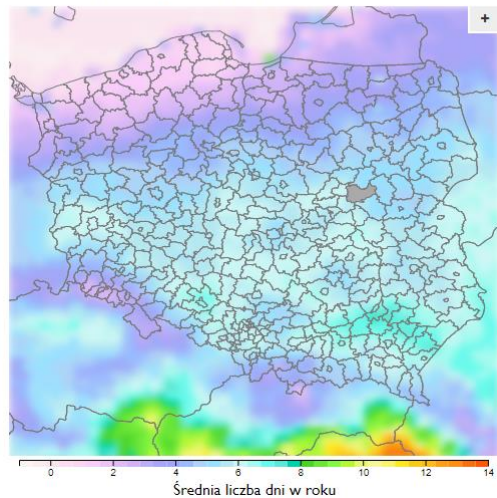
WOŁOMIŃSKI

Średnia temperatura miesięczna

— RCP 8.5 2011-2020 — RCP 8.5 2091-2100



Porównanie: liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

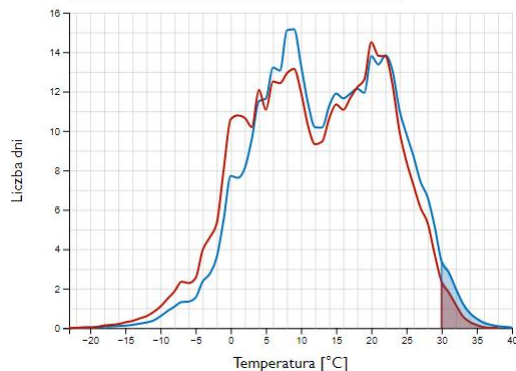
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze maksymalnej
i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



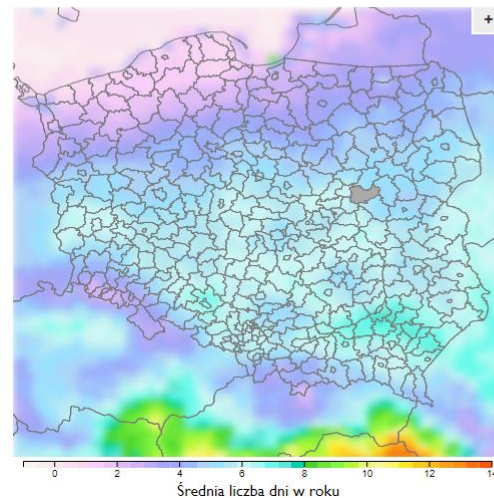
ych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Dekada 2011-2020

3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Liczba dni upalnych, $>30^{\circ}\text{C}$,
w relacji do 2011-2020



Obszar

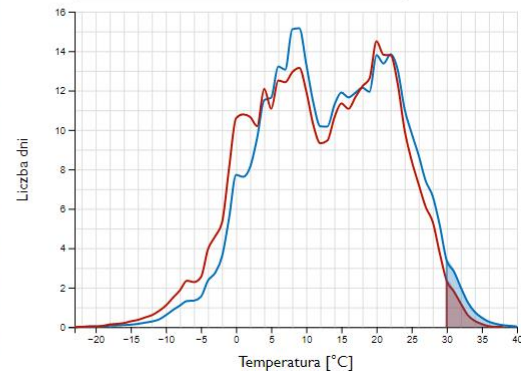
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

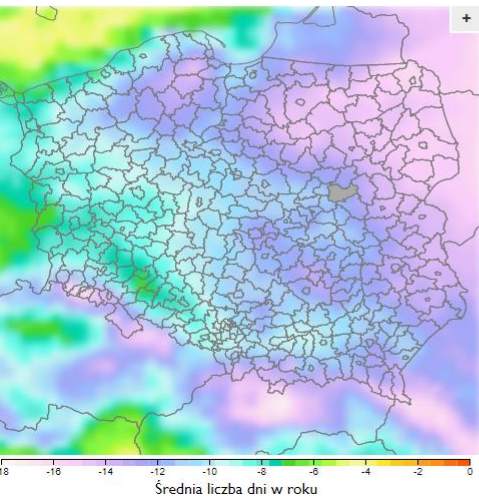
WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze maksymalnej
i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



Porównanie: liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$)
 Ōródło: Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

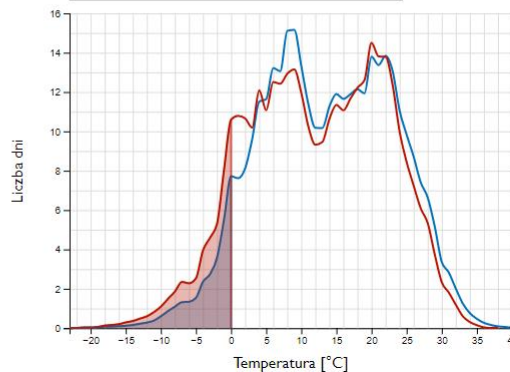
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze maksymalnej
 i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$)
 rana - Dekada 2011-2020

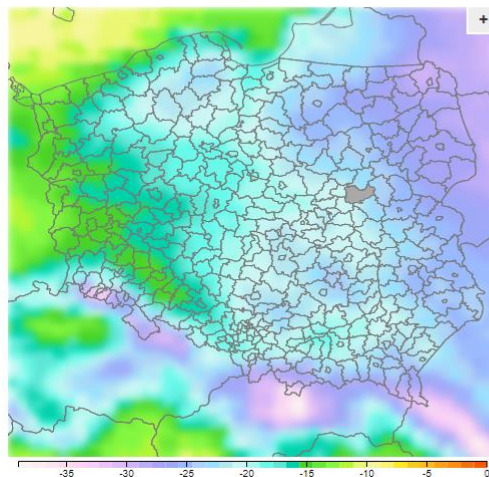
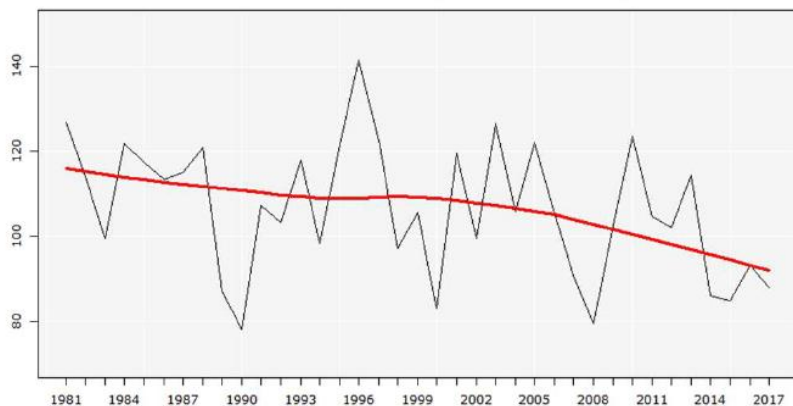
3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Liczba dni mroźnych, $< 0^{\circ}\text{C}$,
 w relacji do 2011-2020

Liczba dni w roku z temperaturą poniżej 0°C



Obszar

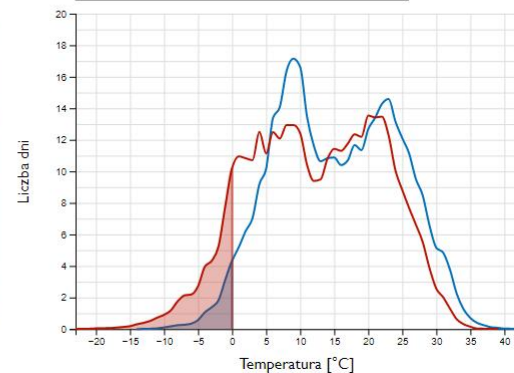
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

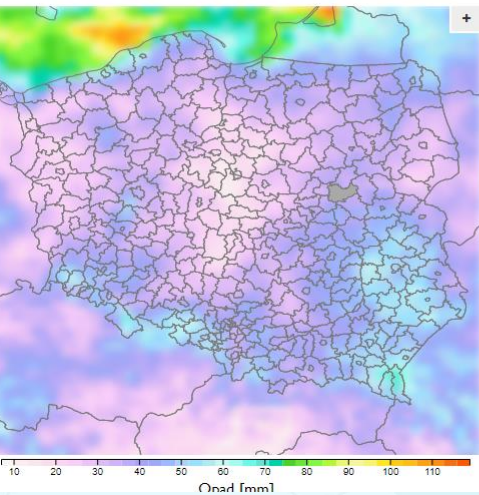
WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze maksymalnej
 i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 8.5 2011-2020 — RCP 8.5 2091-2100



Porównanie: suma opadu - rok
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



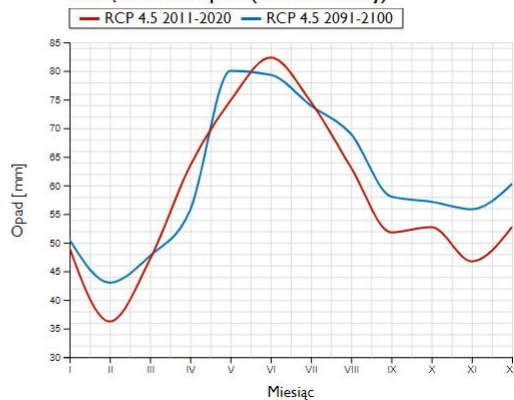
Obszar

POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

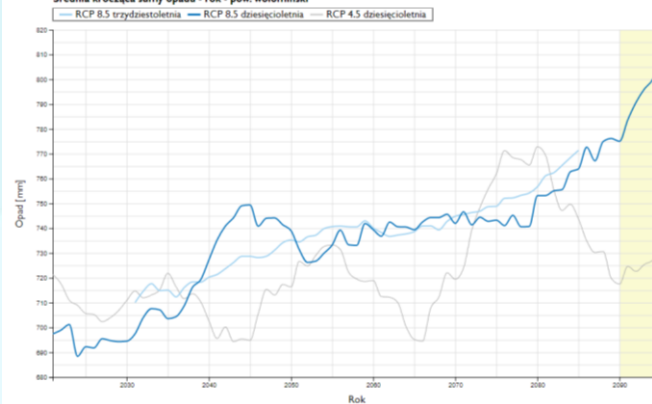
Miesięczna suma opadu (średnia z dekady)



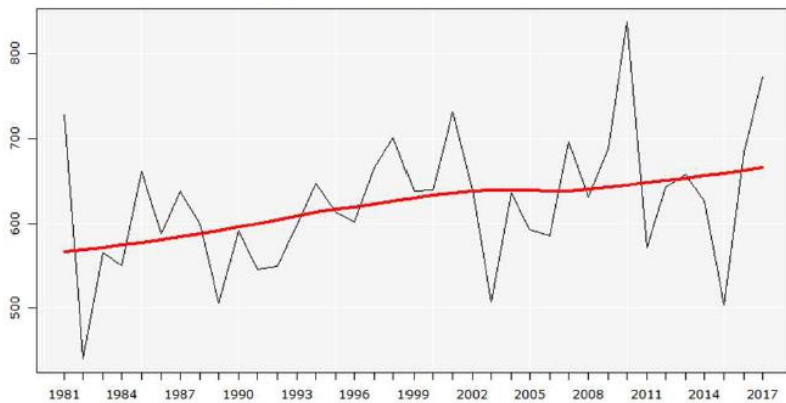
3FORUM PSH

08 MARCA 2022; ON-LINE

Średnia krocząca sumy opadu - rok - pow. wołomiński

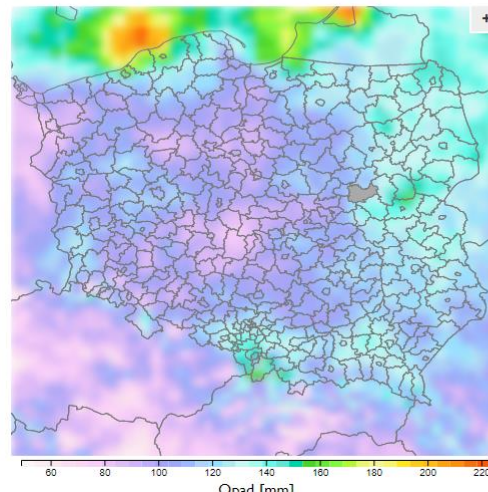


Suma roczna opadu dla Polski [mm]



Porównanie: suma opadu - rok

Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



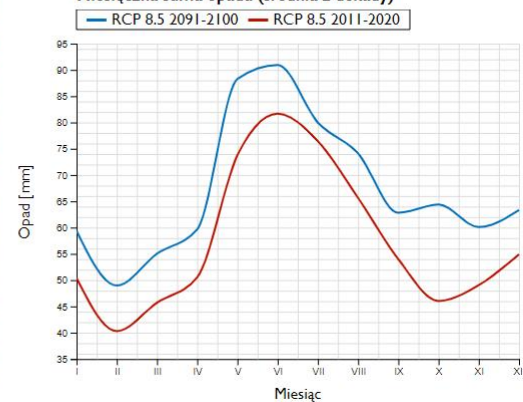
Obszar

POLSKA

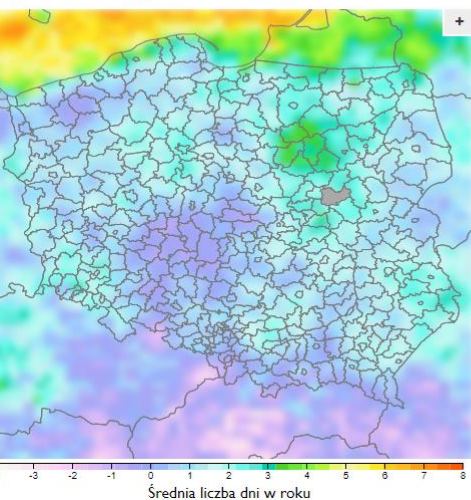
POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Miesięczna suma opadu (średnia z dekady)



Obliczanie: liczba dni w roku z opadem dziennym ≥ 1 mm
 Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

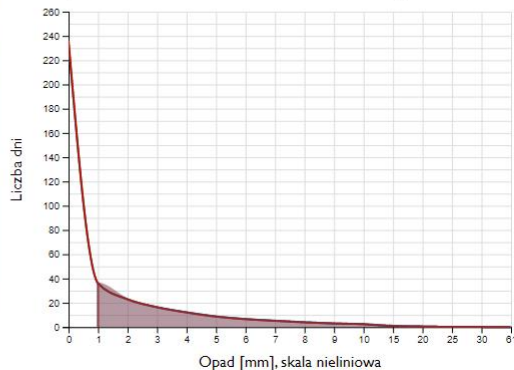
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

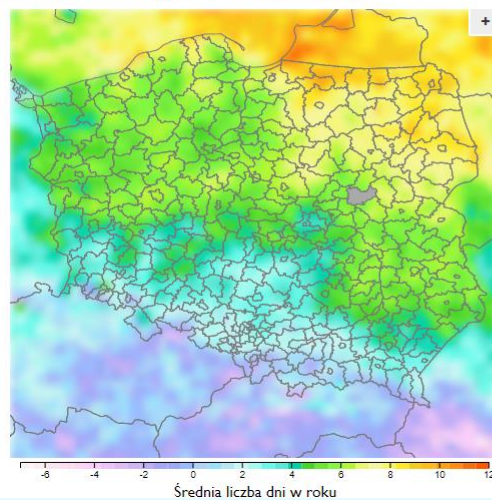
Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



dni w roku z opadem dziennym ≥ 1 mm

Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Obszar

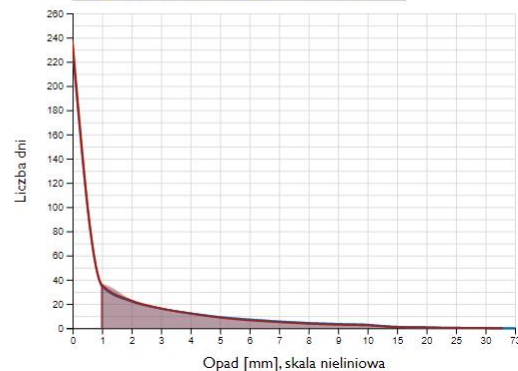
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

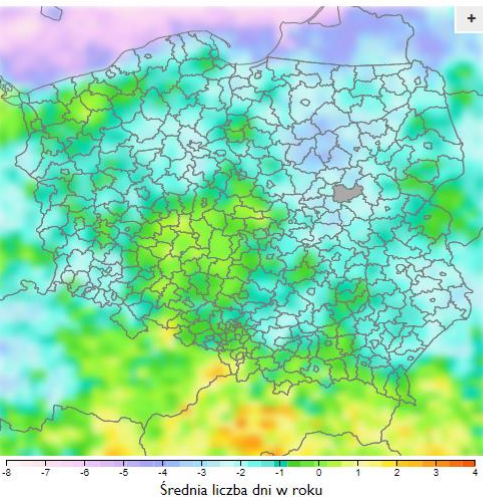
Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 8.5 2091-2100 — RCP 8.5 2011-2020



Liczba dni z opadem dobowym > 1 mm,
 w relacji do 2011-2020

Porównanie: liczba dni w roku bez opadu
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

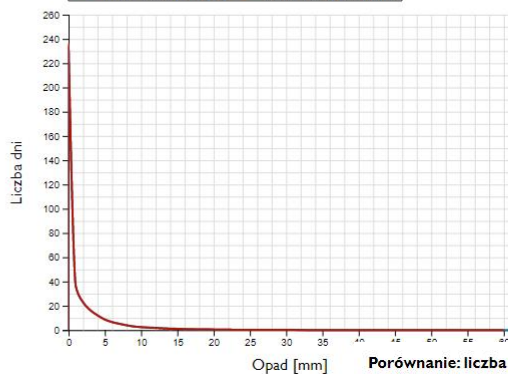
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

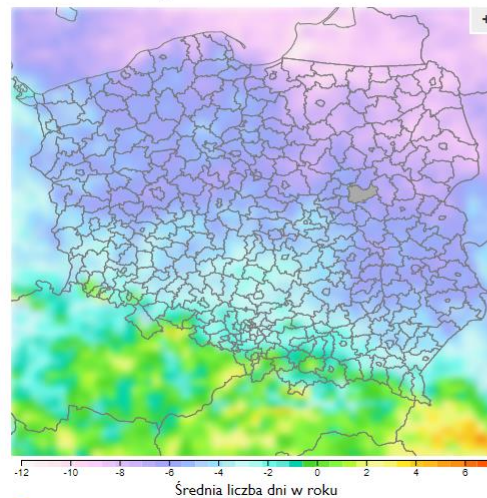
WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



Porównanie: liczba dni w roku bez opadu
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Obszar

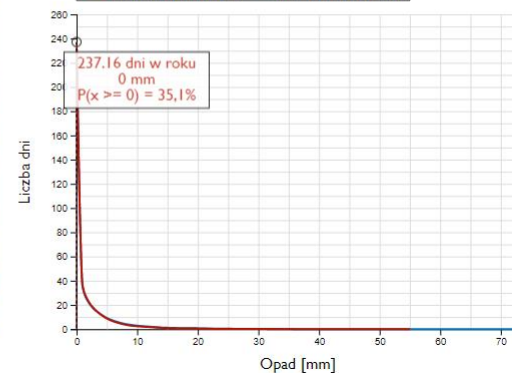
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

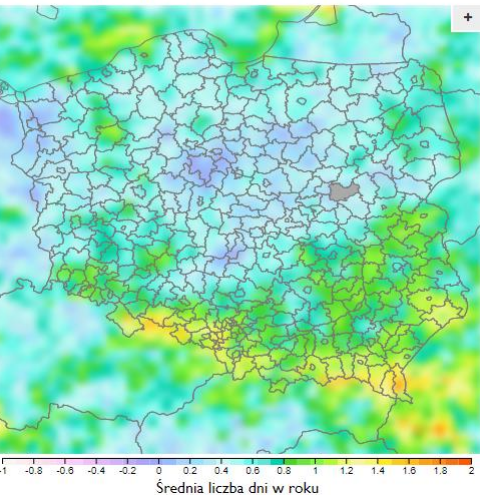
Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 8.5 2011-2020 — RCP 8.5 2091-2100



Liczba dni bez opadu,
w relacji do 2011-2020

Porównanie: liczba dni w roku z opadem dziennym ≥ 20 mm
 różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

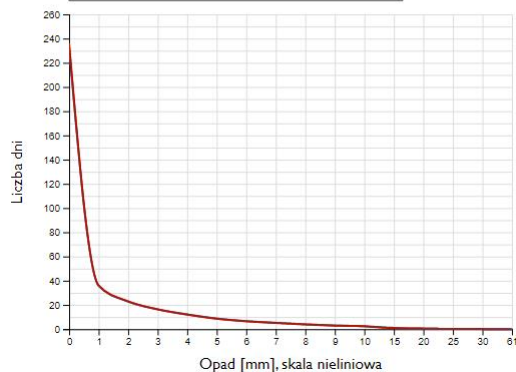
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



ni w roku z opadem dziennym ≥ 20 mm
 ybrana - Dekada 2011-2020

Średnia liczba dni w roku

3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Liczba dni z opadem >20 mm,
 w relacji do 2011-2020

Obszar

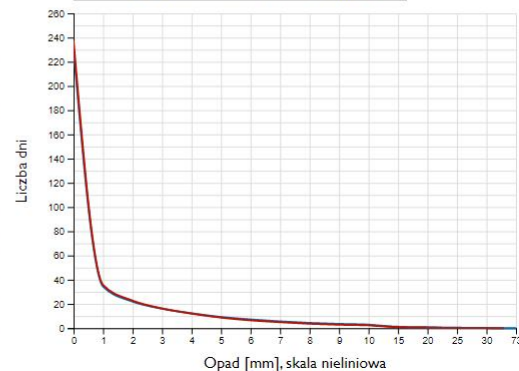
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

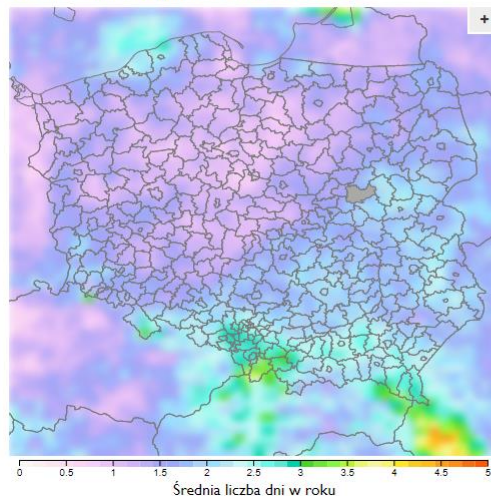
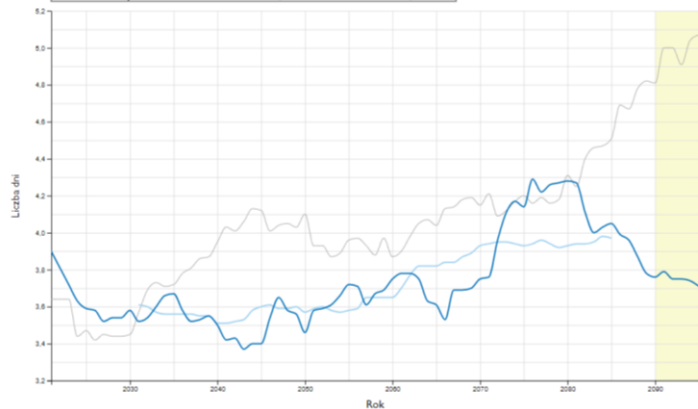
Liczba dni o danym opadzie i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 8.5 2011-2020 — RCP 8.5 2091-2100

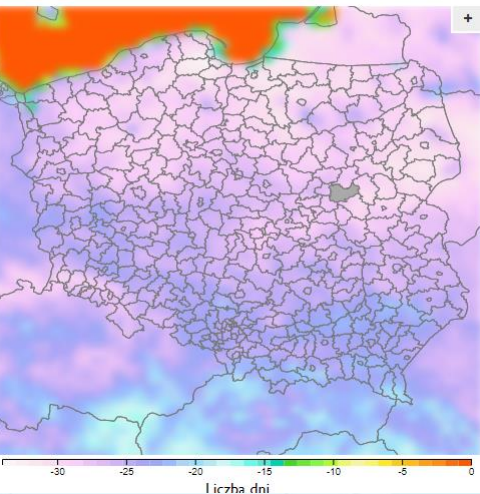


Średnia krocząca liczby dni w roku z opadem dziennym ≥ 20 mm - pow. wołomiński

— RCP 4.5 trzydziestoletnia — RCP 4.5 dziesięcioletnia — RCP 8.5 dziesięcioletnia



Porównanie: liczba dni z pokrywą śnieżną - rok
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



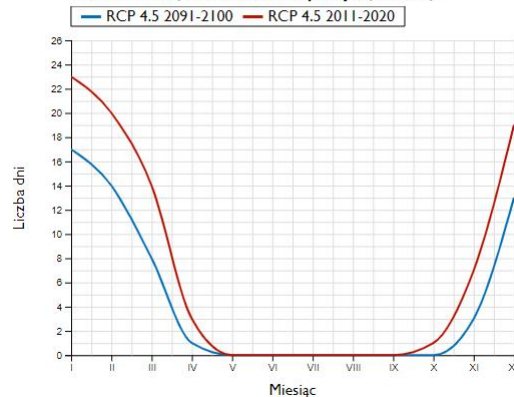
Obszar

POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Średnia miesięczna liczba dni z pokrywą śnieżną



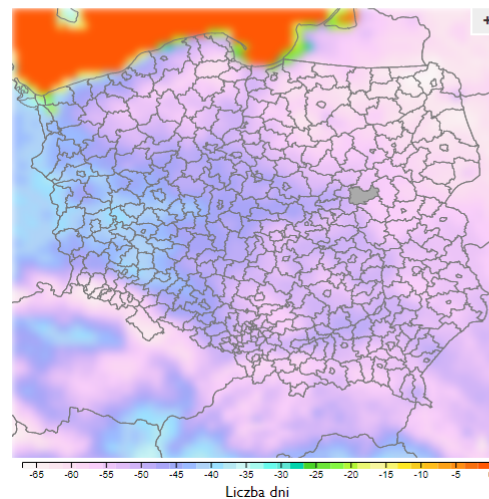
3FORUM PSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Spadek liczby dni z pokrywą śnieżną,
w relacji do 2011-2020

Porównanie: liczba dni z pokrywą śnieżną - rok
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



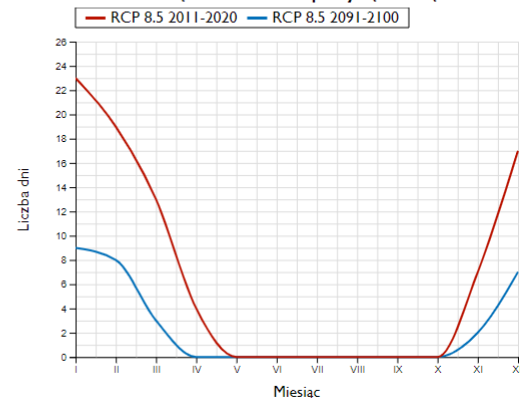
Obszar

POLSKA

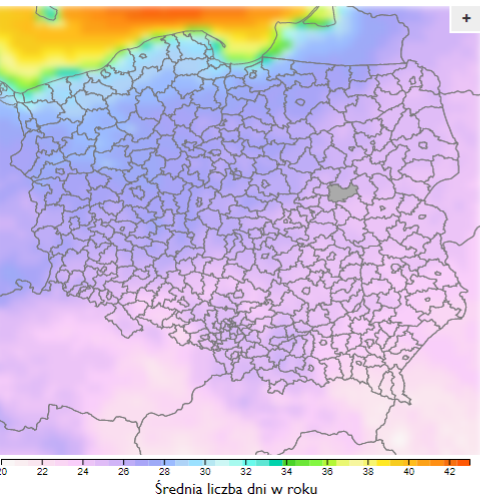
POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Średnia miesięczna liczba dni z pokrywą śnieżną



Porównanie: liczba dni wegetacyjnych z temperaturą > 5°C
 różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

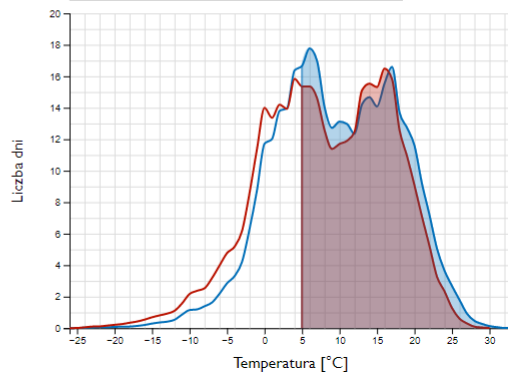
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze średniej
 i prawdopodobieństwo wystąpienia

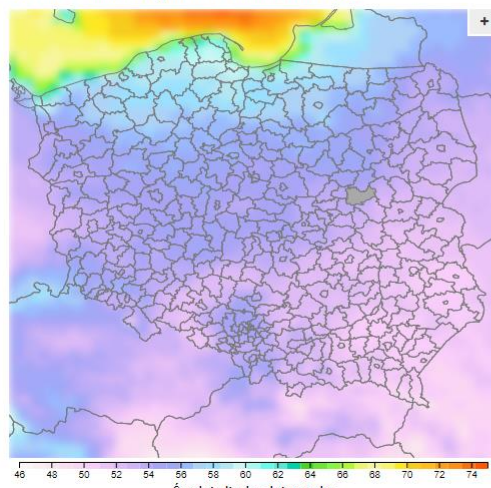
RCP 4.5 2011-2020 RCP 4.5 2091-2100



Wydłużenie sezonu wegetacyjnego, w relacji do 2011-2020

wegetacyjnych z temperaturą > 5°C

kznica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Obszar

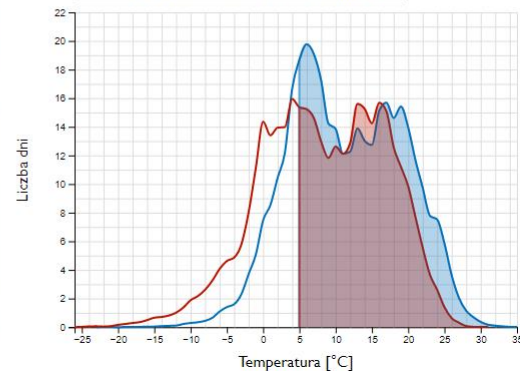
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

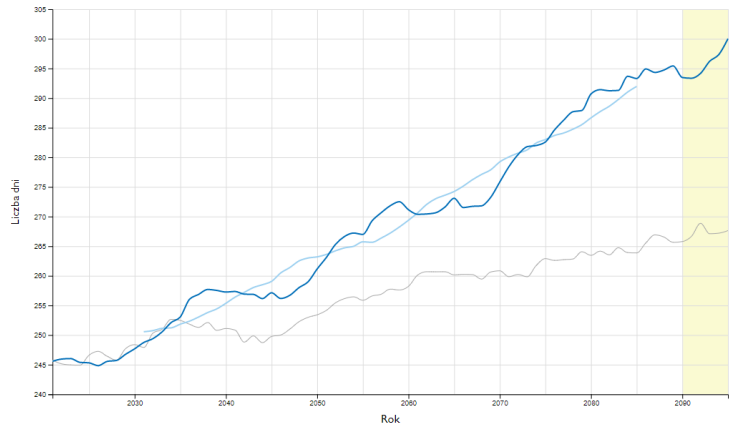
Liczba dni o danej temperaturze średniej
 i prawdopodobieństwo wystąpienia

RCP 8.5 2011-2020 RCP 8.5 2091-2100

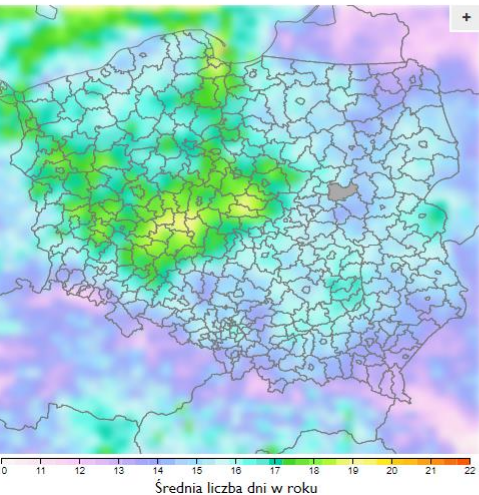


Średnia krocąca liczby dni wegetacyjnych z temperaturą > 5°C - pow. wołomiński

RCP 8.5 dziesięciolecie RCP 4.5 dziesięciolecie RCP 8.5 trzydziestoletnie



Porównanie: liczba dni bez opadu przy temperaturze > 5°C
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

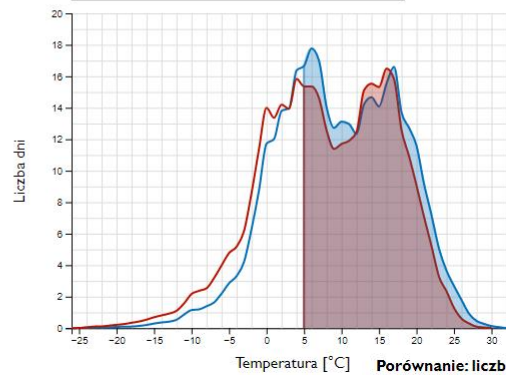
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

Liczba dni o danej temperaturze średniej
i prawdopodobieństwo wystąpienia

— RCP 4.5 2011-2020 — RCP 4.5 2091-2100



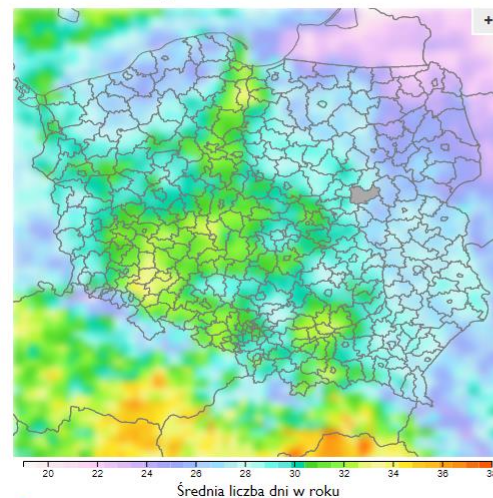
Przyrost liczby dni bez opadu w sezonie wegetacyjnym

3FORUMPSH

08 MARCA 2022; ON-LINE



Porównanie: liczba dni bez opadu przy temperaturze > 5°C
Różnica = Dekada wybrana - Dekada 2011-2020



Obszar

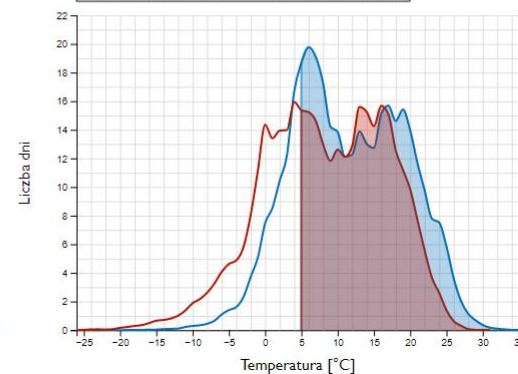
POLSKA

POWIAT (WYSZUKAJ)

WOŁOMIŃSKI

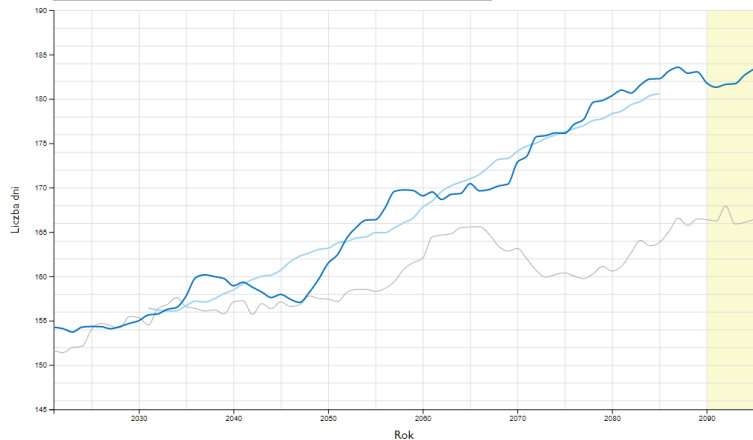
Liczba dni o danej temperaturze średniej
i prawdopodobieństwo wystąpienia

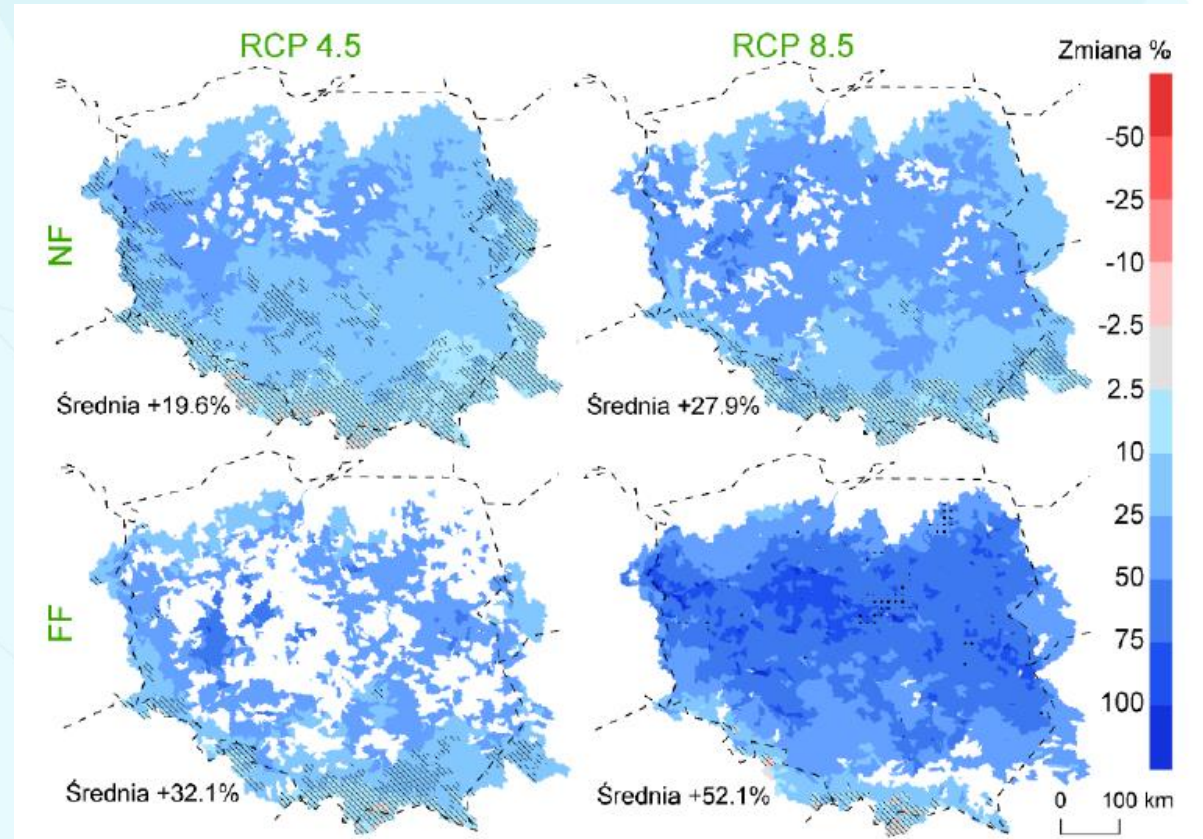
— RCP 8.5 2091-2100 — RCP 8.5 2011-2020



Liczba dni bez opadu przy temperaturze > 5°C - pow. wołomiński

— RCP 8.5 trzydziestoletnia — RCP 8.5 dziesięcioletnia — RCP 4.5 dziesięcioletnia



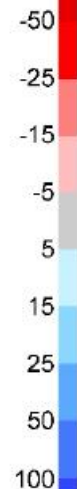


projekt CHASE-PL

Zmiany średniego rocznego odpływu według średniej z wiązki modeli klimatycznych w dorzeczach Wisły i Odry, dla bliskiej (NF) i dalekiej (FF) przyszłości według scenariuszy RCP 4.5 i 8.5



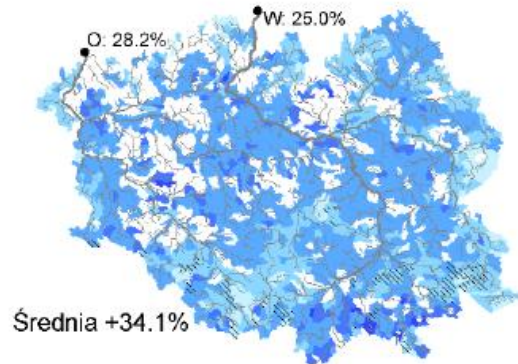
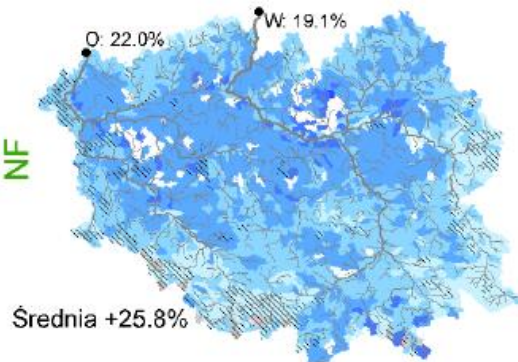
Zmiana %



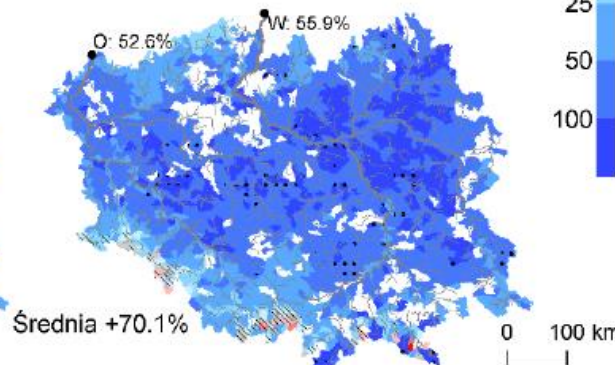
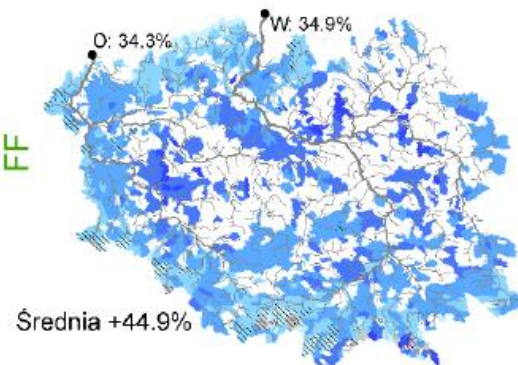
RCP 4.5

RCP 8.5

NF

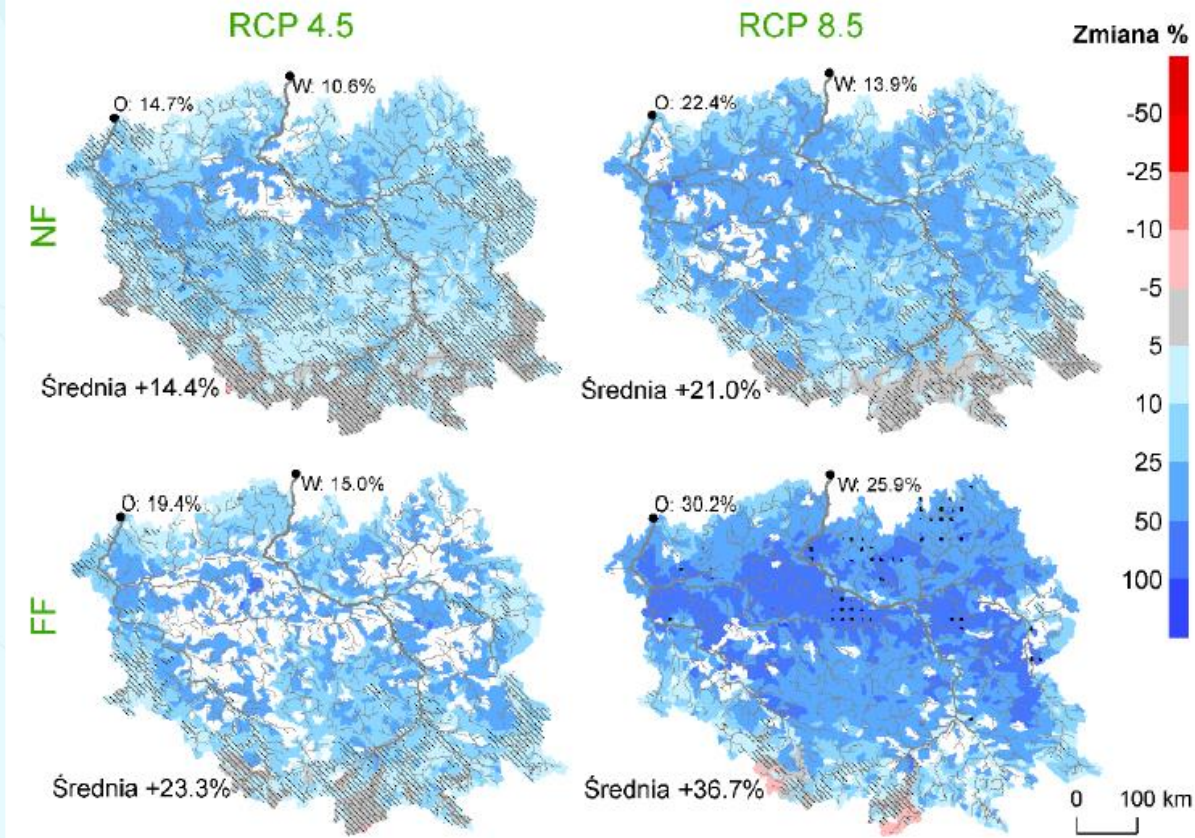


FF



projekt CHASE-PL

Zmiany wskaźnika niskiego przepływu QL według średniej z wiązki modeli klimatycznych w dorzeczu Wiśły i Odry, dla bliskiej (NF) i dalekiej (FF) przyszłości według scenariuszy RCP 4.5 i 8.5



projekt CHASE-PL

Zmiany wysokiego przepływu QH według średniej z wiązki modeli klimatycznych w dorzeczu Wisły i Odry, dla bliskiej (NF) i dalekiej (FF) przyszłości według scenariuszy RCP 4.5 i 8.5



Aneta Afelt akafelt@uw.edu.pl



Dziękuję za uwagę