

Regionalny Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Województwa Śląskiego

DIAGNOZA

ZAŁĄCZNIK.

Analiza zjawisk klimatycznych

Warszawa 2024

Zespół autorski

Anna Romańczak
Agnieszka Kuśmierz
Małgorzata Hajto
Izabela Potapowicz
Maciej Jefimow
Maria Kłeczek
Aleksandra Starzomska
Michał Marcinkowski
Klaudia Chruściel
Olga Hałacz
Patrycja Zając

Spis treści

1.1 Uwagi metodyczne	5
1.2 Subregion północny	6
1.2.1 Warunki termiczne	6
1.2.2 Warunki termiczno-opadowe	16
1.2.3 Warunki pluwalne (opady atmosferyczne)	16
1.2.4 Warunki anemometryczne	21
1.2.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu	22
1.3 Subregion centralny	24
1.3.1 Warunki termiczne	24
1.3.2 Fale chłodu	29
1.3.3 Warunki termiczno-opadowe	34
1.3.4 Warunki pluwalne (opady atmosferyczne)	35
1.3.5 Warunki anemometryczne	39
1.3.6 Pokrywa śnieżna i opady śniegu	41
1.4 Subregion zachodni	42
1.4.1 Warunki termiczne	42
1.4.2 Warunki termiczno-opadowe	53
1.4.3 Warunki pluwalne (opady atmosferyczne)	53
1.4.4 Warunki anemometryczne	58
1.4.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu	59
1.5 Subregion południowy	60
1.5.1 Warunki termiczne	60
1.5.2 Warunki termiczno-opadowe	70
1.5.3 Warunki pluwalne (opady atmosferyczne)	71
1.5.4 Warunki anemometryczne	75
1.5.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu	76
2 Prognozowane zmiany klimatu	78
2.1 Metodyka opracowania	78
2.2 Subregion północny	82
2.2.1 Warunki termiczne	82
2.2.2 Warunki opadowe	94
2.2.3 Wskaźniki suszy	104
2.3 Subregion centralny	105
2.3.1 Warunki termiczne	105
2.3.2 Warunki opadowe	117
2.3.3 Wskaźniki suszy	128
2.4 Subregion zachodni	129
2.4.1 Warunki termiczne	129
2.4.2 Warunki opadowe	141
2.4.3 Wskaźniki suszy	152
2.5 Subregion południowy	153
2.5.1 Warunki termiczne	153
2.5.2 Warunki opadowe	165
2.5.3 Wskaźniki suszy	176
3 Zmiany warunków hydrologicznych	177
3.1 Metoda	177
3.2 Analizy niżówek	178
3.3 Analizy wezbrań	180

3.4 Obserwowane zmiany warunków hydrologicznych	181
3.4.1 Subregion północny	181
3.4.2 Subregion centralny	188
3.4.3 Subregion zachodni	196
3.4.4 Subregion południowy	201
3.5 Prognozowane zmiany warunków hydrologicznych	208
3.5.1 Subregion północny	209
3.5.2 Subregion centralny	212
3.5.3 Subregion zachodni	216
3.5.4 Subregion południowy	219
Indeksy klimatyczne	223
Literatura.....	226
Spis tabel	227
Spis rysunków	227

Obserwowane zmiany klimatu

1.1 Uwagi metodyczne

Warunki klimatyczne Województwa Śląskiego i poszczególnych jego subregionów zostały scharakteryzowane na podstawie danych meteorologicznych z czterech stacji hydrologiczno-meteorologicznych IMGW-PIB położonych na obszarze województwa. Jako reprezentatywne w analizach klimatycznych dla poszczególnych subregionów uznano następują stacje pomiarowe: Subregion północny – stacja Częstochowa, Subregion centralny – stacja Katowice-Muchowiec, Subregion zachodni – stacja Racibórz, Subregion południowy – stacja Bielsko-Biała (Tab. 1). W analizach zjawisk klimatycznych wykorzystano dane pomiarowe z okresu 1991-2022 (32 lata). Jedynie w Subregionie północnym przyjęto inny zakres danych uwzględniając w analizach pomiary od roku 1981 (37 lat). Zastosowanie takiego podejścia wynikało z potrzeby uzupełniania zbioru danych historycznych o dodatkowe lata w związku z brakiem pomiarów na stacji Częstochowa w okresie 1993-1998.

Tab. 1. Zestawienie stacji meteorologicznych

Kod WMO	nazwa stacji	Współrzędne geograficzne		Wysokość n.p.m.	Dorzecze	Okres pomiarowy	Subregion woj. Śląskiego
		Φ	λ				
600	Bielsko-Biała	49°48'	19°00'	396	Wisła	1991-2022	Południowy
560	Katowice-Muchowiec	50°14'	19°02'	278	Przemsza	1991-2022	Centralny
540	Racibórz	50°04'	18°11'	206	Odra	1991-2022	Zachodni
550	Częstochowa	50°48'	19°05'	294	Warta	1981-1992 1999-2022	Północny

Źródło: Rocznik Meteorologiczny, IMGW

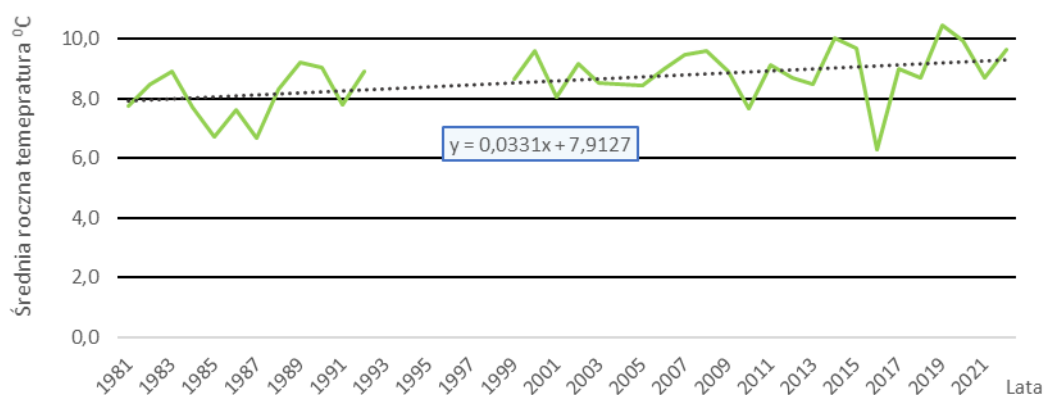
Charakterystyka obecnych zmian klimatu obejmuje warunki termiczne, warunki pluwialne, warunki anemometryczne, pokrywą śnieżną i zjawiska burzowe. W analizach uwzględniono parametry opisujące zjawiska klimatyczne uznane za znaczące ze względu na ich wpływ na zdrowie i życie mieszkańców, biosferę, funkcjonowanie infrastruktury. Obserwowane zmiany klimatu opisano na podstawie wieloletniego przebiegu parametrów meteorologicznych, m.in. średniej temperatury dobowej, temperatury maksymalnej i temperatury minimalnej, fal upałów, fal chłodu, temperatury przejściowej, termicznych dni charakterystycznych, rocznej sumy opadów, zmienności liczby dni z opadem w określonych przedziałach, dni pokrywą śnieżną, dni z wiatrem o określonej sile, dni z burzą. Parametry te opisano przez średnie wieloletnie oraz najwyższe i najniższe wartości wybranych elementów i wskaźników klimatu. Zmienność zjawisk klimatycznych scharakteryzowana przez wartości parametrów meteorologicznych zarejestrowanych na wskazanych stacjach należy traktować jako wskaźnikowe do oceny zmian zjawisk klimatycznych w badanym subregionie Województwa Śląskiego.

1.2 Subregion północny

1.2.1 Warunki termiczne

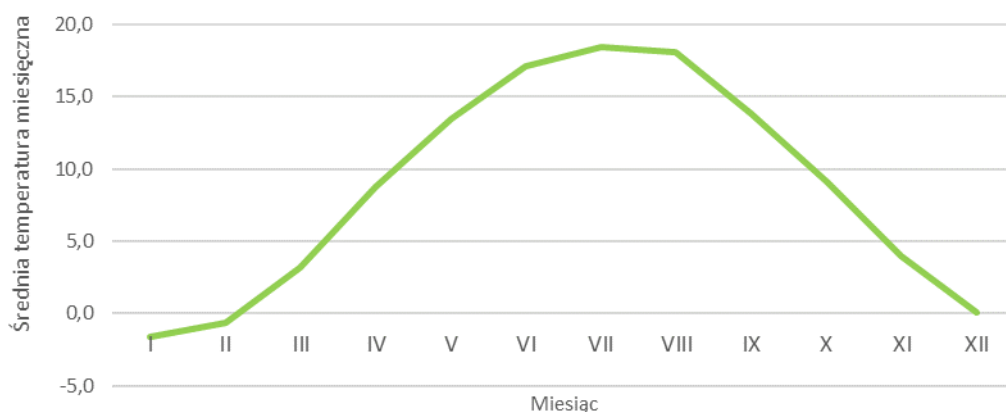
Średnia roczna temperatura powietrza

Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1981-2022 na stacji meteorologicznej Częstochowa reprezentującej warunki termiczne Subregionu północnego wskazuje na stopniowe ocieplanie się klimatu omawianego obszaru. Średnia roczna temperatura w wieloleciu wyniosła 8,9°C. Wartości temperatury powietrza wahały się od 6,3°C w 2016 r. do 10,5°C w 2019 r. (rys. 1). Przebieg temperatury w wieloleciu wskazuje na wyraźny dodatni trend zmian temperatury średniej na poziomie około 0,3°C w dziesięciolecie.



Rys. 1. Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Częstochowa

Średnia miesięczna temperatura powietrza

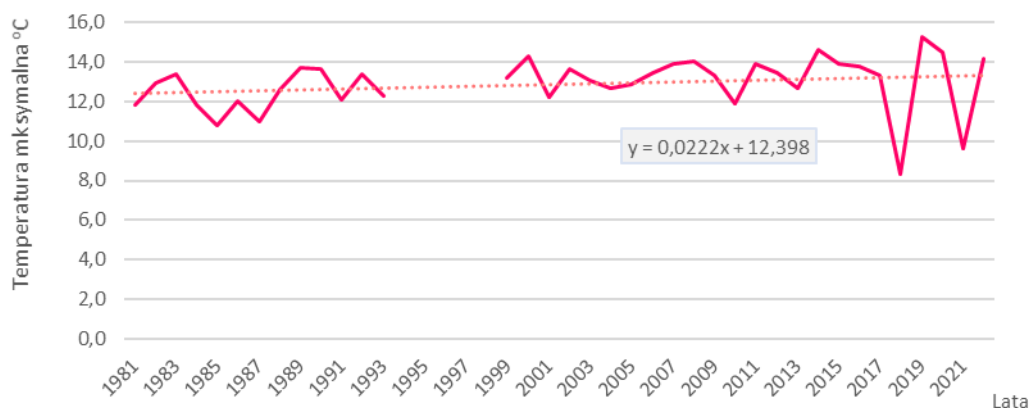


Rys. 2. Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Częstochowa

W przebiegu średniej miesięcznej temperatury obliczonej z okresu 1981- 2022 wyróżnia się styczeń jako najchłodniejszy miesiąc w roku ze średnią temperaturą wynoszącą -1,6°C (rys. 2). Najcieplejszym miesiącem w wieloleciu jest lipiec ze średnią temperaturą 18,5°C.

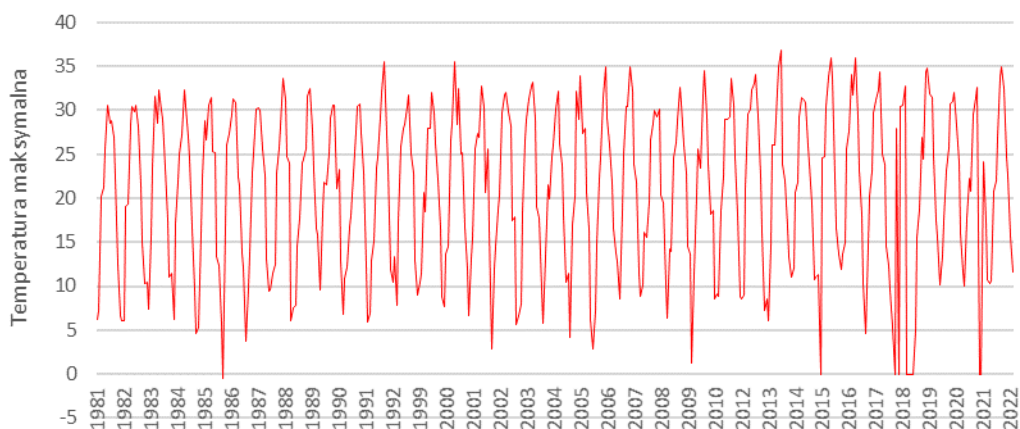
Temperatura maksymalna

Wskaźnikiem oceny warunków termicznych jest także temperatura maksymalna powietrza (Tmax). W latach 1981-2022 zaznacza się wzrost jej wartości w tempie 0,2°C/dekadę (rys. 3).



Rys. 3. Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Częstochowa

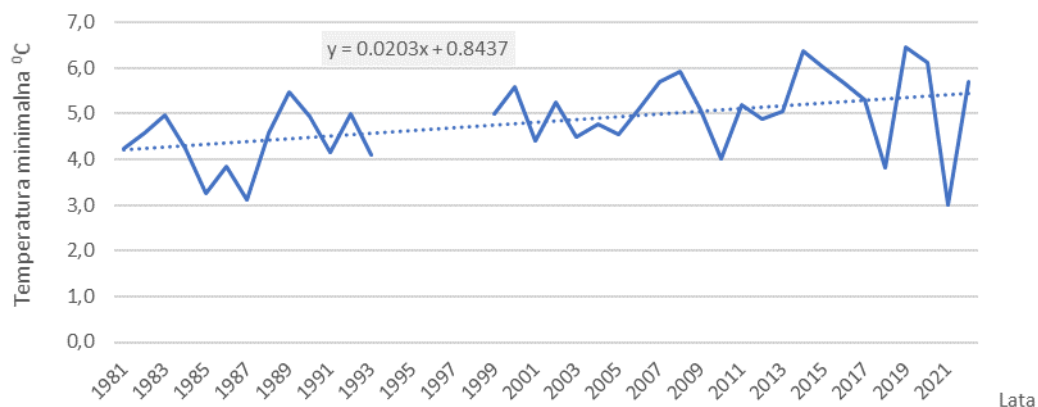
W badanym wieloleciu temperatura zmieniała się od 8,3°C w 2018 r. do 15,3°C w 2019 r. Najwyższą dobową wartość temperatury odnotowano 8 sierpnia 2013 r., gdy temperatura maksymalna osiągnęła 36,9°C (rys. 4).



Rys. 4. Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Częstochowa

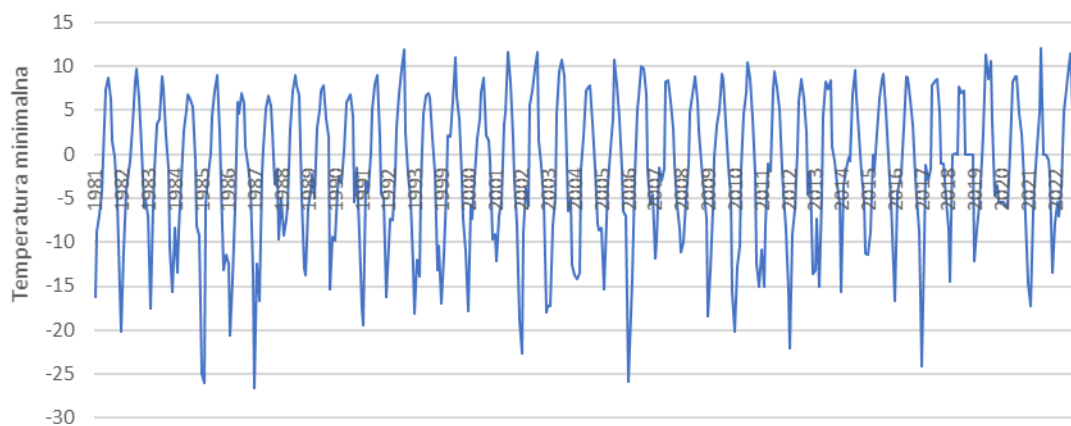
Temperatura minimalna

Tendencję wzrostową obserwuje się również w przebiegu wieloletnim temperatury minimalnej powietrza. Następują zmiany temperatury o 0,2°C/dekadę (rys. 5), co oznacza wzrost temperatury minimalnej o 0,6°C w 30-leciu. W latach 1981-2022 najchłodniejszym rokiem był 2021 ze średnią roczną temperaturą minimalną 3,0°C, a najcieplejszy rok 2019 r. z wartością temperatury 6,5°C.



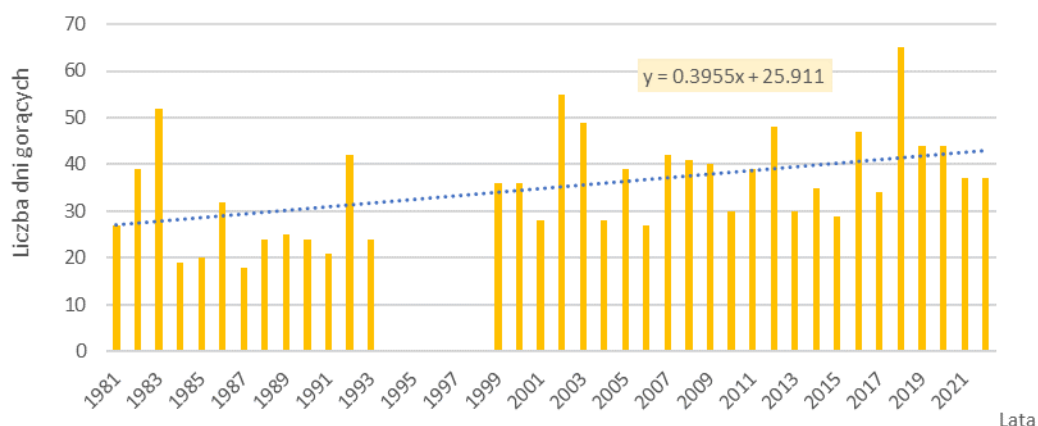
Rys. 5. Przebieg średniej temperatury minimalnej powietrza, Częstochowa

Najniższą w ciągu doby wartość temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu odnotowano 8 stycznia 1987 r., gdy temperatura minimalna osiągnęła - 26,6°C (rys. 6).



Rys. 6. Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Częstochowa

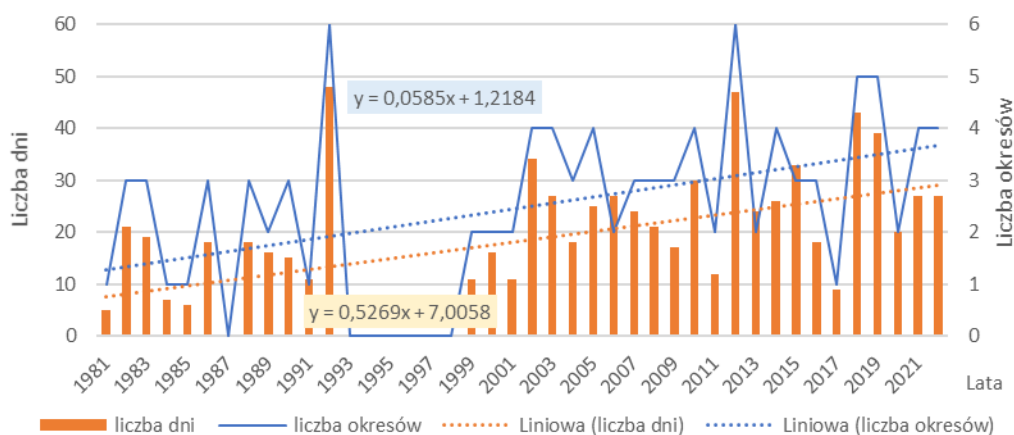
Dni gorące



Rys. 7. Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), Częstochowa

Tendencja zmian warunków termicznych określona na podstawie wartości dobowej temperatury, temperatury maksymalnej i temperatury minimalnej, znajduje potwierdzenie w przebiegu innych wskaźników termicznych. Zmienność liczby dni gorących (rys. 7), tzn. dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C, świadczy o wzroście w badanym wieloleciu wartości najwyższej w ciągu doby

temperatury. Najmniej dni o takich warunkach termicznych było w roku 1987 (18 dni) najwięcej natomiast w roku 2018 (65 dni). Wyraźnie zwiększa się liczba dni, w których temperatura powietrza przekracza wyznaczony próg termiczny 25°C, średnio o blisko 4 dni/dekadę.



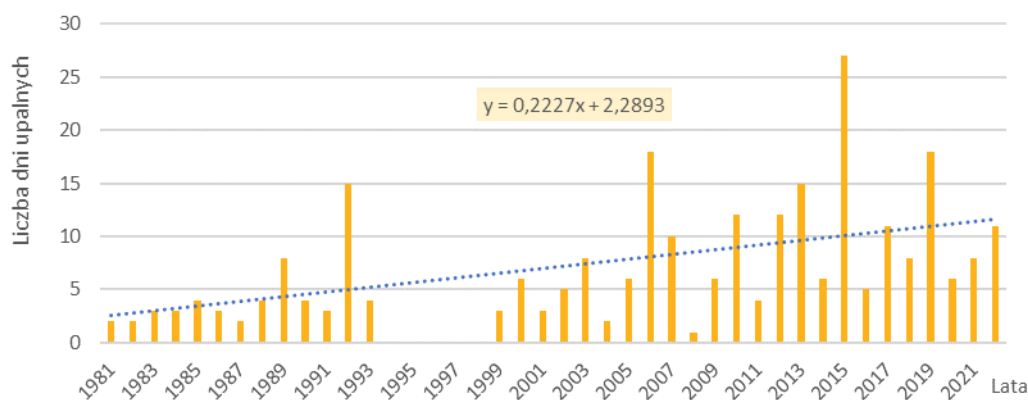
Rys. 8. Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, Częstochowa

Obserwuje się również zwiększenie liczby okresów gorących, tzn. z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni (rys. 8). Tempo zmian wynosi około 0,5 okresu w ciągu dekady. Największa liczba okresów z takimi warunkami termicznymi wystąpiła w 1992 r. i 2012 r. (6 przypadków).

Okres gorący w analizowanym wieloleciu trwa średnio 7 dni. Najdłuższy okres gorący (17 dni) utrzymywał się na przełomie lipca i sierpnia 2018 r. Największe natężenie zjawiska odnotowano w 2012 r. (6 okresów o łącznej długości trwania 47 dni). W latach 1981-2022 występuje słaba tendencja wzrostowa czasu trwania okresów gorących, tj. o 0,5 dnia/dekadę.

Dni upalne

Na obszarze objętym badaniem średnio rocznie występuje 7 dni z temperaturą przekraczającą 30°C. Najwięcej takich dni było w 2015 r. – 27. Dni upalnych w okresie 1981-2022 regularnie przybywa. Od 1981 roku o dwa dni w dziesięcioleciu wzrosła liczba dni z temperaturą przekraczającą 30°C (rys. 9).

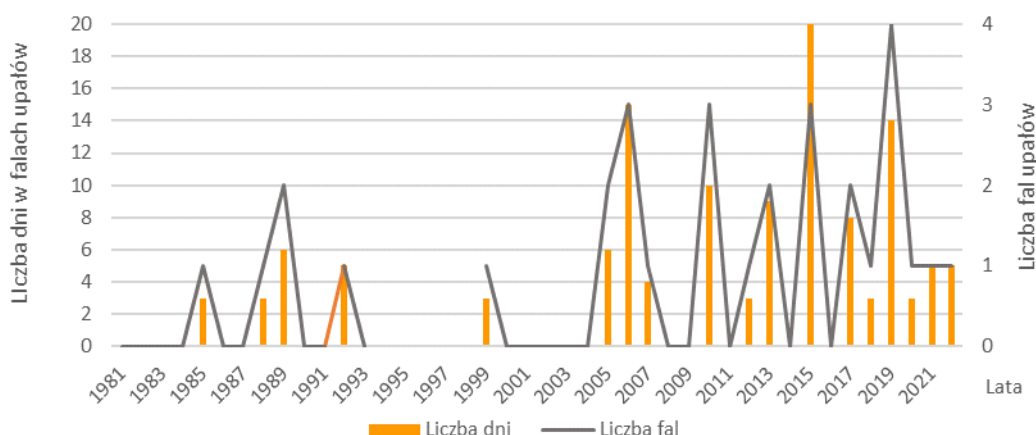


Rys. 9. Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$), Częstochowa

Fale upałów

W analizowanym wieloleciu fale upałów, definiowane jako ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu, odnotowano w osiemnastu z trzydziestu siedmiu lat (rys. 10). Przekłada się to rocznie na średnio 0,8 fali upałów. Najwięcej przypadków tego zjawiska termicznego było w roku 2019, w którym wystąpiły 4 fale upałów o łącznej długości 14 dni (tab. 2).

Przeciętna fala upałów trwała 3 dni. Najdłuższą była trzynastodniowa fala upałów w sierpniu 2015 r., jedna z trzech fal w roku o najdłuższym okresie z falami upałów (20 dni).



Rys. 10. Liczba i okres trwania fal upałów, Częstochowa

Zjawisko fal upałów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością w poszczególnych latach. Analiza przebiegu liczby i długości fal upałów wykazuje nieznaczne zwiększenie się częstotliwości i natężenia tego zjawiska w badanym okresie.

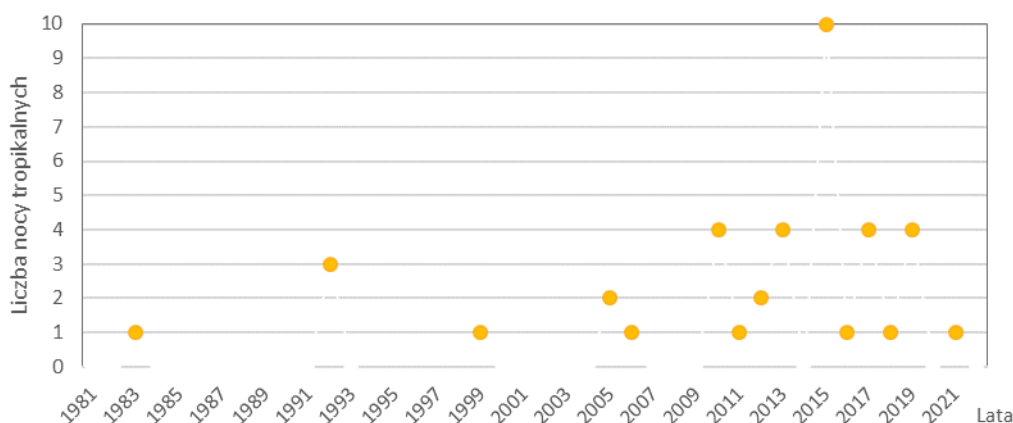
Tab. 2. Fale upałów w latach 1981-1993 i 1998-2022, Częstochowa

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1985-08-14	1985-08-16	3	31,5	1985-08-15
1988-07-23	1988-07-25	3	33,6	1988-07-24
1989-07-07	1989-07-09	3	31,6	1989-07-09
1989-08-15	1989-08-17	3	32,5	1989-08-16
1992-08-07	1992-08-11	5	35,6	1992-08-10
1999-07-04	1999-07-06	3	32,0	1999-07-05 1999-07-06
2005-05-28	2005-05-30	3	32,2	2005-05-30
2005-07-28	2005-07-30	3	34,0	2005-07-29
2006-07-08	2006-07-13	6	31,7	2006-07-11 2006-07-13
2006-07-20	2006-07-24	5	34,9	2006-07-21
2006-07-26	2006-07-29	4	32,8	2006-07-29
2007-07-15	2007-07-18	4	34,9	2007-07-17
2010-07-10	2010-07-13	4	32,9	2010-07-13
2010-07-15	2010-07-17	3	34,5	2010-07-17
2010-07-21	2010-07-23	3	32,8	2010-07-22
2012-07-05	2012-07-07	3	33,1	2012-07-06
2013-07-27	2013-07-30	4	35,0	2013-07-29
2013-08-05	2013-08-09	5	36,9	2013-08-08
2015-07-04	2015-07-07	4	33,8	2015-07-05

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
2015-08-03	2015-08-15	13	36,0	2015-08-08
2015-08-30	2015-09-01	3	34,3	2015-08-31
2017-07-30	2017-08-03	5	34,3	2017-08-01
2017-08-10	2017-08-12	3	33,9	2017-08-11
2018-08-02	2018-08-04	3	31,1	2018-08-04
2019-06-10	2019-06-13	4	32,6	2019-06-13
2019-06-25	2019-06-27	3	34,3	2019-06-26
2019-07-28	2019-07-30	3	33,4	2019-07-29
2019-08-26	2019-08-29	4	31,9	2019-08-29
2020-08-07	2020-08-09	3	30,9	2020-08-08
2021-06-18	2021-06-22	5	31,5	2021-06-21
2022-07-19	2022-07-23	5	33,3	2022-07-21

Noce tropikalne

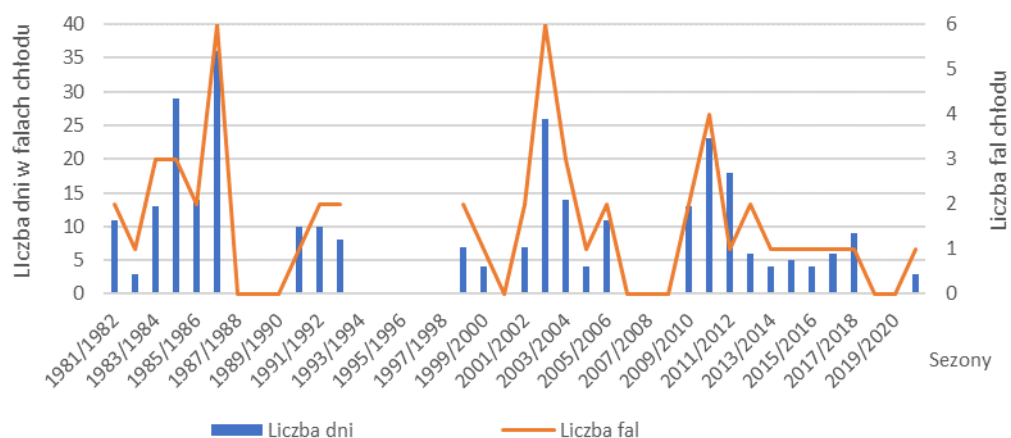
Dni z temperaturą minimalną powyżej 20°C (noce tropikalne) występują przeciętnie raz w roku, ale w pojedynczych latach nie odnotowano takiej sytuacji. To raczej rzadkie zjawisko jest coraz częstsze w analizowanym okresie (rys. 11). W ostatnim dziesięcioleciu (2011-2020) liczba nocy tropikalnych zwiększyła się do blisko 3 przypadków w roku. Zdarzają się lata kiedy odbiegają od normy. Najwięcej nocy tropikalnych, aż 10, wystąpiło w 2015 r.



Rys. 11. Dni z temperaturą minimalną >20°C, Częstochowa

Fale chłodu

Fale chłodu, definiowane jako okresy z temperaturą minimalną poniżej -10°C utrzymującą się przez co najmniej 3 dni, występowały średnio jeden-dwa razy w roku, przeciętnie utrzymując się przez 8 dni. W analizowanym okresie zidentyfikowano 54 epizody fal chłodu, najdłużej trwające 18 dni w styczniu 2012 r. Z największym natężeniem to zjawisko wystąpiły w sezonie zimowym 2002/2003: 6 fal chłodu o łącznej długości 26 dni. Natomiast w 9 sezonach zimowych opisywane zjawisko nie zaistniało (rys. 12, tab. 3). Analiza fal chłodu w wieloleciu wskazuje na słabą tendencję zmniejszania częstości ich występowania. Niewielkiej zmianie także ulega czas ich trwania z tendencją do krótszego utrzymywania się takich warunków termicznych.



Rys. 12. Liczba i okres trwania fal chłodu, Częstochowa

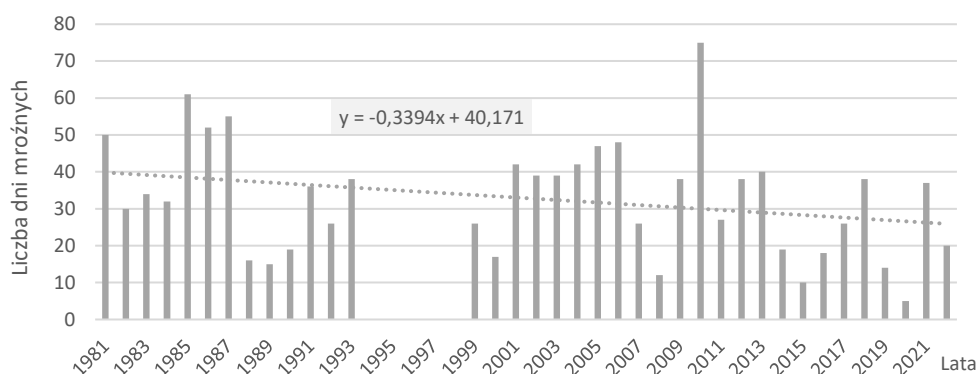
Tab. 3. Fale chłodu w sezonach 1981/1982-1991/1992 i 1998/1999-2021/2022, Częstochowa

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1981-12-16	1981-12-22	7	-15,4	1981-12-21
1982-01-08	1982-01-11	4	-20,2	1982-01-10
1983-02-15	1983-02-17	3	-17,5	1983-02-16
1983-12-01	1983-12-04	4	-15,7	1983-12-03
1983-12-12	1983-12-15	4	-13,2	1983-12-13
1984-02-15	1984-02-19	5	-13,5	1984-02-17
1985-01-03	1985-01-11	9	-25,0	1985-01-08
1985-01-13	1985-01-18	6	-16,1	1985-01-13
1985-02-08	1985-02-21	14	-26,0	1985-02-12
1986-02-04	1986-02-09	6	-20,6	1986-02-07
1986-02-21	1986-02-28	8	-19,8	1986-02-27
1987-01-03	1987-01-05	3	-15,2	1987-01-03
1987-01-07	1987-01-22	16	-26,6	1987-01-08
1987-01-29	1987-02-03	6	-26,4	1987-01-30
1987-03-01	1987-03-04	4	-16,7	1987-03-03
1987-03-06	1987-03-09	4	-13,0	1987-03-09
1987-03-11	1987-03-13	3	-13,6	1987-03-12
1991-01-30	1991-02-08	10	-19,4	1991-02-01
1991-12-08	1991-12-10	3	-16,2	1991-12-09
1992-01-21	1992-12-27	7	-13,2	1992-01-22
1993-01-01	1993-01-05	5	-18,1	1993-01-03
1993-01-30	1993-02-01	3	-13,6	1993-01-31
1993-11-18	1993-11-20	3	-13,2	1993-11-20
1998-11-20	1998-11-23	4	-11,4	1998-11-22
1998-12-10	1998-12-12	3	-14,2	1998-12-12
2000-01-22	2000-01-25	4	-17,8	2000-01-24
2001-12-13	2001-12-15	3	-18,8	2001-12-13
2002-01-03	2002-01-06	4	-22,7	2002-01-04
2002-12-08	2002-12-12	5	-15,2	2002-12-10
2002-12-23	2002-12-26	4	-18,0	2002-12-25
2002-12-31	2003-01-02	3	-15,3	2003-01-01
2003-01-05	2003-01-12	8	-17,3	2003-01-09
2003-02-01	2003-02-03	3	-14,6	2003-02-02
2003-02-12	2003-02-14	3	-16,1	2003-02-13
2004-01-03	2004-01-09	7	-13,8	2004-01-09
2004-01-23	2004-01-26	4	-12,5	2004-01-26

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
2004-02-11	2004-02-13	3	-14,2	2004-02-13
2005-02-06	2005-02-09	4	-15,3	2005-02-06
2006-01-22	2006-01-29	8	-25,8	2006-01-23
2006-02-05	2006-02-07	3	-18,2	2006-02-05
2009-12-17	2009-12-21	5	-15,7	2009-12-19
2010-01-21	2010-01-28	8	-20,2	2010-01-27
2010-11-30	2010-12-05	6	-15,0	2010-12-05
2010-12-16	2010-12-19	4	-14,7	2010-12-16
2010-12-26	2010-12-31	6	-12,8	2010-12-27
2011-02-20	2011-02-26	7	-15,0	
2012-01-27	2012-02-13	18	-22,0	2012-02-03
2012-12-08	2012-12-10	3	-13,6	2012-12-09
2013-03-23	2013-03-25	3	-15,1	2013-03-24
2014-01-24	2014-01-27	4	-15,7	2014-01-25
2014-12-27	2014-12-31	5	-11,3	2014-12-31
2016-01-02	2016-01-05	4	-16,7	2016-01-04
2017-01-06	2017-01-11	6	-24,1	2017-01-07
2018-02-24	2018-03-04	9	-15,9	2018-03-02
2021-02-11	2021-02-13	3	-17,2	2021-02-12

Dni mroźne

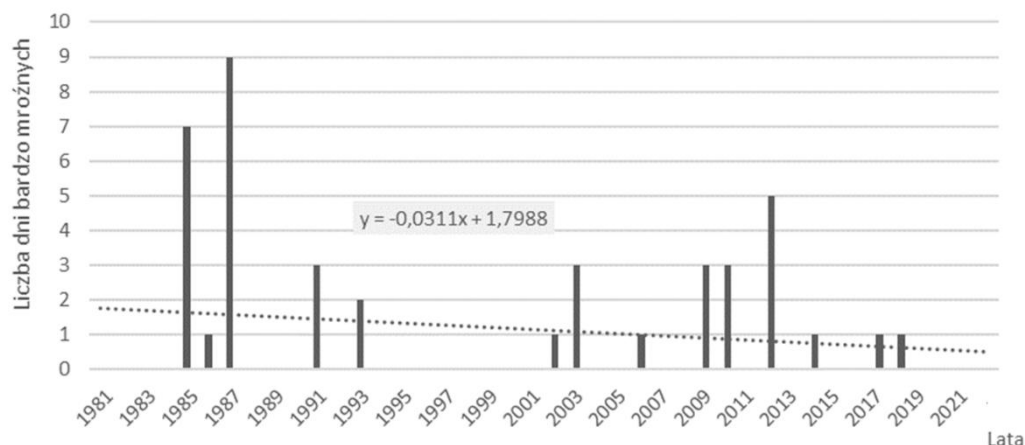
Dni mroźnych (dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C) jest średnio 33 w roku. Charakterystyczna jest duża zmienność występowania takich warunków termicznych, od 5 dni w roku 2020 do 75 dni w roku 2010 (rys. 13). Liczba dni mroźnych wykazuje tendencję spadkową w analizowany wielolecie, o około 3 dni/dekadę.



Rys. 13. Liczba dni mroźnych (Tmax<0°C), Częstochowa

Dni bardzo mroźne

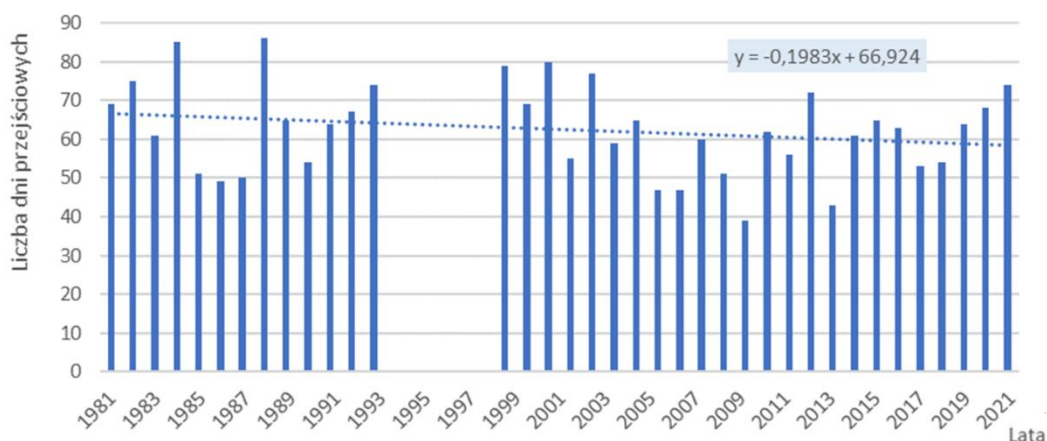
Dni z temperaturą maksymalną poniżej -10°C, określane jako dni bardzo mroźne, przeciętnie występują raz w roku. Zaznacza się duża zmienność liczby dni bardzo mroźnych w analizowanym wieloleciu (rys. 14). Najwięcej takich dni pojawiło się w roku 1987 (9 epizodów), natomiast aż w dwudziestu trzech latach takie warunki termiczne nie wystąpiły. Zauważany jest spadek liczby dni bardzo mroźnych, średnio o 0,3 dnia/dekadę.



Rys. 14. Dni bardzo mroźne (Tmax < -10°C), Częstochowa

Dni z temperaturą przejściową

Dni z temperaturą przejściową, tzn. dni w których temperatura powietrza przechodzi przez punkt 0°C, przeciętnie jest 63 w roku (rys. 15). Zakres zmienności ich liczby w wieloleciu waha się od 39 dni w 2010 r. do 86 dni w 1988 r. W badanym okresie stwierdzono zmniejszanie się liczby dni z przejściem temperatury przez 0°C o blisko 2 dni w ciągu dekady.



Rys. 15. Dni z przejściem przez 0°C, Częstochowa

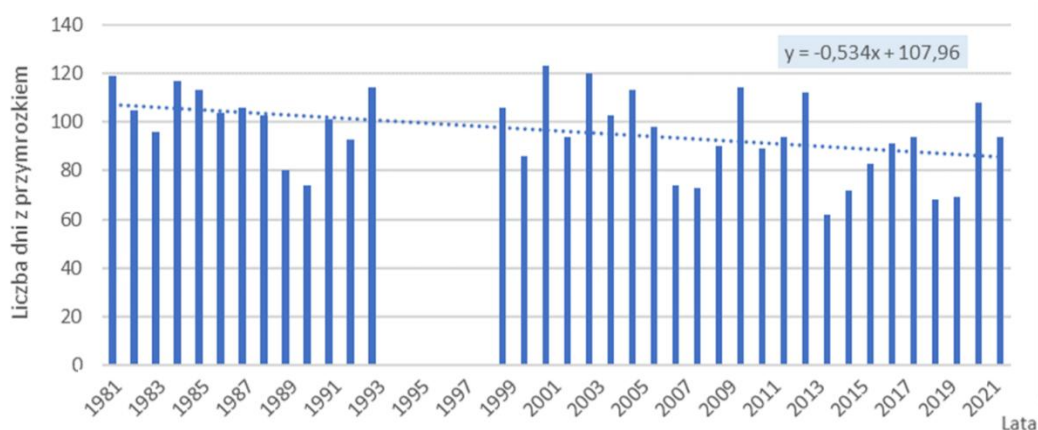
Dni i okresy przymrozkowe

Dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C (dni przymrozkowe) jest średnio 96 w roku. Ich liczba w poszczególnych latach analizowanego okresu sięga od 62 dni w 2014 r. do 123 dni w 2001 r. (rys. 16). Liczba dni przymrozkowych wykazuje tendencję spadkową o 5 dni w ciągu dekady.

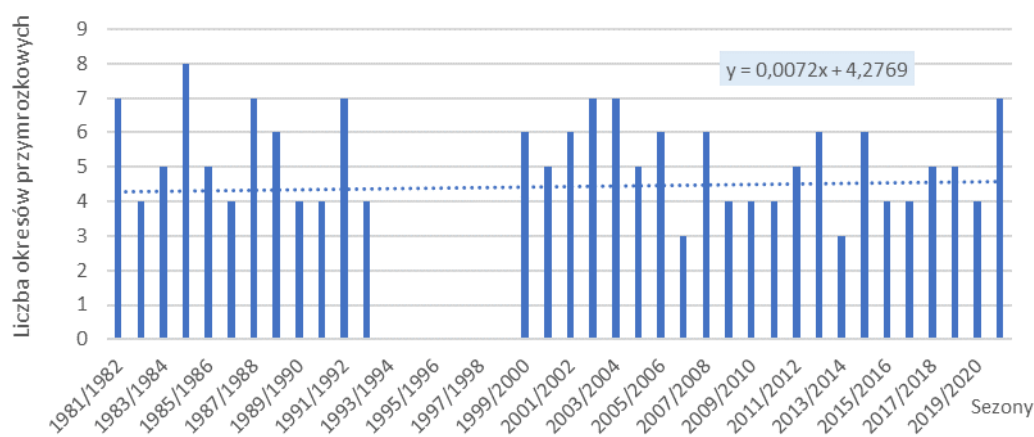
Okresy przymrozkowe, definiowane jako okresy z dobową temperaturą minimalną poniżej 0°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, występują średnio 5 razy w roku (rys. 17). Największe natężenie tego zjawiska odnotowano w sezonie 1984/1985 (8 epizodów), najmniejszą ich liczbę natomiast w sezonach 2006/2007 i 2013/2014 (po 3 okresy przymrozkowe). W analizowanych wieloleciu liczby okresów przymrozkowych nie zmieniła się znacząco.

Liczba dni w okresach przymrozkowych w poszczególnych latach wielolecia waha się od 27 w sezonie 2008/2009 do 134 w sezonie 1984/1985 (rys. 18). Najdłuższy okres przymrozkowy, 92 dni, odnotowano w sezonie 2001/2002. Liczba dni w okresach przymrozkowych wykazuje tendencję

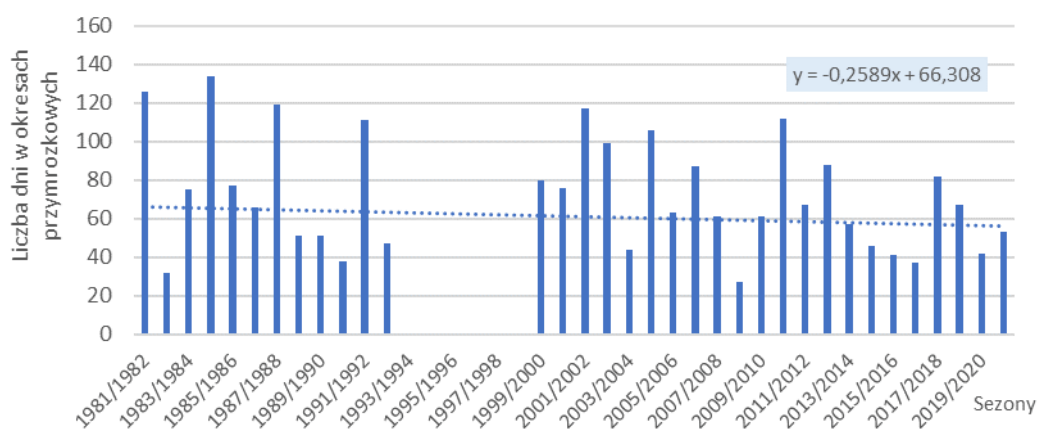
spadkową, średnio blisko o 3 dni/dekadę.



Rys. 16. Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}C$), Częstochowa



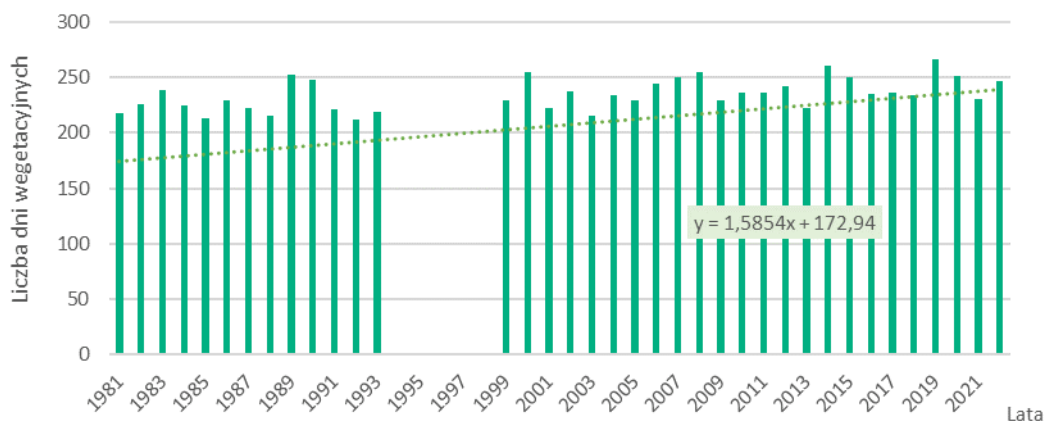
Rys. 17. Okresy przymrozkowe, Częstochowa



Rys. 18. Liczba dni w okresach przymrozkowych, Częstochowa

Dni wegetacyjne

Długość okresu wegetacyjnego (średniodobowa temperatura powietrza przekracza $5^{\circ}C$) wynosi średnio 235 dni. Roczna liczby dni wegetacyjnych zmienia się z 212 w 1992 r. do 269 dni 2019 roku (rys. 19). W analizowanym wieloleciu zaznacza się silny trend wydłużania okresu wegetacyjnego, o około 16 dni w dekadzie.

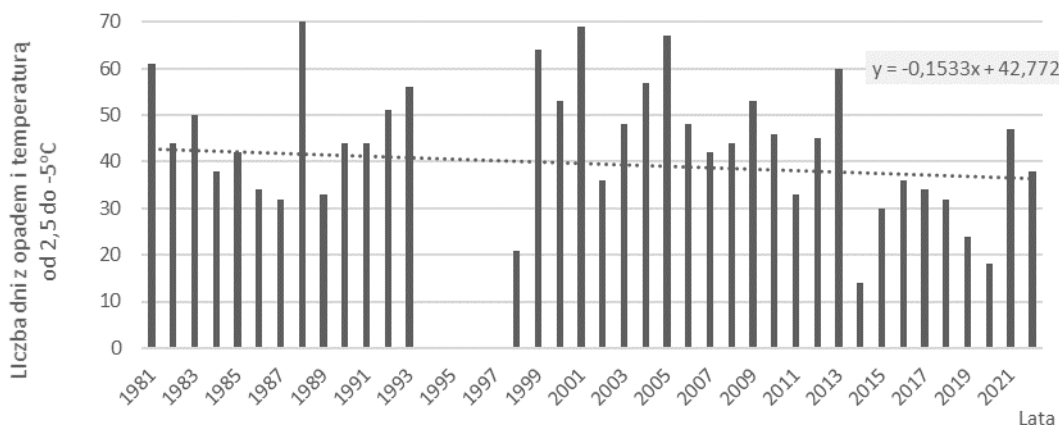


Rys. 19. Dni wegetacyjne, Częstochowa

1.2.2 Warunki termiczno-opadowe

Dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych

Średnio w roku występuje 45 dni z opadem powyżej 1 mm i średniodobową temperaturą powietrza z przedziału wartości od -5°C do +2,5°C. W analizowanym wieloleciu liczba dni o takich warunkach termiczno-opadowych wynosiła od 14 w 2014 r. do 70 w 1988 r. (rys. 20). Liczba charakterystycznych pogodowo dni wykazuje tendencję spadkową, średnio o 1 dzień w ciągu dekady.

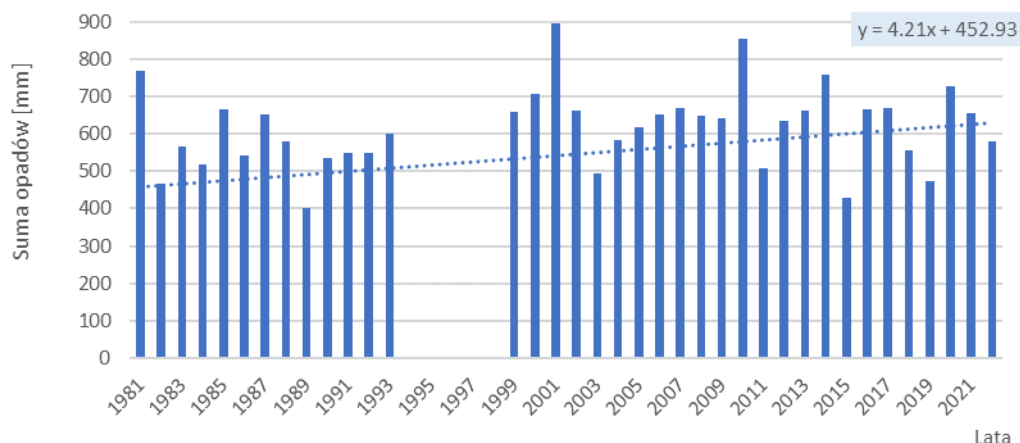


Rys. 20. Dni z temperaturą od +2,5°C do -5°C i opadem, Częstochowa

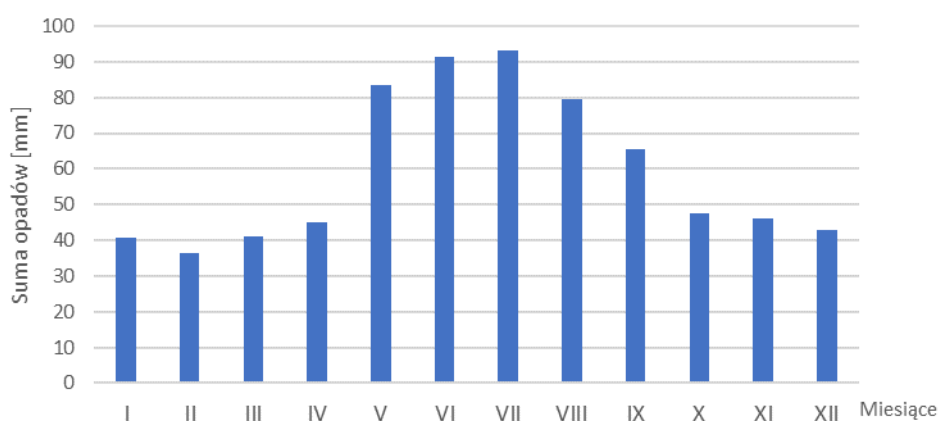
1.2.3 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

Sumy roczne i miesięczne opadów

Średnie roczne opady atmosferyczne osiągają wartość około 617 mm. W analizowanym wieloleciu występuje duża zmienność rocznych sum opadów (rys. 21) od 400 mm w roku 1989 do 898 mm w roku 2001. Analiza rocznych sum opadów wskazuje na tendencję wzrostową, średnio o 41 mm/dekadę.



Rys. 21. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Częstochowa

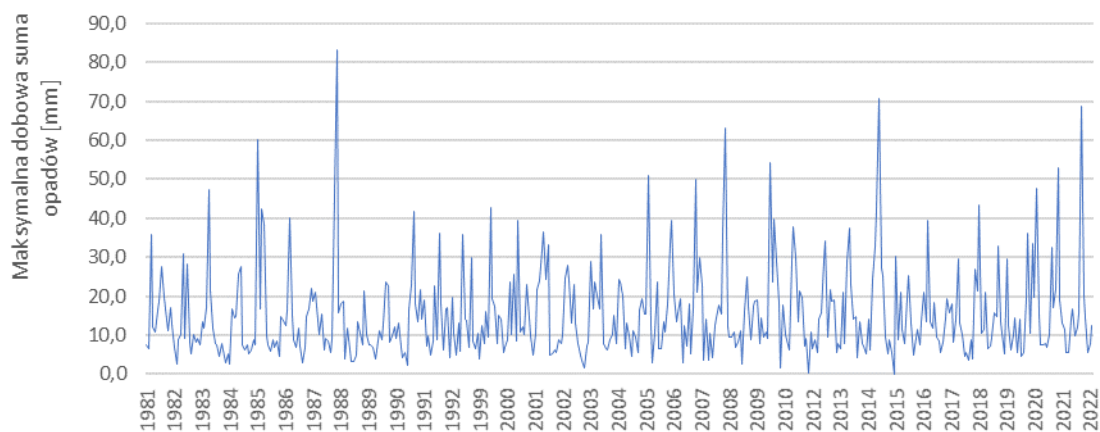


Rys. 22. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Częstochowa

W przebiegu rocznym największe średnie sumy opadów występują w lipcu (93,2 mm), natomiast najniższe są w lutym (36,3 mm) (rys. 22).

Maksymalne dobowe opady w miesiącu

W przebiegu wieloletnim najwyższą wartość maksymalnych opadów dobowych (rys. 23) odnotowano 8 czerwca 1988 r. (82,2 mm).

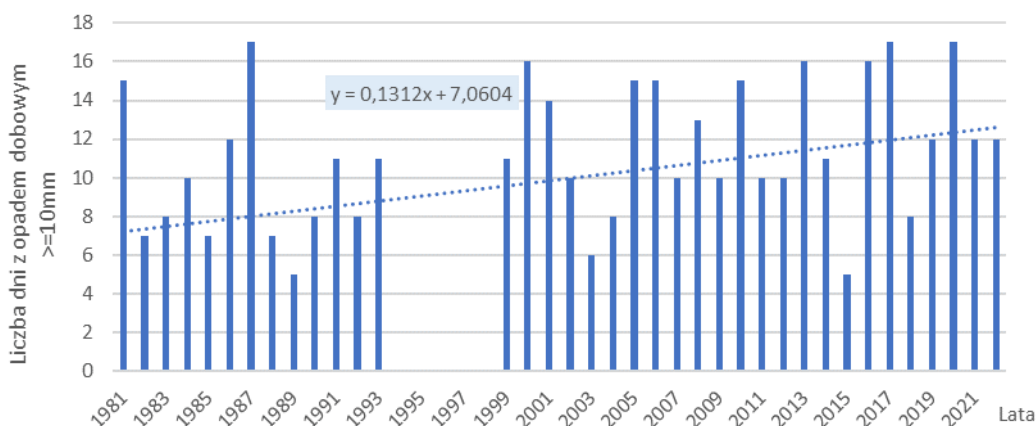


Rys. 23. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Częstochowa

Dobowe opady o dużym natężeniu

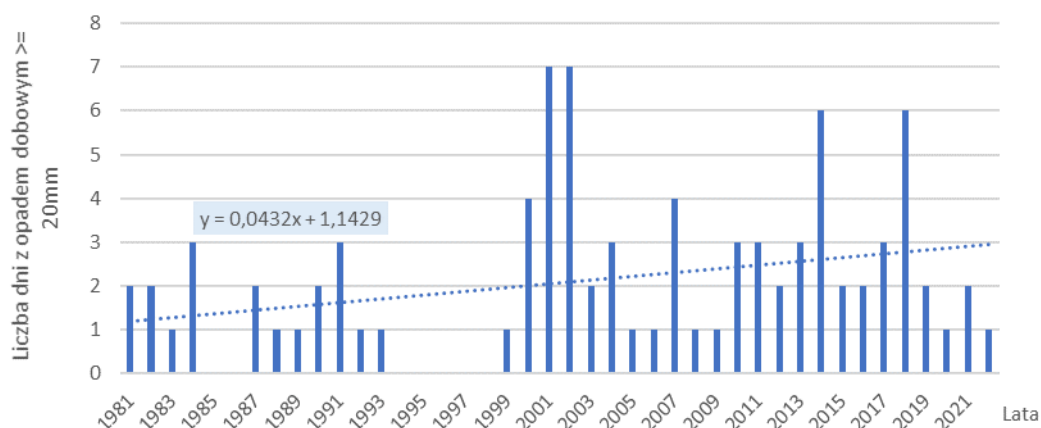
Dobowe opady większe lub równe 10 mm występują przeciętnie 11 razy w roku (rys. 24).

W przebiegu wieloletnim liczba opadów o takiej intensywności waha się od 5 (1989 r. i 2015 r.) do 17 (lata 1987, 2017 i 2020). Liczba dni z opadem ≥ 10 mm wykazuje trend wzrostowy o 1,3 dnia/dekadę.



Rys. 24. Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Częstochowa

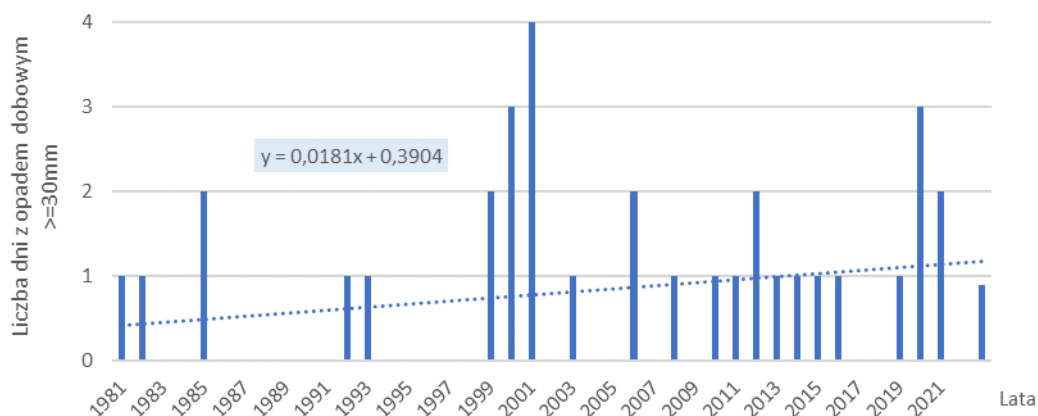
W ciągu roku odnotowuje się przeciętnie dwa razy opad większy lub równy 20 mm (rys. 25). Liczba dni cechujących się takim opadem dobowym waha się od 1 (w dwunastu latach) do 7 (2001 r. i 2002 r.). Liczba dni z opadem o takim natężeniu zwiększa się w badanym wieloleciu o 0,4 dnia/dekadę.



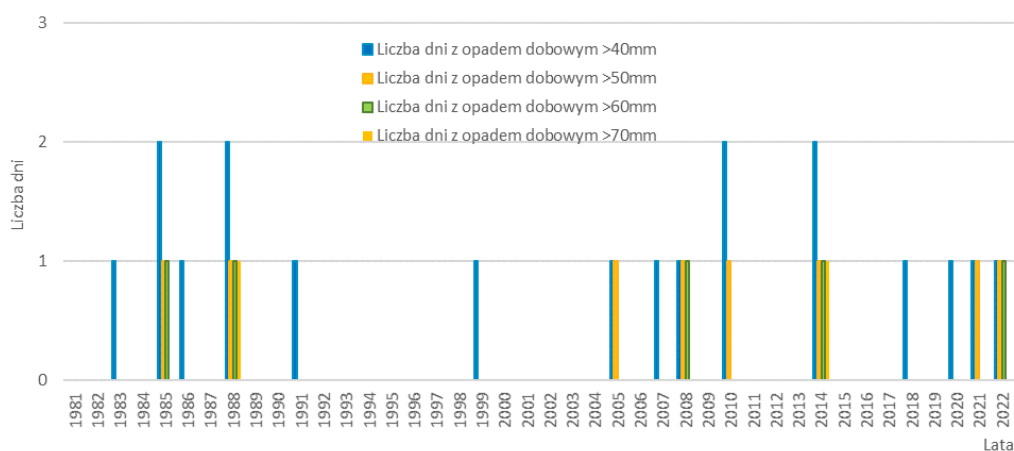
Rys. 25. Liczba dni z opadem większym lub równym 20 mm, Częstochowa

Opady dobowe większe lub równe 30 mm obserwuje się stosunkowo rzadko (rys. 26) – po jednym przypadku w 13 latach, a w 16 latach nie wystąpiły opady o takim natężeniu. W analizowanym wieloleciu najwięcej opadów (4 przypadki) wystąpiło w 2001 r. Od roku 1981 nieznacznie zwiększa się liczba dni z opadem przekraczającym lub równym 30 mm, średnio o 0,1 dnia/dekadę.

Opady dobowe o dużym natężeniu na badanym obszarze nie pojawiają się każdego roku, występują tylko pojedyncze w roku przypadki takich zdarzeń meteorologicznych (rys. 27). Opady przekraczające lub równe 40 mm odnotowano w ciągu 10 lat, opady dobowe przekraczające lub równe 50 mm i 60 mm odpowiednio w ciągu 4 lat i 3 lat. W analizowanym wieloleciu tylko raz wystąpiły opady o najwyższym natężeniu (≥ 70 mm i > 80 mm).



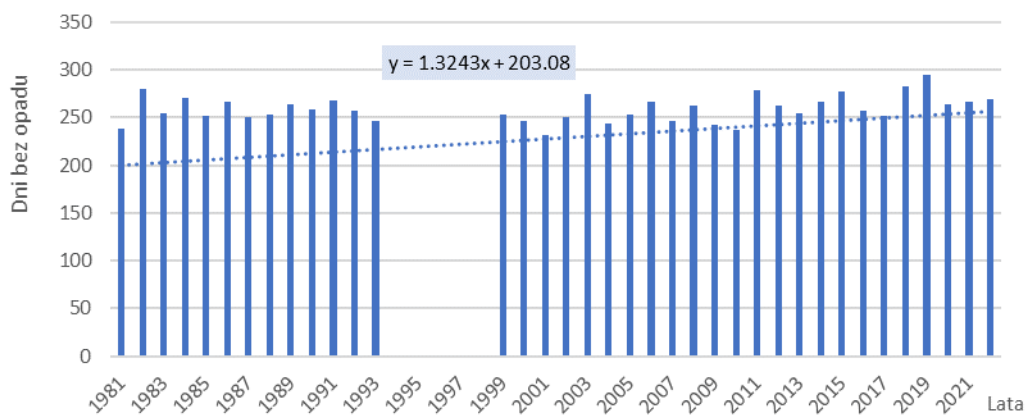
Rys. 26. Liczba dni z opadem większym niż 30 mm, Częstochowa



Rys. 27. Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70, 80 mm, Częstochowa

Długotrwałe okresy bezopadowe

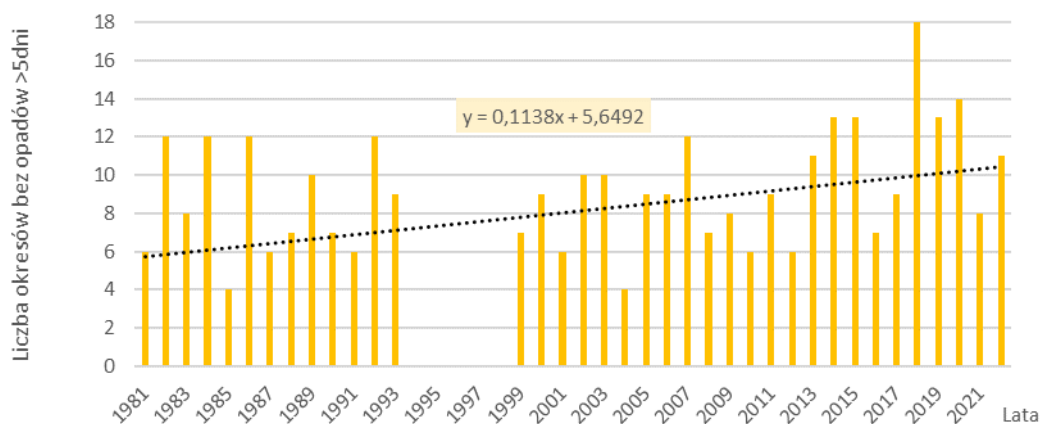
Liczbę dni bez opadu (opad<1mm) cechuje niewielka zmienność, od 132 dni (2001 r.) do 295 dni (2019 r.). Takich dni jest przeciętnie 259 w roku. Liczba dni bez opadu wykazuje tendencję wzrostową o 13 dni w ciągu dekady (rys. 28).



Rys. 28. Liczba dni bez opadu, Częstochowa

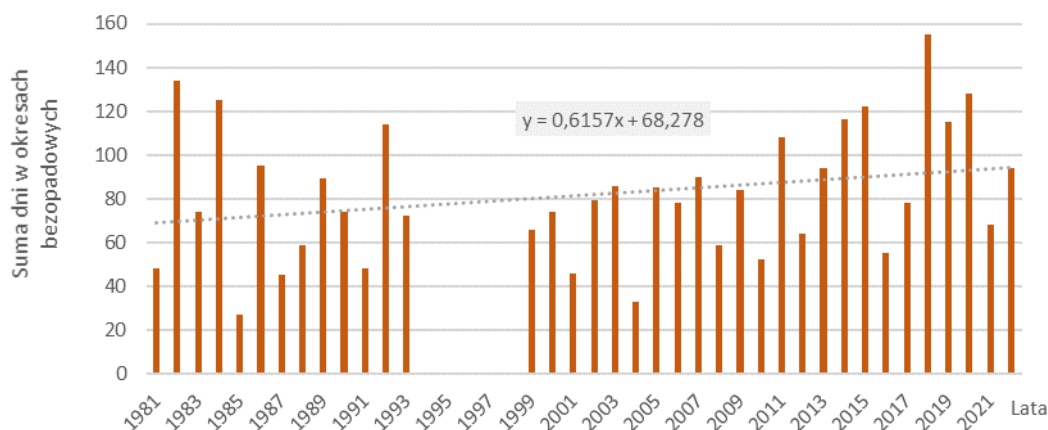
Okresy bezopadowe, definiowane jako trwające ponad 5 dni okresy bez opadu, pojawiają się nieregularnie, okresowo. W obszarze badań występowały przeciętnie 9 razy w roku (rys. 29).

Największa liczba ponad 5-dniowych ciągów bez opadów wyniosła 18 w 2018 r., najmniejsza natomiast 4 w roku 1985 i 2004. W analizowanym okresie zaznaczyła się tendencja wzrostu liczby okresów bezopadowych o 1 przypadek w ciągu dekady.

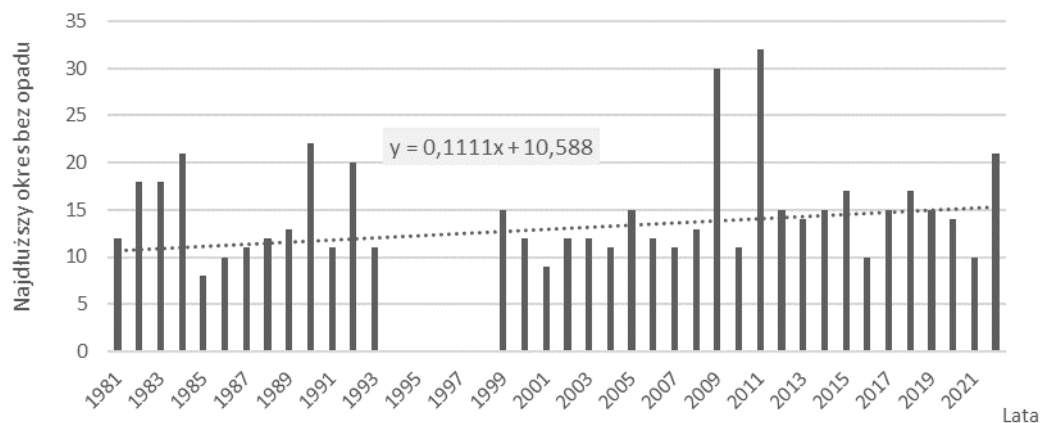


Rys. 29. Liczba okresów bez opadu, Częstochowa

Sumaryczna długość okresów bezopadowych wynosi w roku przeciętnie 82 dni. W badanym wieloleciu wahała się od 27 dni w 1985 r. do 155 dni w 2018 r. (rys. 30). Suma dni w okresach bezopadowych w roku zwiększa się średnio o 6 dni/dekadę.



Rys. 30. Sumaryczna długość okresów bez opadu, Częstochowa



Rys. 31. Najdłuższe okresy bezopadowe, Częstochowa

Najdłuższy okres bez opadu, trwający 32 dni, miał miejsce od 26 października do 26 listopada 2011 r.

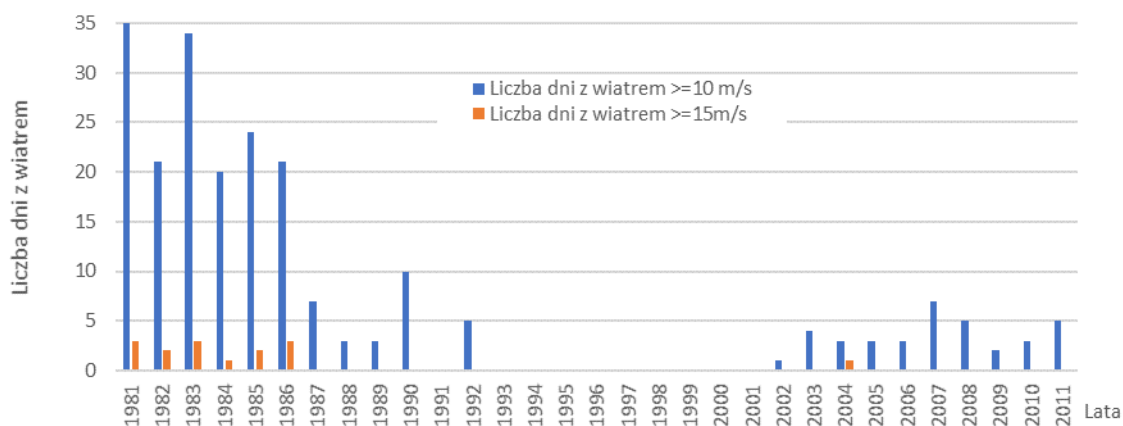
(rys. 31). Czas trwania okresów bezopadowych wydłuża się średnio o blisko 1 dzień/dekadę.

1.2.4 Warunki anemometryczne

Silny i bardzo silny wiatr

Wiatr przekraczający prędkość 10 m/s występuje średnio 2 razy w ciągu roku, ale nie w każdym roku w wieloleciu 1981-2011 wiatr osiągał taką prędkość (rys. 32). Największą intensywność tego zjawiska w latach 1991-2011 obserwowano w 1981 r. (35 dni), najmniejszą natomiast w 2002 r. (1 dzień). W wieloleciu zaznacza się słaby spadek liczby dni z wiatrem o takiej sile.

Bardzo silny wiatr, przekraczający prędkość 15 m/s, występuje średnio raz w roku (rys. 32), natomiast nie w każdym roku w okresie 1981-2011 odnotowano taką prędkość wiatru. Najwięcej dni z wiatrem o takiej sile zanotowano w roku 1981, 1983 i 1986 (3 przypadki). W analizowanym wieloleciu zmniejszyła się liczba dni z wiatrem przekraczający prędkość 15 m/s.

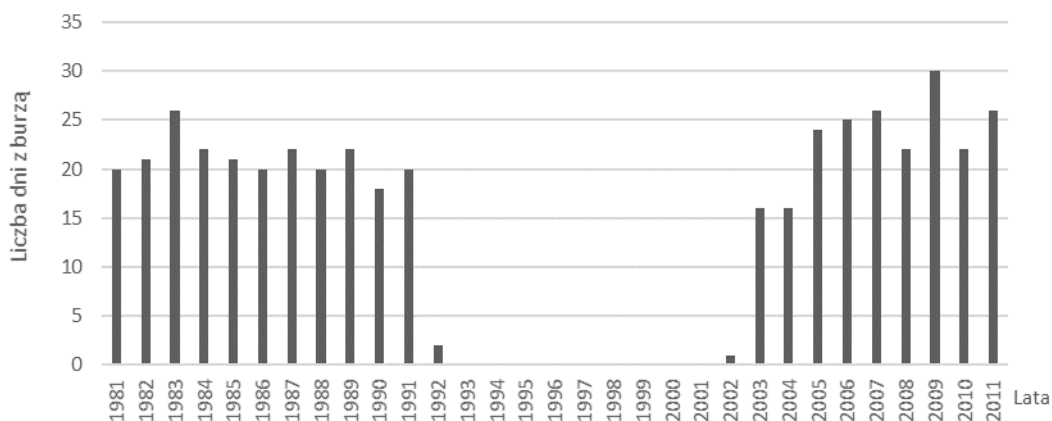


Rys. 32. Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1981-2011, Częstochowa

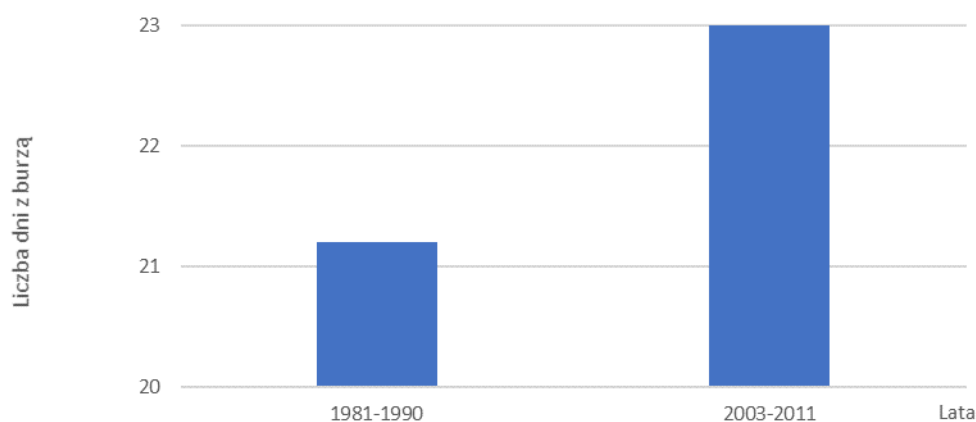
Burze

Średnia liczba dni z burzą w roku wynosi 21 dni w Subregionie północnym. W okresie 1981-2011 najwięcej burz, 30 epizodów, wystąpiło w 2009 r., natomiast najmniej zjawisk meteorologicznych o takim charakterze (18) było w 1990 r. (rys. 33). W wieloleciu zaznaczył się wzrost liczba dni z burzą, średnio o około 2 dni w ciągu dekady (rys. 34).

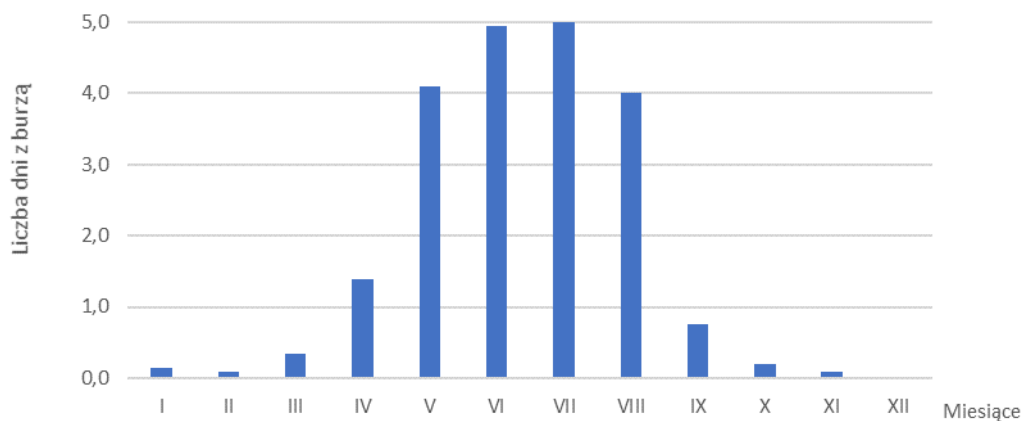
W przebiegu rocznym najwięcej burz przypada na miesiące ciepłej pory roku. Najczęściej burze występują w lipcu i czerwcu, blisko 5 dni w miesiącu, rzadziej w maju i sierpniu (rys. 35). W miesiącach chłodnych pojawiają się nieliczne burze, z wyjątkiem grudnia, w którym nie były notowane w analizowanym wieloleciu.



Rys. 33. Liczba dni z burzą w wieloleciu 1981-2021, Częstochowa



Rys. 34. Średnia liczba dni z burzą w wieloleciu, Częstochowa



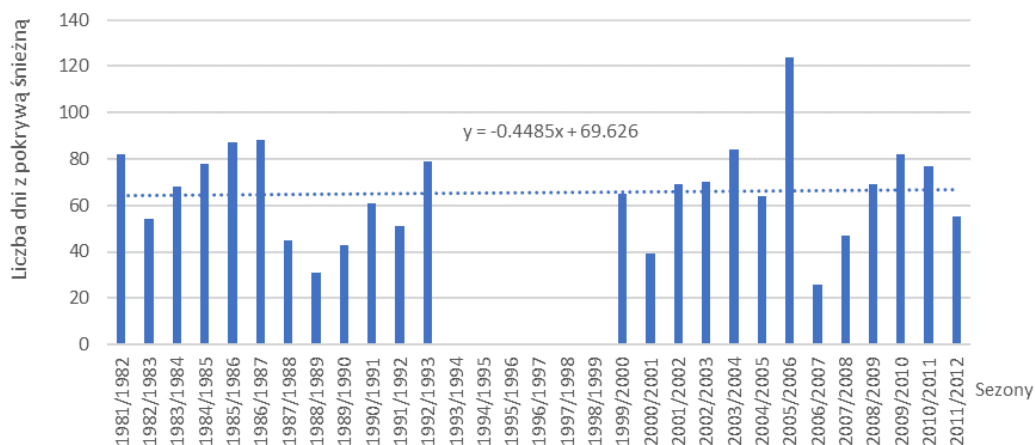
Rys. 35. Przebieg roczny dni z burzą, Częstochowa

1.2.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu

Pokrywa śnieżna występuje przeważnie od listopada do marca. W analizowanym wieloleciu najwcześniej pokrywa śnieżna pojawia się w październiku, najpóźniej zanika w maju.

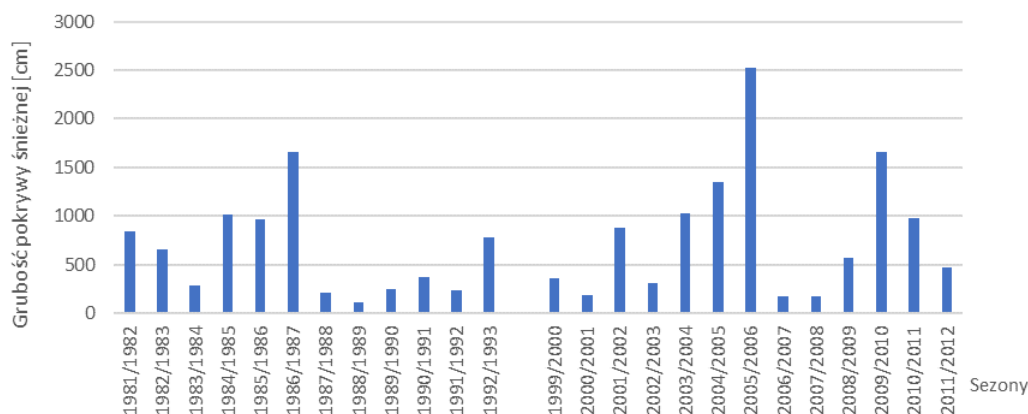
Średnia wieloletnia liczba dni z pokrywą śnieżną w Subregionie północnym wynosi blisko 66 dni. Najdłużej pokrywa śnieżna utrzymywała się przez 124 dni w sezonie zimowym 2005/2006 (rys. 36). Najkrócej pokrywa śnieżna zalegała w sezonie 2006/2007 (26 dni). W analizowanym okresie

zaznaczyła się tendencja spadkowa długości zalegania pokrywy śnieżnej.

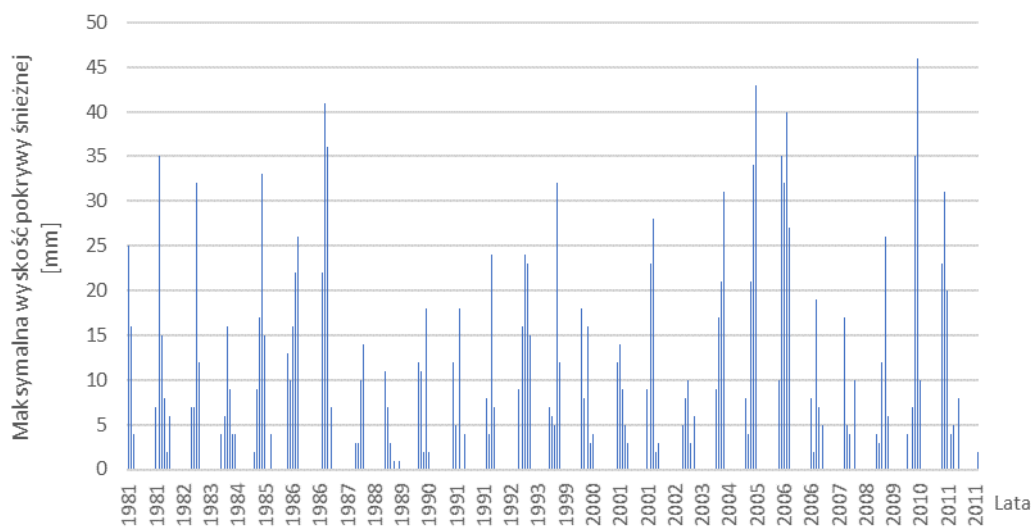


Rys. 36. Liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonach zimowych, Częstochowa

Pokrywa śnieżna występowała we wszystkich sezonach zimy 1981/1992-2011/2012. Najwyższa suma grubości pokrywy śnieżnej wynosiła 2526 cm w sezonie zimowym 2005/2006 (rys. 37). Największą wysokość pokrywy śnieżnej odnotowano w lutym 2010 r. – 46 cm (rys. 38). Sezon zimowy 1988/1989 charakteryzuje najmniejsza suma grubości pokrywy śnieżnej (107 cm).



Rys. 37. Grubość pokrywy śnieżnej w wieloleciu, Częstochowa



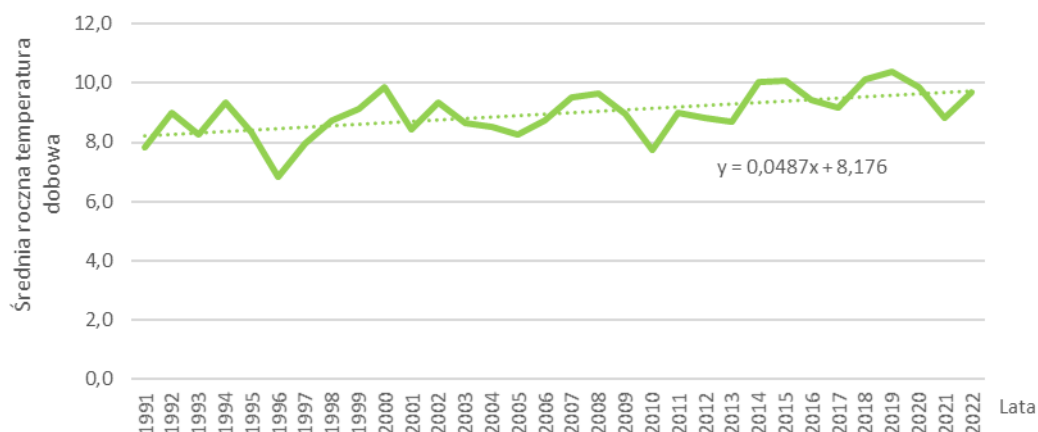
Rys. 38. Maksymalna wysokość pokrywy śnieżnej, Częstochowa

1.3 Subregion centralny

1.3.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza

Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1991-2022 na stacji meteorologicznej Katowice-Muchowiec reprezentującej warunki termiczne Subregionu centralnego wskazuje na stopniowe ocieplanie klimatu omawianego obszaru. W wieloletnim przebiegu rocznej temperatury zaznacza się wyraźny dodatni trend zmian temperatury średniej na poziomie blisko 0,5°C w dziesięciolecie.



Rys. 39. Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Katowice-Muchowiec

Średnia roczna temperatura dobowa wynosi 9,0°C w analizowanym wieloleciu. Wartości temperatury powietrza wahają się od 6,8°C w 1996 r. do 10,4°C w 2019 r. (rys. 39).

Średnia miesięczna temperatura powietrza



Rys. 40. Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Katowice-Muchowiec

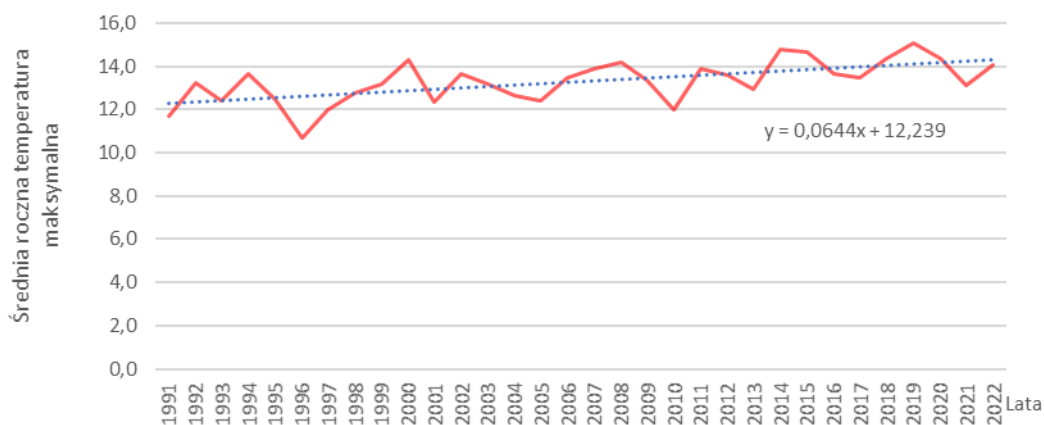
Najchłodniejszym miesiącem w roku jest styczeń ze średnią temperaturą -1,1°C obliczoną jako wartość średnia z wielolecia 1991- 2022 (rys. 40). Najcieplejszym miesiącem w wieloleciu jest lipiec ze średnią temperaturą 19,1°C.

Temperatura maksymalna

W latach 1991-2022 zaznacza się wyraźny wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej będącej również wskaźnikiem zmian warunków termicznych w omawianym obszarze.

W analizowanym okresie średnia roczna temperatura maksymalna systematycznie rośnie o 0,6°C w ciągu dekady (rys. 41), co oznacza jej wzrost o 1,8°C w 30-leciu. Temperatura przyjmuje wartości od 10,7°C w 1996 r. do 15,1°C w 2019 r.

Najwyższą dobową wartość temperatury, 37,2°C, odnotowano 8 sierpnia 2013 r. (rys. 42).



Rys. 41. Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Katowice-Muchowiec

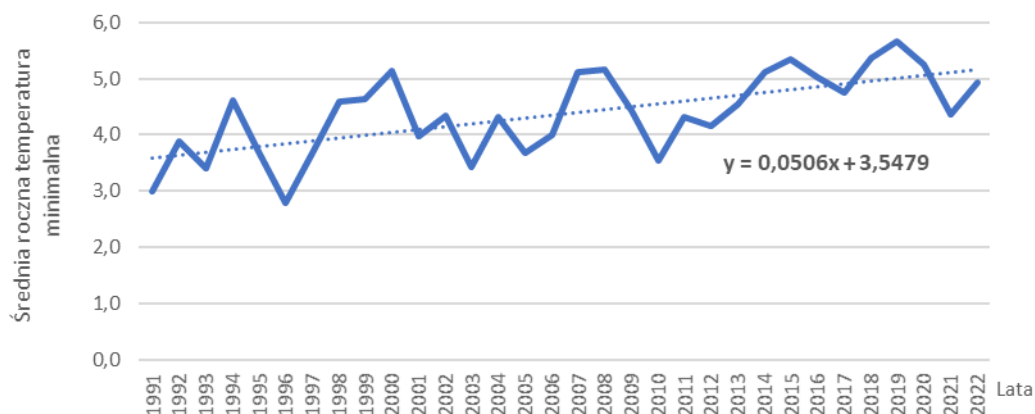


Rys. 42. Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Katowice-Muchowiec

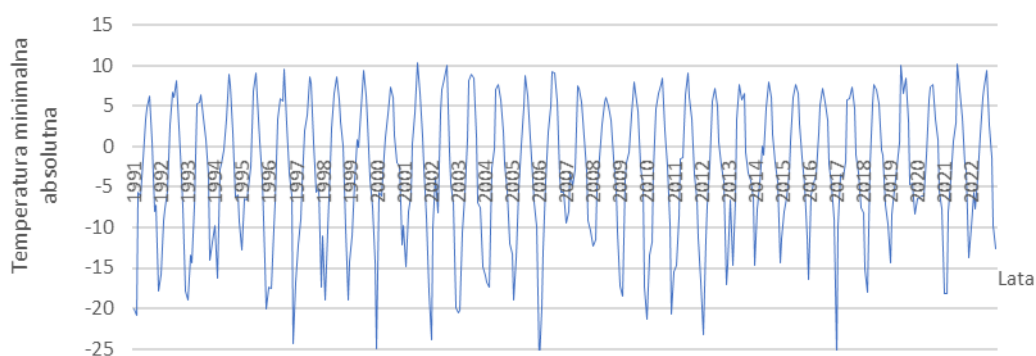
Temperatura minimalna

Tendencję wzrostową obserwuje się również w przebiegu wieloletnim temperatury minimalnej powietrza. Analizy wskazują na ocieplenie w tempie 0,5°C/dekadę (rys. 43), co oznacza wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o 1,5°C w 30-leciu. W latach 1991-2022 najchłodniejszym rokiem był 1996 ze średnią roczną temperaturą minimalną 2,8°C, a najcieplejszy rok 2019 r. z wartością temperatury 5,7°C.

W analizowanym wieloleciu najniższą w ciągu doby wartość temperatury powietrza odnotowano 23 stycznia 2006 r., gdy temperatura minimalna osiągnęła - 26,8°C (rys. 44).



Rys. 43. Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Katowice-Muchowiec



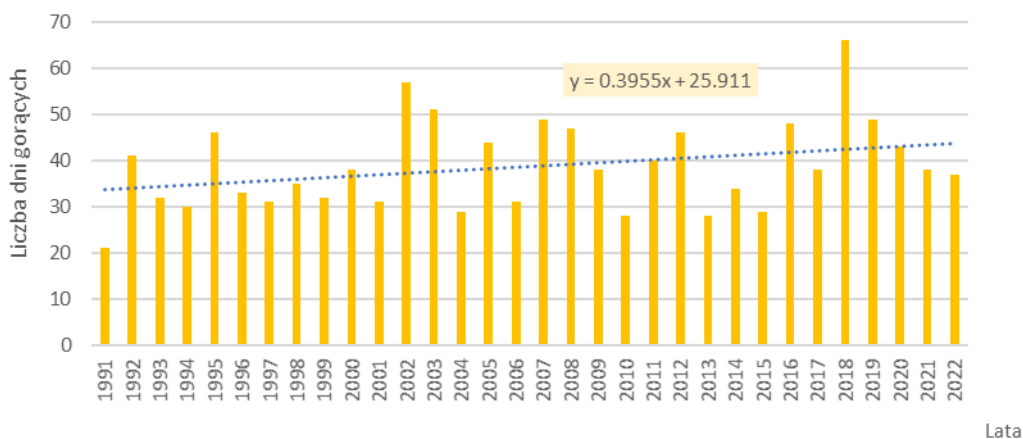
Rys. 44. Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Katowice-Muchowiec

Dni gorące

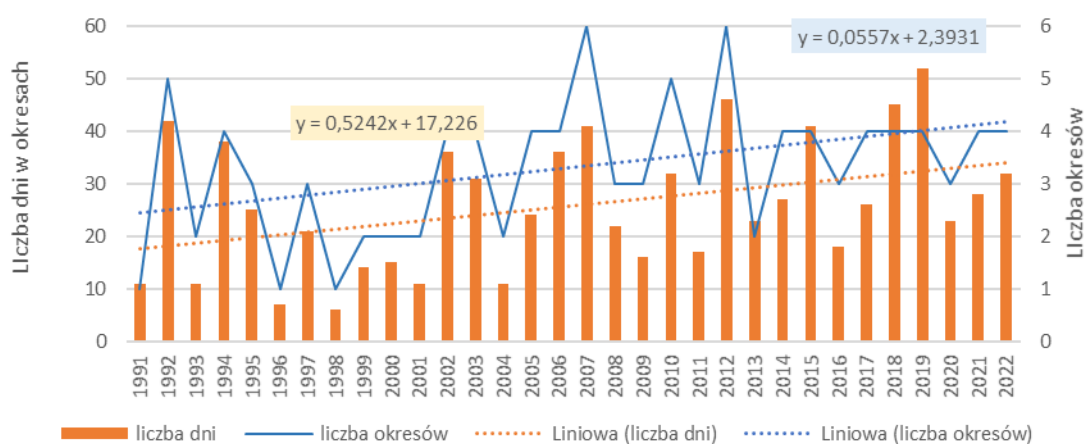
Zmiany warunków termicznych Subregionu centralnego, scharakteryzowane na podstawie średniej rocznej temperatury dobowej, maksymalnej i minimalnej, znajdują potwierdzenie w przebiegu innych wskaźników termicznych. W badanym wieloleciu zmienność liczby dni gorących (rys. 45), tzn. dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C, świadczy o wyraźnym wydłużaniu się okresu, w których temperatura powietrza przekracza wyznaczony próg najwyższej w ciągu doby temperatury. Liczba dni gorących zwiększa się średnio o 4 dni w ciągu dekady. Najmniej dni z takimi warunkami termicznymi było w roku 1991 (21 dni) najwięcej natomiast w roku 2018 (66 dni).

Liczba okresów gorących, tzn. z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, nieznacznie się zwiększa (rys. 46), średnio o około 0,5 okresu w ciągu dekady. Największa liczba okresów z takimi warunkami termicznymi wystąpiła w roku 2007 i 2012 (6 przypadków).

Okres gorący w analizowanym wieloleciu trwa średnio 8 dni. Najdłużej takie warunki termiczne utrzymywały się przez 26 dni w czerwcu 2019 r. Największe natężenie zjawiska odnotowano w 2019 r. (4 okresy o łącznej długości 52 dni). W analizowanym wieloleciu występuje tendencja wzrostowa długości takich okresów, o 5 dni/dekadę.



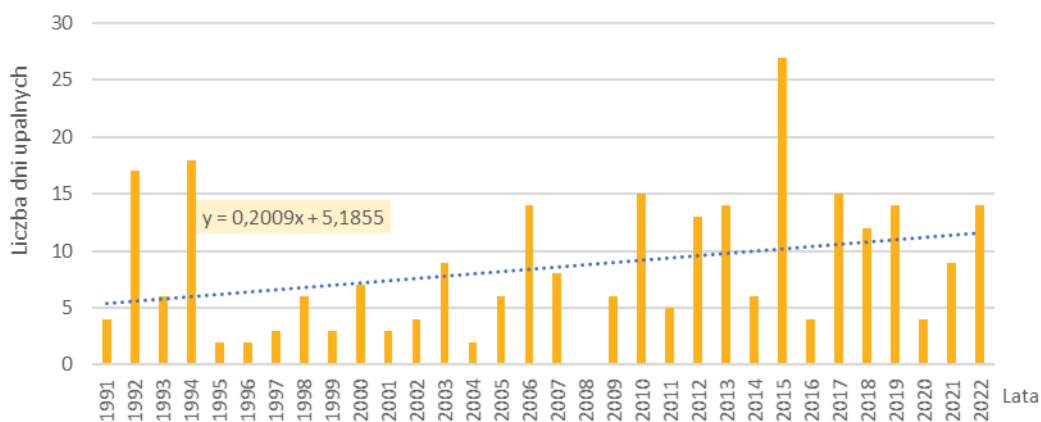
Rys. 45. Liczba dni gorących (Tmax>25°C), Katowice-Muchowiec



Rys. 46. Okresy ponad 5 dniowe z Tmax>25°C, Katowice-Muchowiec

Dni upalne

W okresie 1991-2022 zwiększa się liczba dni upalnych, tj. dni z maksymalną temperaturą przekraczającą 30°C, przeciętnie o dwa dni w dziesięciolecie (rys. 44). Najwięcej dni upalnych było w 2015 r. (27). W kilku latach w analizowanym wieloleciu wystąpiły pojedyncze przypadki takich dni, tj. 2 w roku. W jednym roku badanego wielolecia (2008) nie odnotowano temperatury powyżej 30°C.

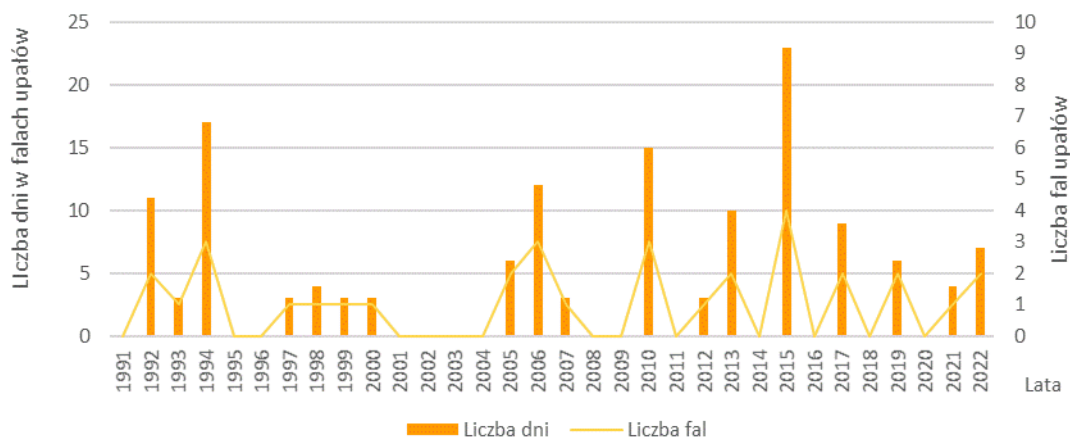


Rys. 47. Liczba dni upalnych (Tmax> 30°C), Katowice-Muchowiec

Fale upałów

Fale upałów, definiowane jako ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu, odnotowano tylko w 18 latach analizowanego wielolecia 1991- 2022 (rys. 48).

Temperatura powyżej 30°C przeciętnie utrzymywała się przez kolejne 4 dni. Najdłuższa fala upałów trwała 13 dni w sierpniu 2015 r. Najwięcej przypadków tego zjawiska termicznego wystąpiło w roku 2015: 3 fale upałów o łącznej długości trwania 23 dni (tab. 4).



Rys. 48. Liczba i okres trwania fal upałów, Katowice-Muchowiec

Zjawisko fal upałów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością w poszczególnych latach. Analiza przebiegu liczby i czasu trwania fal upałów wykazuje nieznaczne zwiększenie się częstotliwości i natężenia tego zjawiska w badanym okresie.

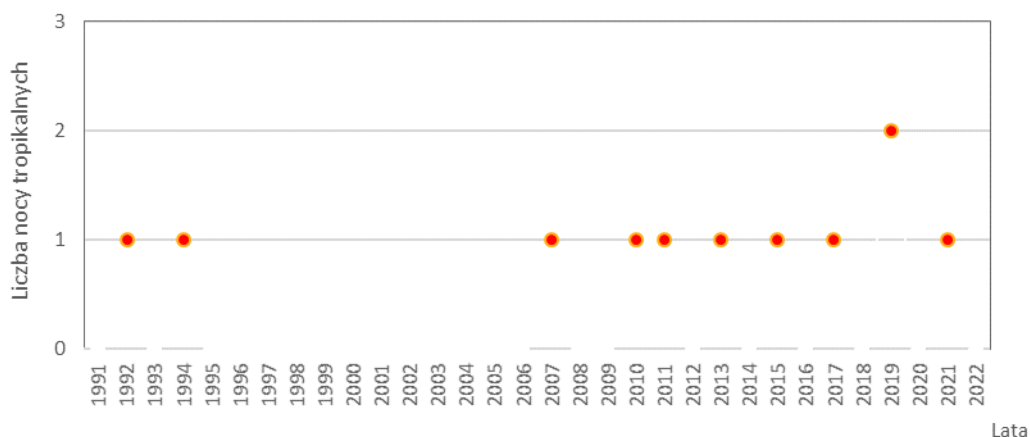
Tab. 4. Fale upałów w Katowice-Muchowiec w latach 1991-2022

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1992-08-06	1992-08-10	5	35,7	1992-08-10
1992-08-26	1992-08-31	6	36,0	1992-08-29
1993-08-03	1993-08-05	3	31,9	1993-08-04
1994-06-27	1994-06-29	3	32,9	1994-06-27
1994-07-24	1994-08-03	11	35,2	1994-08-01
1994-08-05	1994-08-07	3	33,5	1994-08-06
1997-06-28	1997-06-30	3	32,8	1997-06-29
1998-07-20	1998-07-23	4	32,9	1998-07-21
1999-07-04	1999-07-06	3	32,3	1999-07-06
2000-08-19	2000-08-21	3	32,6	2000-08-19 2000-08-20
2005-05-28	2005-05-30	3	32,2	2005-05-30
2005-07-28	2005-07-30	3	33,6	2005-07-29
2006-07-10	2006-07-13	4	31,1	2006-07-12
2006-07-20	2006-07-23	4	34,3	2006-07-21
2006-07-26	2006-07-29	4	32,9	2006-07-27
2007-07-15	2007-07-17	3	34,4	2007-07-17
2010-06-09	2010-06-12	4	32,2	2010-06-11
2010-07-10	2010-07-17	8	33,5	2010-07-17
2010-07-21	2010-07-23	3	32,1	2010-07-22
2012-07-05	2012-07-07	3	33	2012-07-06
2013-07-27	2013-07-29	3	35,4	2013-07-29
2013-08-02	2013-08-08	7	37,2	2013-08-08
2015-07-04	2015-07-07	4	33,5	2015-07-05

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
2015-07-17	2015-07-19	3	32,6	2015-07-18
2015-08-03	2015-08-15	13	35,1	2015-08-08
2015-08-30	2015-09-01	3	34,9	2015-08-31
2017-07-30	2017-08-03	5	34,3	2017-08-01
2017-08-09	2017-08-12	4	33,8	2017-08-11
2019-06-11	2019-06-13	3	32,4	2019-06-13
2019-06-25	2019-06-27	3	33,6	2019-06-26
2021-06-19	2021-06-22	4	32	2021-06-21
2022-06-29	2022-07-01	3	34,4	2022-07-01
2022-07-20	2022-07-23	4	33,2	2022-07-21

Noce tropikalne

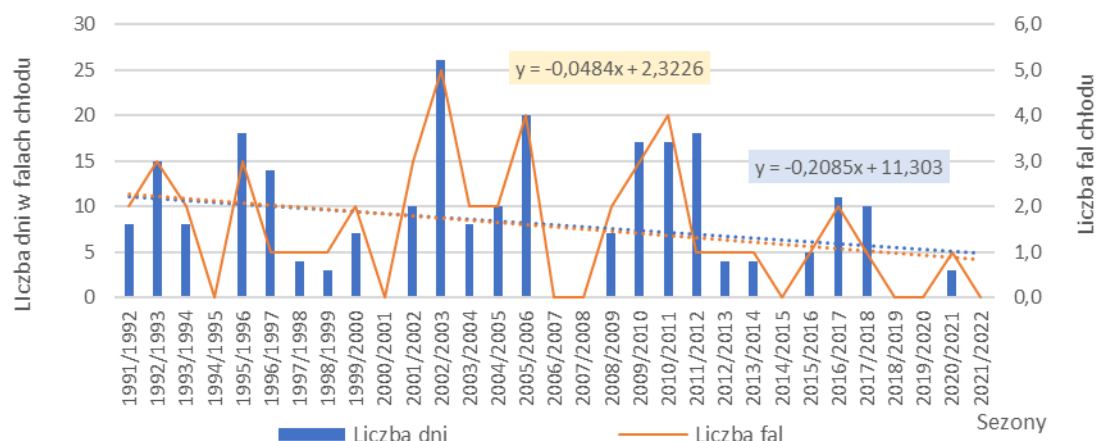
Dni z temperaturą minimalną dobową powyżej 20°C (noce tropikalne) występują bardzo rzadko, zazwyczaj raz w roku, ale nie w każdym roku analizowanego wielolecia stwierdzono takie warunki termiczne (rys. 49). W latach 1991-2022 temperatura w ciągu doby nie spadła poniżej 20°C tylko w 10 latach. Największą liczbę nocy tropikalnych, 2 przypadki, odnotowano w 2019 r.



Rys. 49. Dni z temperaturą minimalną >20°C, Katowice-Muchowiec

1.3.2 Fale chłodu

Fale chłodu, definiowane jako okresy z temperaturą minimalną poniżej -10°C utrzymującą się przez co najmniej 3 dni, występowały średnio 1 raz w roku, trwając przeciętnie 5 dni. W analizowanym okresie zidentyfikowano 48 takich zjawisk, utrzymujących się 18 dni. Najdłuższa fala chłodu wystąpiła na przełomie stycznia i lutego 2012 r. Natężenie fal chłodu było największe w sezonie zimowym 2002/2003 – 5 fal chłodu trwających łącznie 26 dni. W 8 sezonach zimowych opisywane zjawisko nie zaistniało (rys. 50, tab. 5). Analiza fal chłodu w wieloleciu wskazuje na tendencję zmniejszania się ich liczby i długości trwania. W przypadku pojedynczych fal chłodu ulega niewielkiej zmianie czas ich trwania z tendencją do dłuższego utrzymywania się takich warunków termicznych.



Rys. 50. Liczba i okres trwania fal chłodu, Katowice-Muchowiec

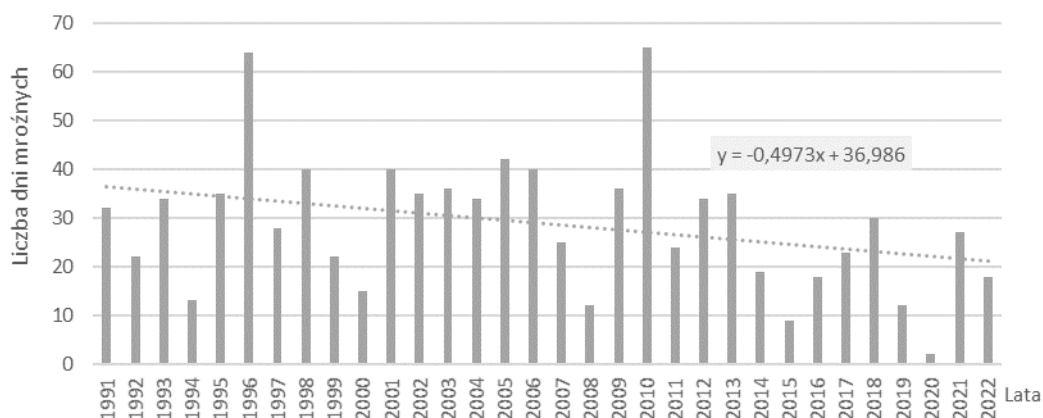
Tab. 5. Fale chłodu w Katowice-Muchowiec (sezony 1991/1992-2021/2022)

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1991-01-17	1991-01-21	5	-14,5	1991-01-17
1991-01-30	1991-02-08	10	-20,8	1991-02-01
1991-02-15	1991-02-17	3	-11,9	1991-02-16
1991-12-08	1991-12-10	3	-17,9	1991-12-09
1992-01-21	1992-01-25	5	-15,8	1992-01-21
1992-12-23	1992-12-29	7	-17,9	1992-12-26
1993-01-02	1993-01-06	5	-18,9	1993-01-05
1993-01-30	1993-02-01	3	-18,2	1993-01-31
1993-11-18	1993-11-20	3	-14,0	1993-11-19
1994-02-13	1994-02-17	5	-16,3	1994-02-13
1995-12-27	1995-12-31	5	-20,1	1995-12-29
1996-01-21	1996-01-27	7	-17,4	1996-01-25
1996-02-06	1996-02-11	6	-17,5	1996-02-08
1996-12-21	1997-01-03	14	-17,6	1996-12-22
1997-12-15	1997-12-18	4	-17,4	1997-12-17
1999-01-30	1999-02-01	3	-14,2	1999-01-31
1999-12-23	1999-12-25	3	-14,4	1999-12-24
2000-01-22	2000-01-25	4	-25,0	2000-01-24
2001-12-08	2001-12-10	3	-14,9	2001-12-09
2001-12-13	2001-12-15	3	-18,0	2001-12-13
2002-01-03	2002-01-06	4	-23,8	2002-01-04
2002-12-08	2002-12-15	8	-17,5	2002-12-11
2002-12-24	2002-12-27	4	-19,9	2002-12-26
2002-12-31	2003-01-02	3	-17,6	2003-01-01
2003-01-06	2003-01-12	7	-20,6	2003-01-09
2003-02-12	2003-02-15	4	-20,3	2003-02-13
2004-01-05	2004-01-09	5	-15,9	2004-01-05
2004-01-24	2004-01-26	3	-11,9	2004-01-26
2005-02-05	2005-02-10	6	-18,9	2005-02-09
2005-02-28	2005-03-03	4	-15,9	2005-02-28
2006-01-08	2006-01-12	5	-16,9	2006-01-08
2006-01-16	2006-01-18	3	-17,3	2006-01-16
2006-01-22	2006-01-30	9	-26,8	2006-01-23
2006-02-05	2006-02-07	3	-19,7	2006-02-05
2009-01-06	2009-01-09	4	-17,2	2009-01-07
2009-01-12	2009-01-14	3	-15,4	2009-01-12
2009-12-17	2009-12-22	6	-17,3	2009-12-19

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
2010-01-21	2010-01-28	8	-21,4	2010-01-24
2010-03-08	2010-03-10	3	-11,9	2010-03-08
2010-12-03	2010-12-05	3	-20,7	2010-12-05
2010-12-16	2010-12-19	4	-19,1	2010-12-17
2010-12-27	2010-12-31	5	-13,9	2010-12-28
2011-02-21	2011-02-25	5	-14,7	2011-02-24
2012-01-27	2012-02-13	18	-23,3	2012-02-03
2012-12-07	2012-12-10	4	-17,1	2012-12-08
2014-01-24	2014-01-27	4	-14,6	2014-01-25
2015-12-31	2016-01-04	5	-16,3	2016-01-04
2017-01-06	2017-01-11	6	-26,0	2017-01-07
2017-01-27	2017-01-31	5	-14,9	2017-01-29
2018-02-24	2018-03-05	10	-18,0	2018-03-01
2021-02-11	2021-02-13	3	-18,1	2021-02-12

Dni mroźne

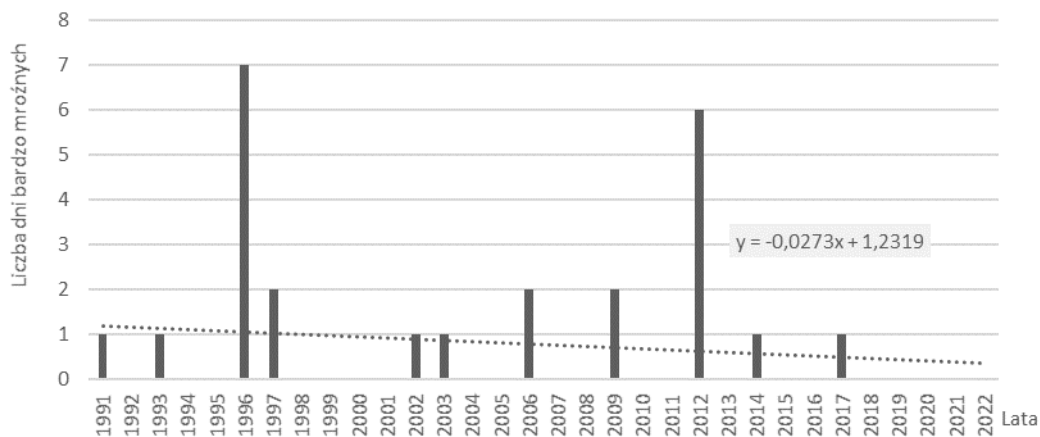
Dni mroźnych (dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C) w badanym obszarze jest średnio 29 w roku. Charakterystyczna jest duża zmienność występowania takich warunków termicznych, od 2 dni w roku 2020 do 65 dni w roku 2010 (rys. 51). Liczba dni mroźnych wykazuje tendencję spadkową w analizowany wielolecie, o blisko 5 dni w ciągu dekady.



Rys. 51. Liczba dni mroźnych (Tmax<0°C), Katowice-Muchowiec

Dni bardzo mroźne

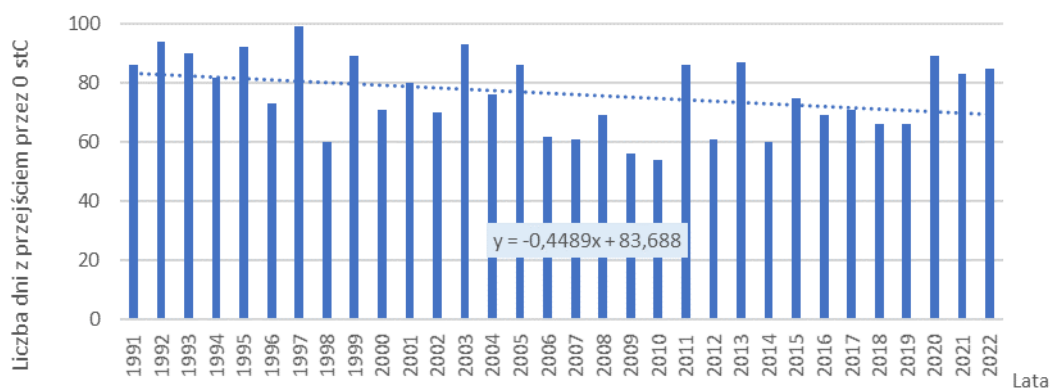
W Subregionie centralnym temperatura maksymalną spada poniżej -10°C w ciągu doby (dni bardzo mroźne) przeciętnie tylko raz w roku. W analizowanym wielolecie obserwuje się duże zróżnicowanie występowania dni bardzo mroźnych (rys. 52). Takie warunki termiczne odnotowano tylko w 11 latach. Najwięcej takich dni pojawiło się w roku 1996, tj. 7 epizodów. Zauważany jest nieznaczny spadek liczby dni bardzo mroźnych, średnio o 0,2 dnia/dekadę.



Rys. 52. Dni bardzo mroźne (Tmax < -10°C), Katowice-Muchowiec

Dni z temperaturą przejściową

Dni z temperaturą przejściową, tzn. dni w których temperatura powietrza przechodzi przez punkt 0°C, przeciętnie jest 76 w roku (rys. 53). Zakres zmienności ich liczby w wieloleciu waha się od 54 dni w 2010 r. do 99 dni w 1997 r. W badanym okresie stwierdzono spadek liczby takich dni średnio o 4 dni/dekadę.

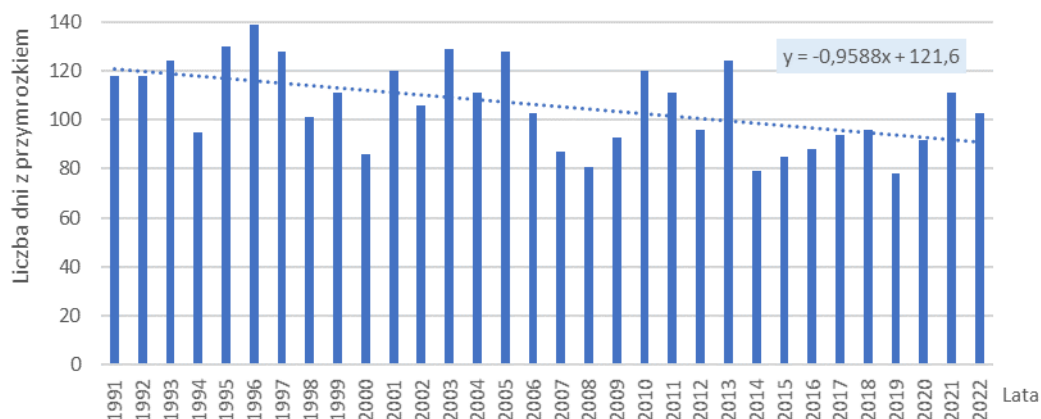


Rys. 53. Dni z przejściem przez 0°C, Katowice-Muchowiec

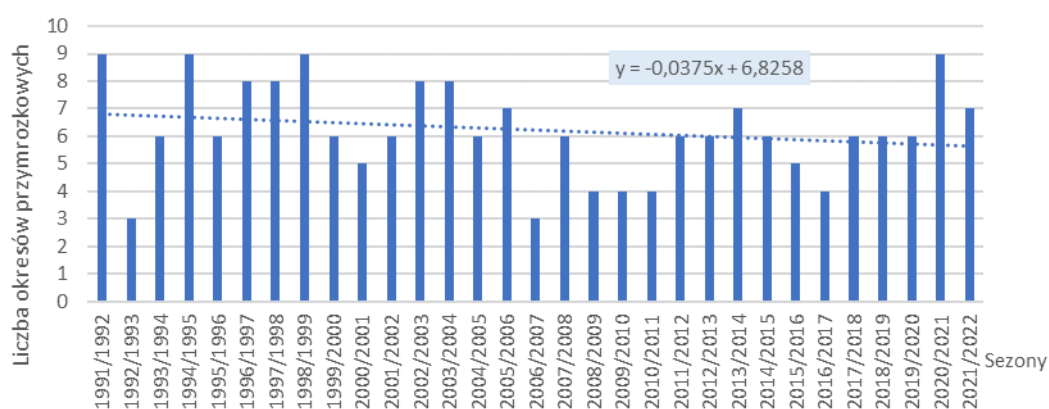
Dni i okresy przymrozkowe

Liczba dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C (dni przymrozkowe) wynosi średnio 106 w roku. W poszczególnych latach analizowanego okresu liczba takich dni sięga od 78 dni w 2019 r. do 139 dni w 1996 r. (rys. 54). Liczba dni o takich warunkach termicznych wykazuje tendencję spadkową o 5 dni w ciągu dekady.

Okresy przymrozkowe, definiowane jako okresy z dobową temperaturą minimalną poniżej 0°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, występują średnio 6 razy w roku w analizowanym wieloleciu (rys. 55). Największe natężenie tego zjawiska odnotowano w sezonie 1995/1996 i 2020/2021 (9 okresów przymrozkowych), najmniejszą ich liczbę natomiast w sezonie 1992/1993 i 2006/2007 (3 okresy przymrozkowe). Następuje niewielki spadek liczby okresów przymrozkowych, o około 0,3 na dekadę).

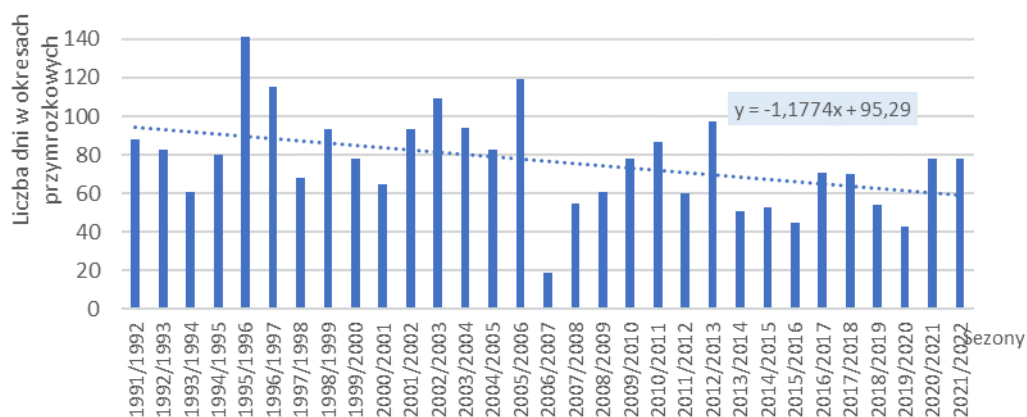


Rys. 54. Dni przymrozkowe (Tmin < 0°C), Katowice-Muchowiec



Rys. 55. Okresy przymrozkowe, Katowice-Muchowiec

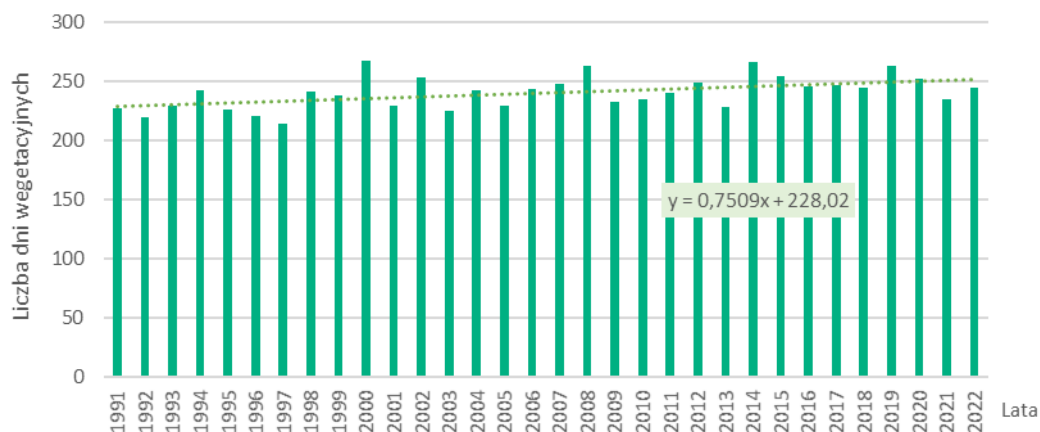
Liczba dni w okresach przymrozkowych w poszczególnych latach wielolecia waha się od 19 dni w sezonie 2006/2007 do 140 dni w sezonie 1995/1996 (rys. 56). Najdłuższy okres przymrozkowy, trwający 70 dni, odnotowano od listopada do stycznia w sezonie 1996/1997. Liczba dni w okresach przymrozkowych wykazuje tendencję spadkową, średnio prawie o 11 dni/dekadę.



Rys. 56. Liczba dni w okresach przymrozkowych, Katowice-Muchowiec

Dni wegetacyjne

Długość okresu wegetacyjnego, definiowanego jako liczba dni ze średniodobową temperaturą powietrza przekraczającą 5°C, wynosi w roku średnio 240 dni. W analizowanym wieloleciu długość okresu wegetacyjnego waha się od 214 dni w 1997 r. do 267 dni w 2000 roku (rys. 57). Zaznacza się wyraźny trend wydłużania się okresu wegetacyjnego, o około 7 dni w ciągu dekady.

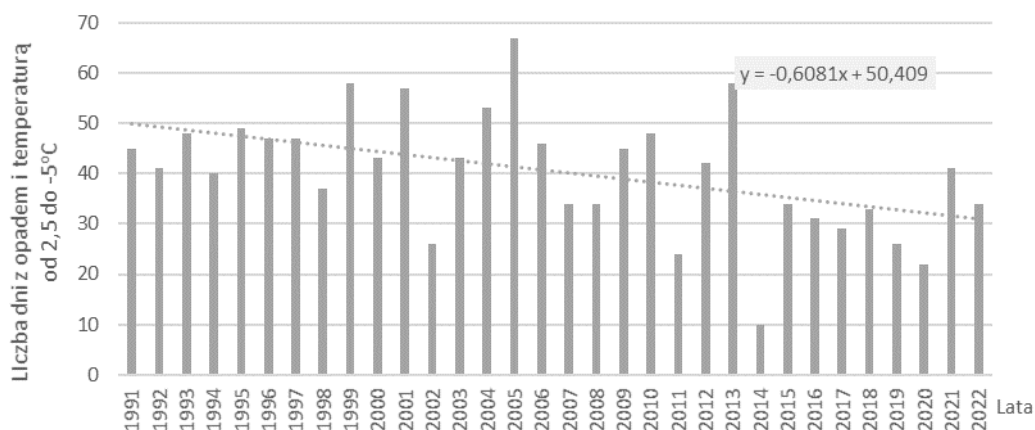


Rys. 57. Dni wegetacyjne, Katowice-Muchowiec

1.3.3 Warunki termiczno-opadowe

Dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych

Liczba dni charakteryzujących się występowaniem opadu powyżej 1 mm i średniodobową temperaturą powietrza osiągającą wartość w przedziale od -5°C do +2,5°C, wynosi średnio 40 w roku. Takie warunki termiczno-opadowe cechuje duże zróżnicowanie w analizowanym wieloleciu, od 10 dni w 2014 r. do 67 dni w 2005 r. (rys. 58). Liczba takich charakterystycznych pogodowo dni wykazuje silną tendencję spadkową, średnio o 6 dni/dekadę.

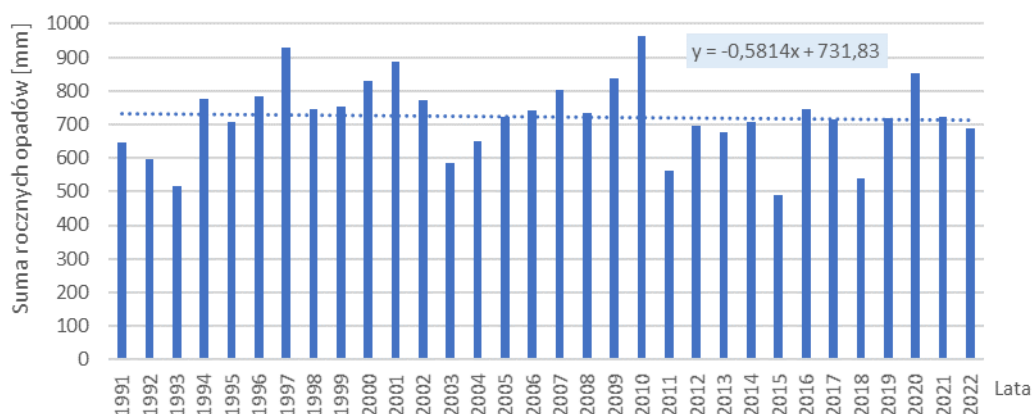


Rys. 58. Dni z temperaturą od +2,5°C do -5°C i opadem, Katowice-Muchowiec

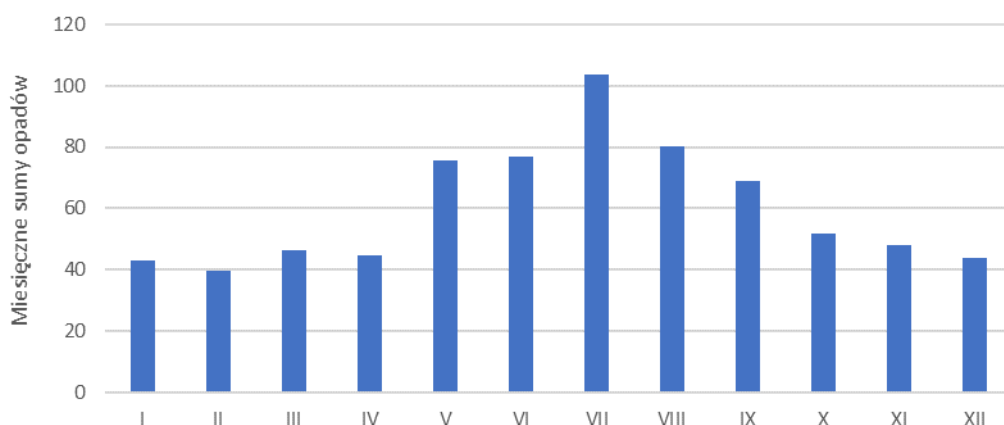
1.3.4 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

Sumy roczne i miesięczne opadów

Średnie roczne opady atmosferyczne osiągają wartość około 746 mm. W analizowanym wieloleciu występuje zmienność rocznych sum opadów od 489 mm w roku 2015 do 964 mm w roku 2010 (rys. 59). Analiza wieloletnich rocznych sum opadów wskazuje na tendencję spadkową, średnio o 6 mm/dekadę.



Rys. 59. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Katowice-Muchowiec

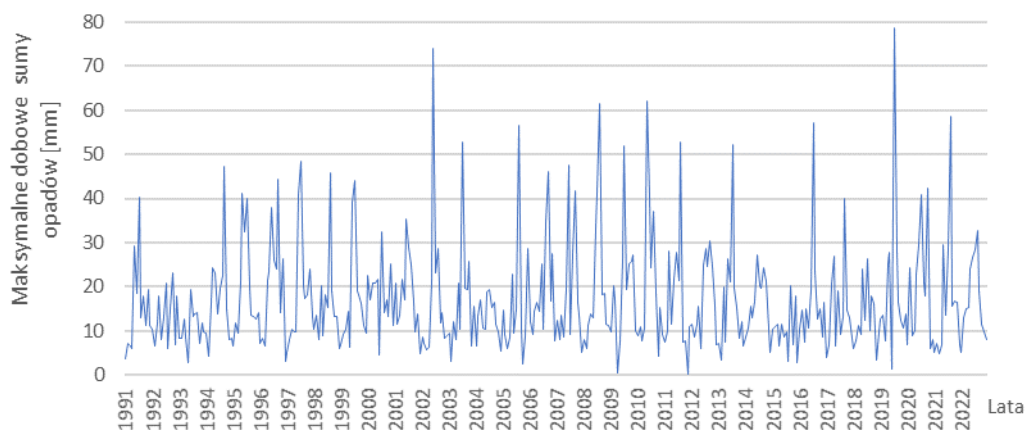


Rys. 60. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Katowice

W przebiegu rocznym największe średnie sumy opadów występują w lipcu (103,6 mm), natomiast najniższe są w lutym (39,6 mm) (rys. 60).

Maksymalne dobowe opady w miesiącu

W przebiegu wieloletnim najwyższą wartość maksymalnych opadów dobowych (rys. 61) odnotowano 27 lipca 2019 r. (78,8 mm).



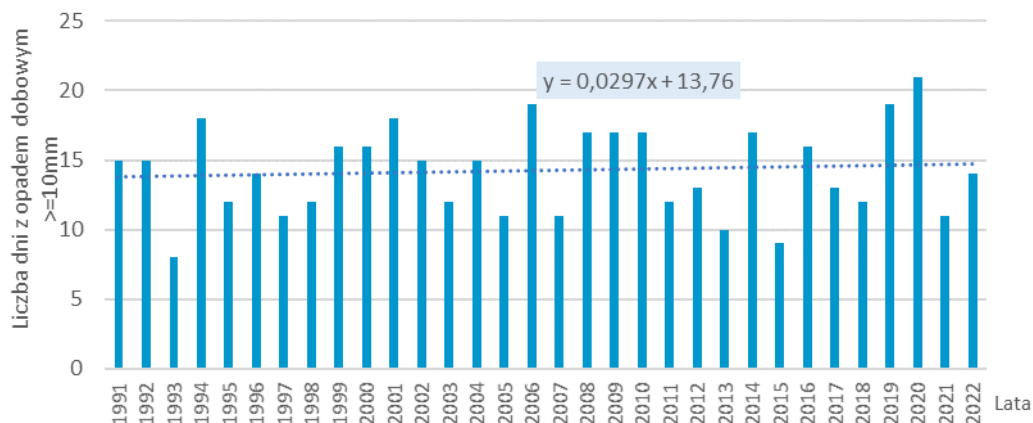
Rys. 61. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Katowice-Muchowiec

Dobowe opady o dużym natężeniu

Dobowe opady większe lub równe 10 mm występują przeciętnie 14 razy w roku (rys. 62).

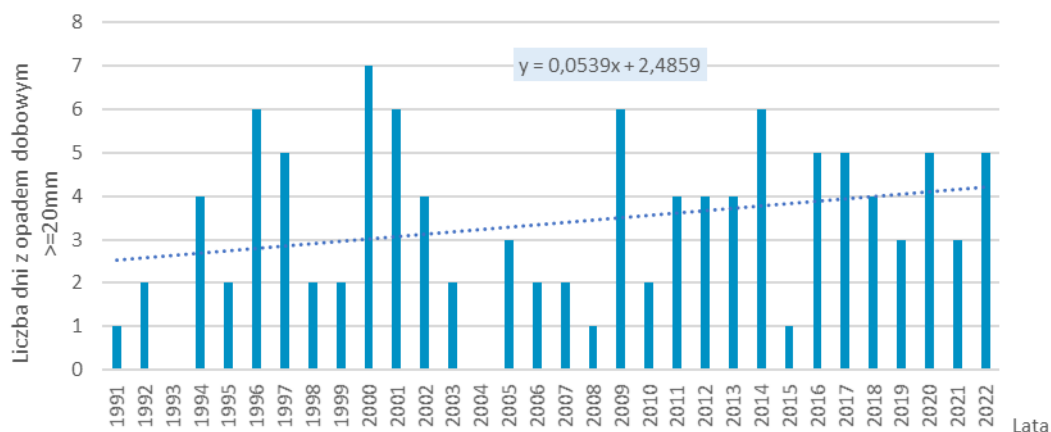
W przebiegu wieloletnim liczba opadów o takiej intensywności waha się od 8 w 1993 r. do 21 w 2020 r. Liczba dni z takim opadem wykazuje słabą tendencję wzrostową, średnio o 0,2 dnia/dekadę.

W ciągu roku odnotowuje się przeciętnie 3 dni z opadem większym lub równym 20 mm (rys. 63). Liczba dni cechujących się takim opadem dobowym waha się od 1 (lata 1991, 1998, 2015) do 7 (2000 r.). W badanym wieloleciu w 2 latach nie zarejestrowano opadów dobowych przekraczających 20 mm. Analiza zmienności dni z opadem większym niż 20 mm wykazuje w latach 1991-2022 tendencję wzrostową o 0,5 dnia/dekadę.

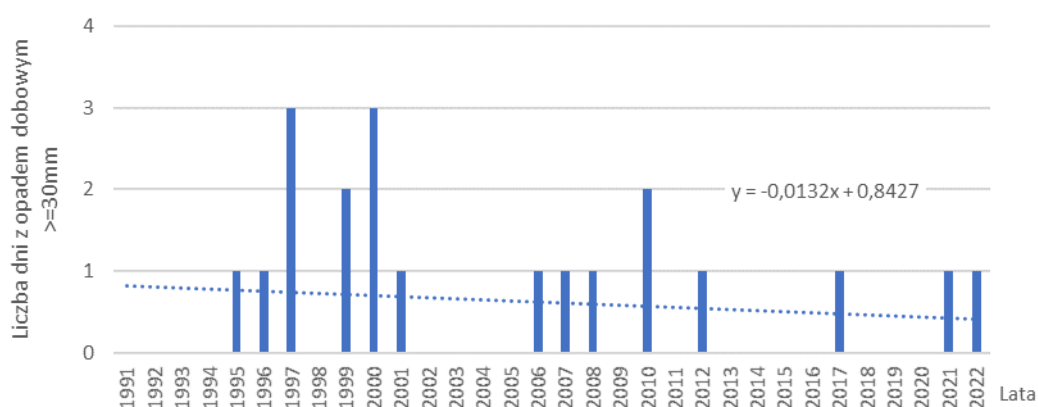


Rys. 62. Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Katowice-Muchowiec

Opady dobowe większe lub równe 30 mm obserwuje się stosunkowo rzadko na badanym obszarze (rys. 64). W wieloleciu 1991-2022 tylko w 14 latach odnotowano opady o takim natężeniu. Najwięcej przypadków opadu, 3 epizody, wystąpiło w 1997 r. i 2000 r. W okresie 1991-2022 nieznacznie zmniejsza się liczba dni z opadem przekraczającym 30 mm, średnio o 0,1 dnia/dekadę.

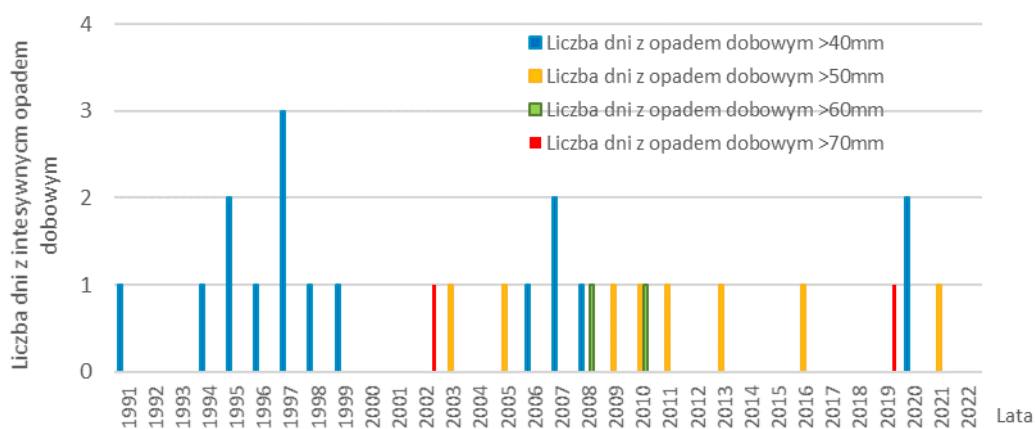


Rys. 63. Liczba dni z opadem większym niż 20 mm, Katowice-Muchowiec



Rys. 64. Liczba dni z opadem większym niż 30 mm, Katowice-Muchowiec

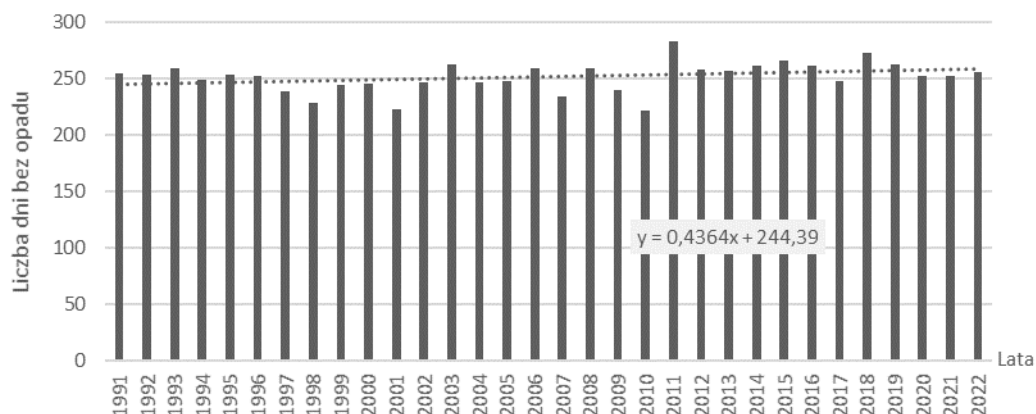
Opady dobowe o natężeniu przekraczającym 40 mm występują w badanym wieloleciu bardzo rzadko. Odnotowano tylko 11 latach w wybranym okresie badawczym takie opadów, od 1 do 3 w roku (rys. 65). Opady dobowe przekraczające 50 mm i 60 mm są sporadyczne. W latach 1991-2022 wystąpiły pojedyncze przypadki tak intensywnych opadów: po jednym dniu z opadem dobowym >50 mm w 8 latach i jednym dniem z opadem dobowym >60 mm w 2 latach. Opady dobowe przekraczające 70 mm wystąpiły 2 razy w analizowanym wieloleciu.



Rys. 65. Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70 mm, Katowice-Muchowiec

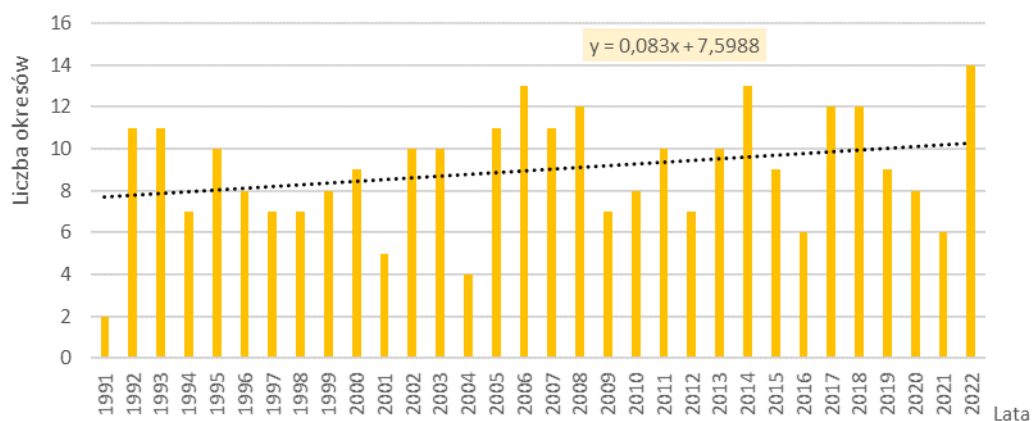
Długotrwałe okresy bezopadowe

Liczbę dni bez opadu (opad < 1 mm) cechuje niewielka zmienność w analizowanym okresie, od 223 dni (2001 r.) do 283 dni (2011 r.). Takich dni jest przeciętnie 251 w roku. Liczba dni bez opadu wykazuje tendencję wzrostową o 4 dni/dekadę (rys. 66).



Rys. 66. Liczba dni bez opadu, Katowice-Muchowiec

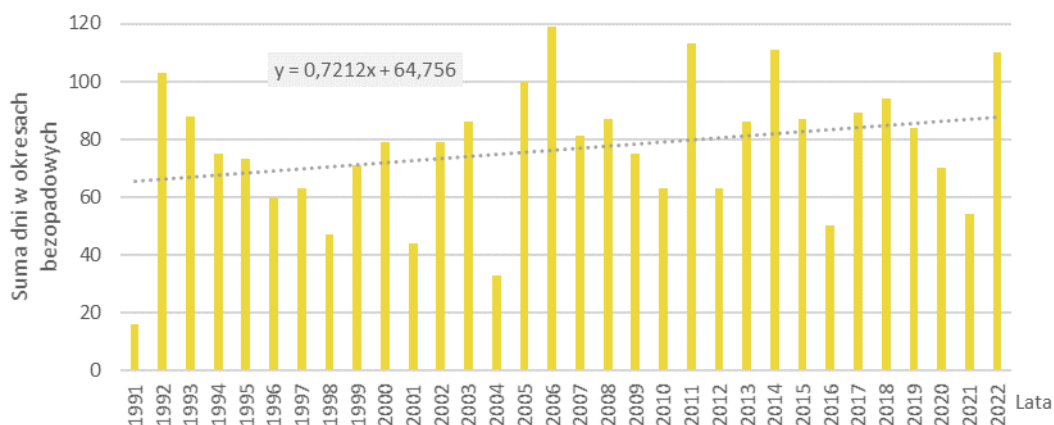
Okresy bezopadowe, definiowane jako okresy bez opadu trwające ponad 5 dni, występowały w badanym wieloleciu przeciętnie 9 razy w roku (rys. 67). Najwięcej okresów bezopadowych (14 przypadków) było w 2022 r., najmniej (2 przypadki) natomiast w 1991 r. W latach 1991-2022 zaznaczyła się nieznaczna tendencja zwiększania liczby okresów bez opadu utrzymujących się ponad 5 dni, średnio o 0,8 dnia/dekadę.



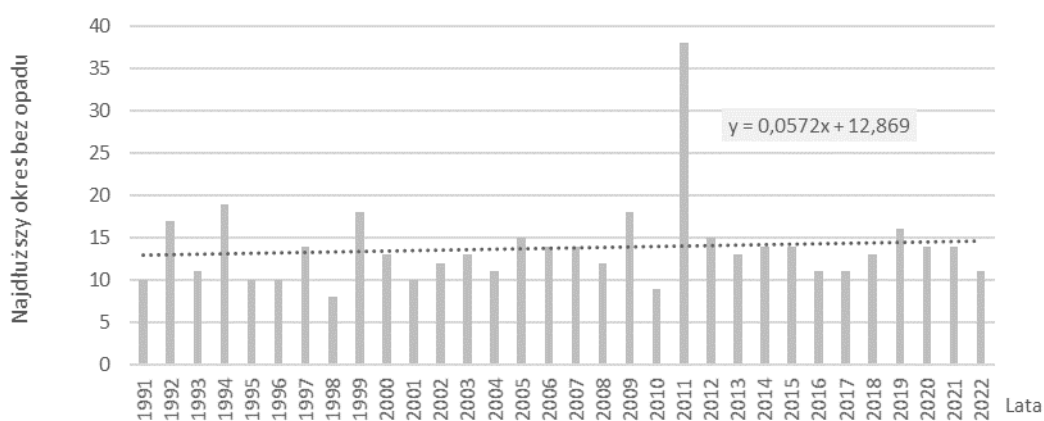
Rys. 67. Liczba okresów bez opadu, Katowice-Muchowiec

Sumaryczna liczba dni w okresach bezopadowych wynosi przeciętnie 77 w roku. W badanym wieloleciu wahała się od 16 dni w 1991 r. do 119 dni w 2006 r. (rys. 68). Suma dni w roku w okresach bezopadowych zwiększa się średnio o 7 dni/dekadę.

Najdłuższy okres bez opadu, trwający 38 dni, wystąpił w okresie od października do grudnia 2011 r. (rys. 69). Analiza najdłuższych okresów bezopadowych wykazuje słabą tendencję wzrostową czasu ich trwania, o 0,5 dnia/dekadę.



Rys. 68. Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Katowice-Muchowiec

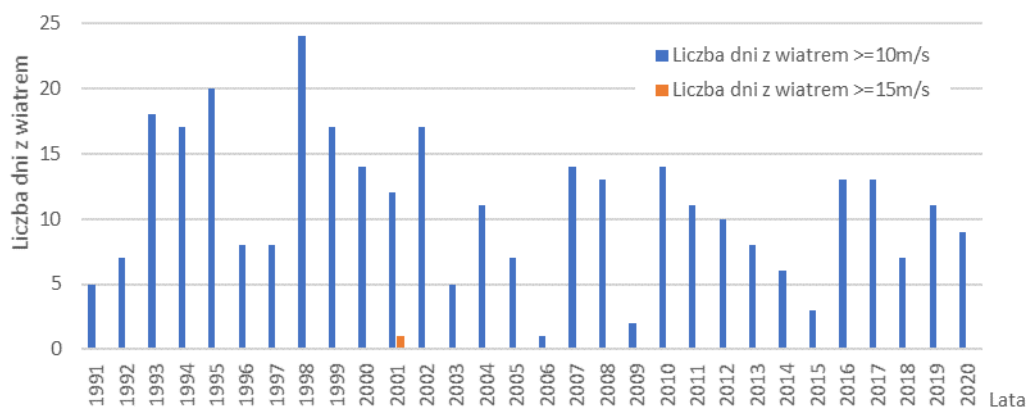


Rys. 69. Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Katowice-Muchowiec

1.3.5 Warunki anemometryczne

Silny i bardzo silny wiatr

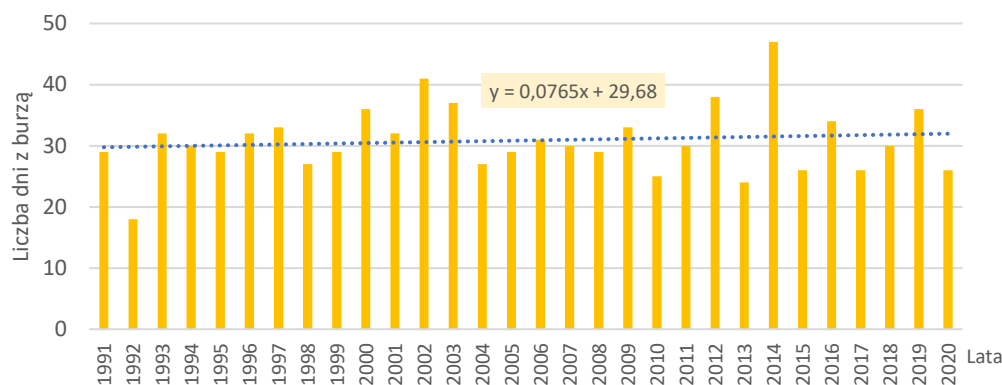
Wiatr przekraczający prędkość 10 m/s występuje w Subregionie centralnym średnio 10 razy w roku. W wieloleciu 1991-2020 (rys. 70) najwięcej dni z wiatrem o takiej prędkości zanotowano w 1998 r. (24 dni), najmniej natomiast w 2006 r. (1 dzień). W wieloleciu zaznacza się słaby spadek liczba dni z wiatrem o takiej sile. Bardzo silny wiatr, przekraczający prędkość 15 m/s, wystąpił tylko raz w badanym wieloleciu, w roku 2001.



Rys. 70. Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s, Katowice-Muchowiec

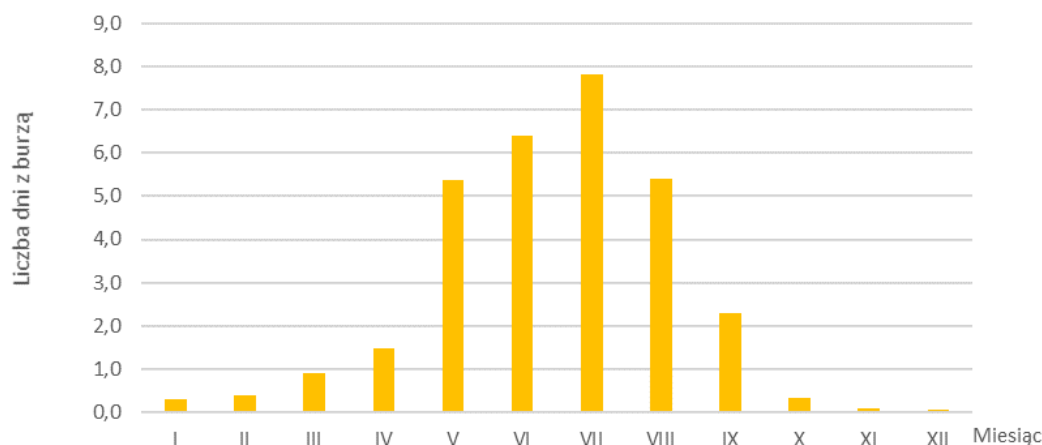
Burze

Średnia liczba dni z burzą w roku wynosi 30 dni w Subregionie centralnym. W okresie 1981-2020 najwięcej burz (47) wystąpiło w 2014 r., natomiast najmniej zjawisk meteorologicznych o takim charakterze (18) było w 1992 r. (rys. 71). W wieloleciu zaznaczył się wzrost liczba dni z burzą w roku o około 2 dni.

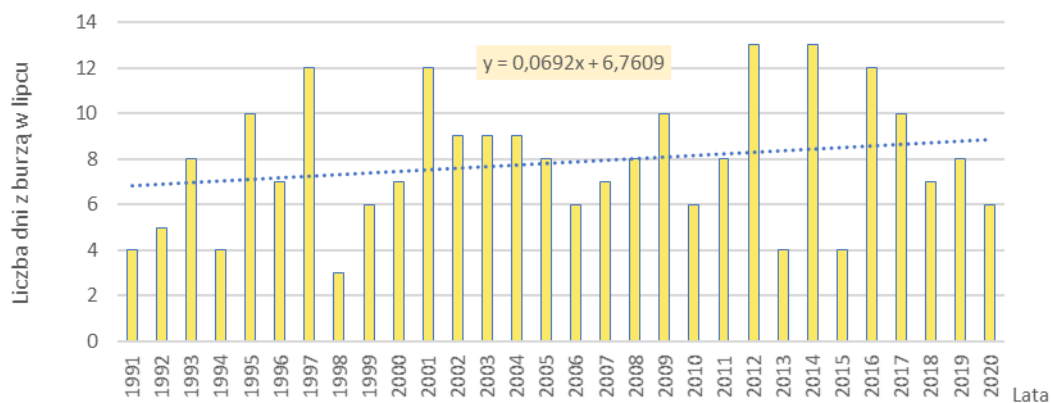


Rys. 71. Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2020, Katowice-Muchowiec

W przebiegu rocznym najwięcej burz przypada na miesiące ciepłej pory roku. Najczęściej burze występują w lipcu, blisko 8 dni w miesiącu (rys. 72). W miesiącach chłodnych pojawiają się nieliczne burze.



Rys. 72. Przebieg roczny dni z burzą w latach 1991-2020, Katowice-Muchowiec



Rys. 73. Liczba dni z burzą w miesiącu lipcu w wieloleciu 1991-2020, Katowice-Muchowiec

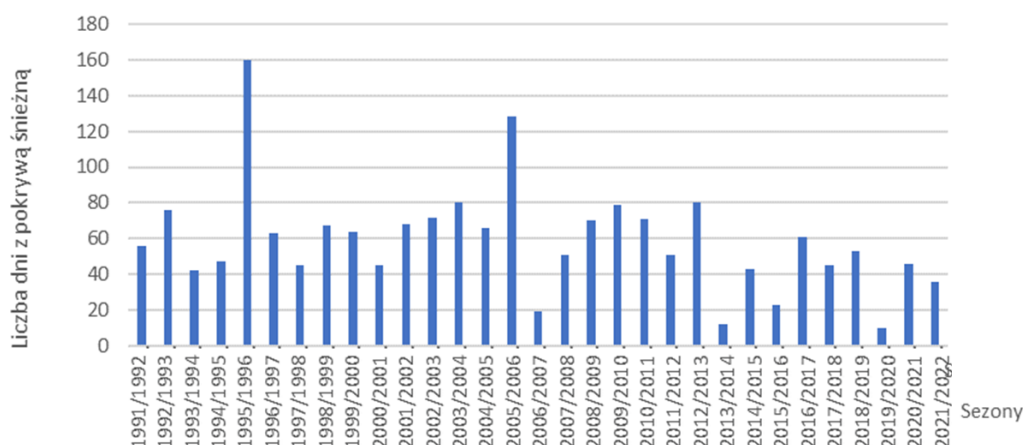
Wieloletni przebieg liczby dni z burzą w miesiącu lipcu, charakteryzującym się największą intensywnością zjawisk burzowych, wykazuje słabą tendencję wzrostową (rys. 73).

1.3.6 Pokrywa śnieżna i opady śniegu

Pokrywa śnieżna występuje przeważnie od listopada do marca. W analizowanym wieloleciu najwcześniej pojawia się w październiku, najpóźniej zanika w maju.

Średnia wieloletnia liczba dni z pokrywą śnieżną w Subregionie centralnym wynosi blisko 59 dni w roku. Najdłużej pokrywa śnieżna utrzymywała się przez 160 dni w sezonie zimowym 1995/1996 (rys. 74). Najkrócej pokrywa śnieżna zalegała w sezonie zimowym 2019/2020 (10 dni).

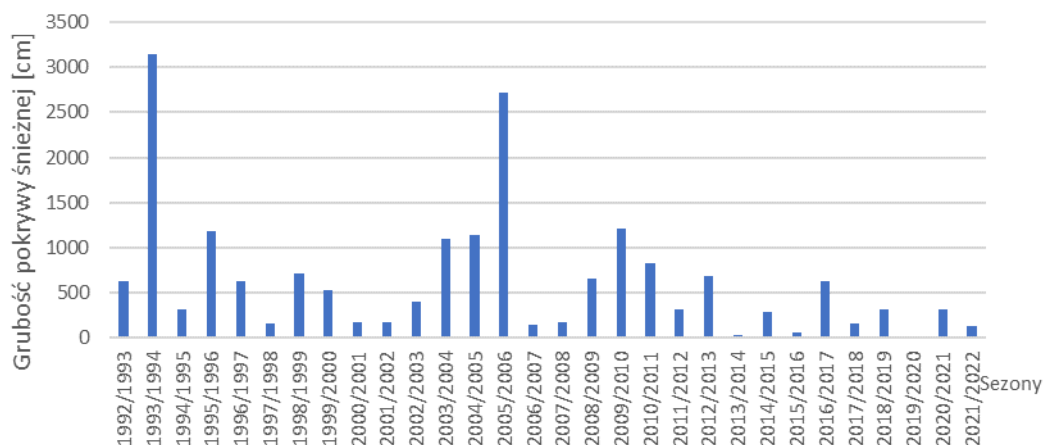
W analizowanym okresie zaznaczyła się tendencja spadkowa długości zalegania pokrywy śnieżnej.



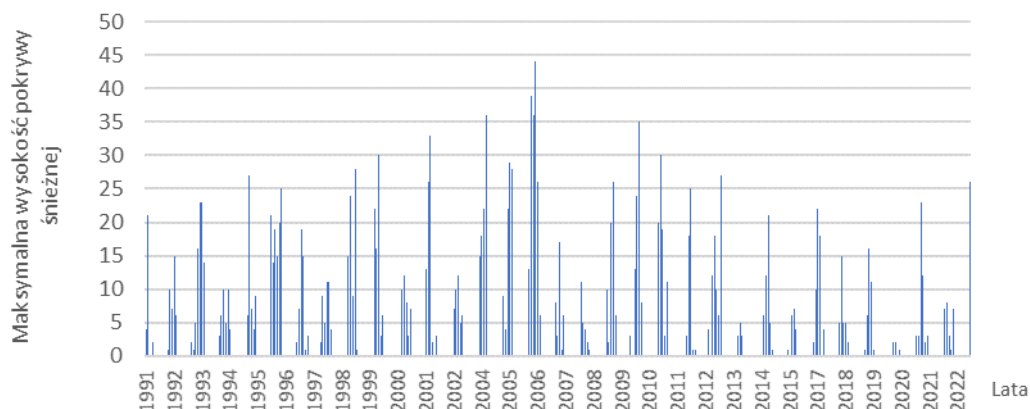
Rys. 74. Liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonach zimowych (1991/1992-2021/2022), Katowice-Muchowiec

Pokrywa śnieżna występowała we wszystkich sezonach zimowy 1991/1992-2021/2022. Najwyższa suma grubości pokrywy śnieżnej wynosiła 3141 cm w sezonie zimowym 1993/1994 (rys. 75).

Największą wysokość pokrywy śnieżnej odnotowano w lutym 2006 r. – 44 cm (rys. 76). Sezon zimowy 2019/2020 charakteryzuje najmniejsza suma grubości pokrywy śnieżnej (13 cm).



Rys. 75. Suma grubości pokrywy śnieżnej w sezonach zimowych (1991/1992-2021/2022), Katowice-Muchowiec



Rys. 76. Maksymalne wysokości pokrywy śnieżnej w latach 1991-2022, Katowice-Muchowiec

1.4 Subregion zachodni

1.4.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza

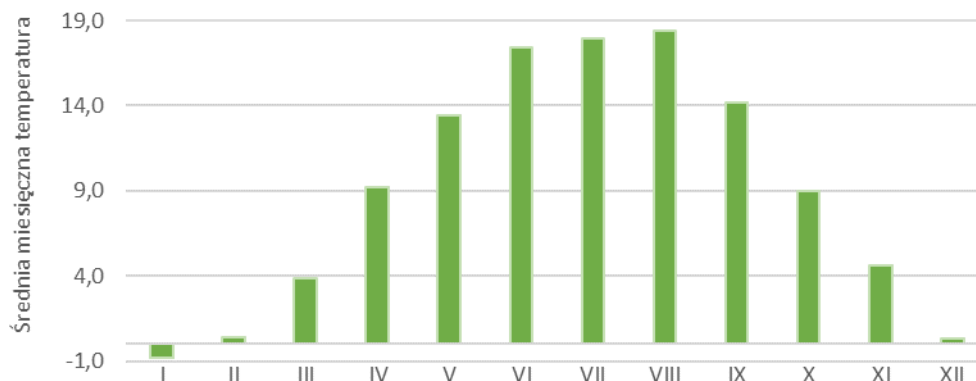
Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1991-2022 na stacji meteorologicznej Racibórz reprezentującej warunki termiczne Subregionu zachodniego wskazuje na stopniowe ocieplanie klimatu omawianego obszaru.

Średnia roczna temperatura w analizowanym wieloleciu wyniosła 9,0°C. Wartości temperatury powietrza wahały się od 5,9°C w 2016 r. do 10,8°C w 2019 r. (rys. 77). Analiza 32-letniego przebiegu rocznej temperatury wskazuje na wyraźny dodatni trend zmian średniej temperatury powietrza o 0,2°C w dziesięciolecie.



Rys. 77. Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Racibórz

Średnia miesięczna temperatura powietrza

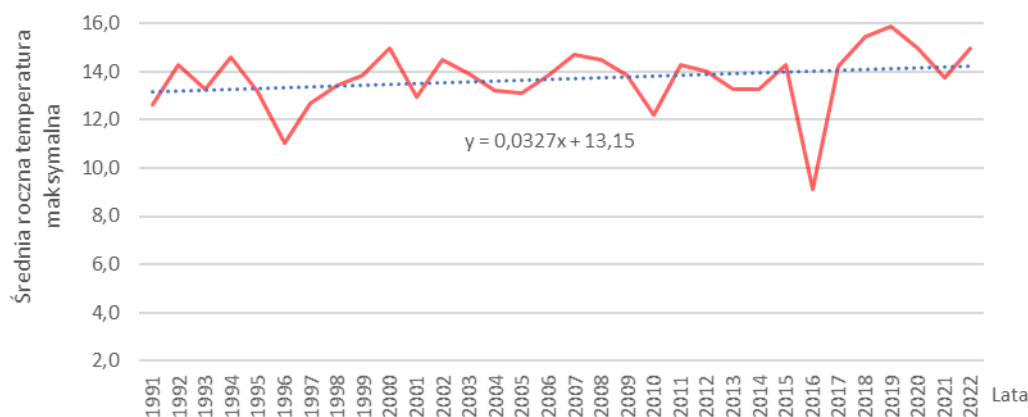


Rys. 78. Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Racibórz

Roczny przebieg średniej miesięcznej temperatury obliczonej jako wartość średnia z wielolecia 1991- 2022 wskazuje, że najchłodniejszym miesiącem jest styczeń ze średnią temperaturą wynoszącą -0,8°C, najcieplejszym natomiast sierpień ze średnią temperaturą 18,4°C (rys. 78).

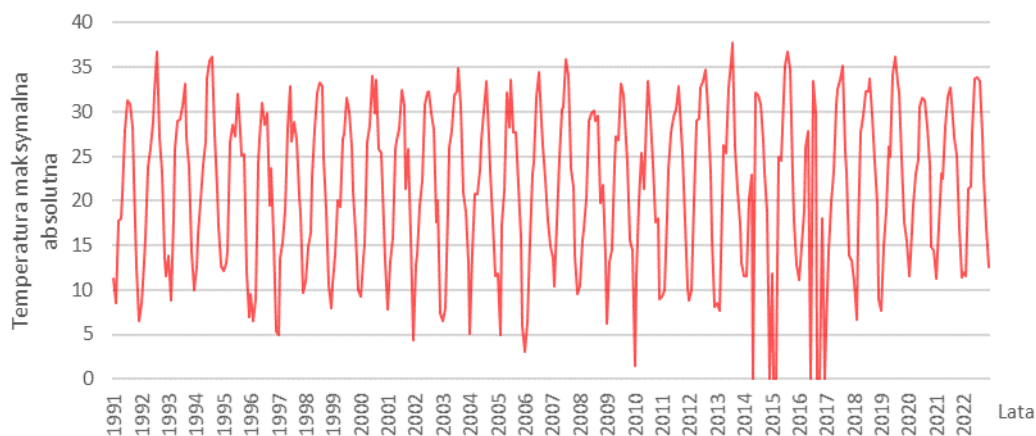
Temperatura maksymalna

W latach 1991-2022 zaznacza się wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej w tempie 0,3°C/dekadę (rys. 79), co oznacza jej wzrost o 0,6°C w 30-leciu. Średnia roczna temperatura maksymalna przyjmuje wartości od 9,1°C w 2016 r. do 15,9°C w 2019 r.



Rys. 79. Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Racibórz

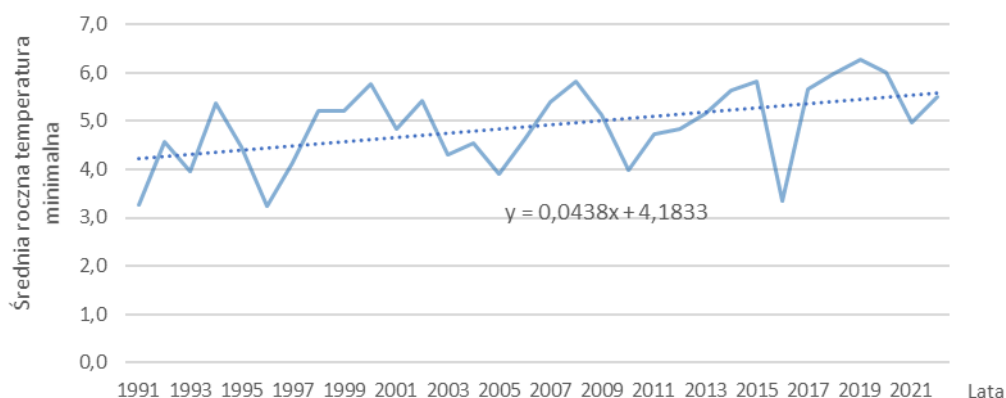
Najwyższą wartość temperatury w analizowanym wieloleciu odnotowano 8 sierpnia 2013 r., gdy temperatura maksymalna osiągnęła 37,7°C (rys. 80).



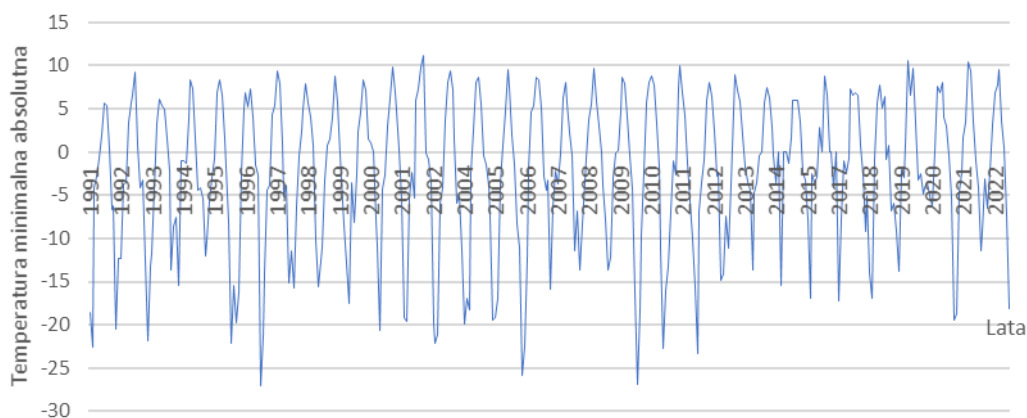
Rys. 80. Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Racibórz

Temperatura minimalna

Tendencję ocieplenia w Subregionie zachodnim obserwuje się również w przebiegu wieloletnim temperatury minimalnej powietrza. Analizy wskazują na zmianę temperatury w tempie $0,4^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$ (rys. 81), co oznacza wzrost średniej rocznej temperatury minimalnej o $1,2^{\circ}\text{C}$ w 30-leciu. W latach 1991-2022 temperatura minimalna osiągnęła najniższą roczną wartość w 1996 r. ($3,2^{\circ}\text{C}$), najwyższą natomiast w 2019 r. – $6,3^{\circ}\text{C}$.



Rys. 81. Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Racibórz

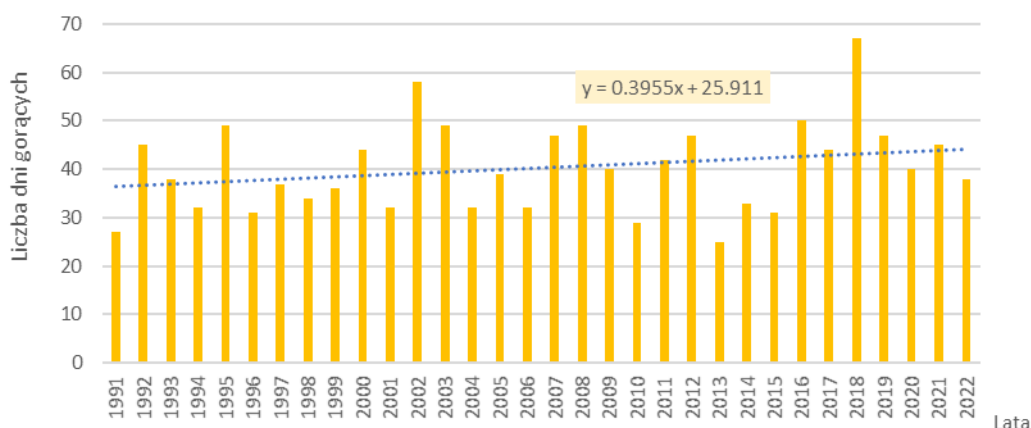


Rys. 82. Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Racibórz

Najniższą wartość temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu odnotowano 28 grudnia 1996

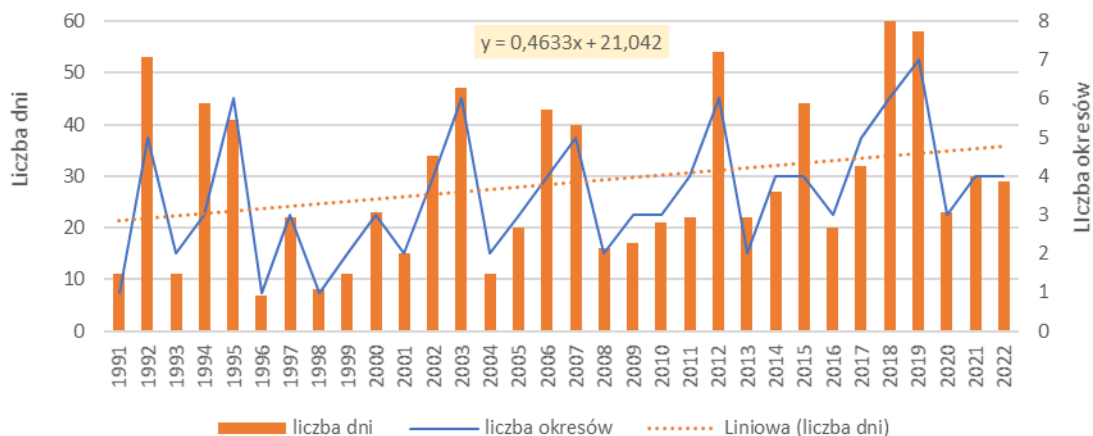
r., gdy temperatura minimalna osiągnęła - 27,1°C (rys. 82).

Dni gorące



Rys. 83. Liczba dni gorących (Tmax > 25°C), Racibórz

Zmiany warunków termicznych Subregionu zachodniego, scharakteryzowane na podstawie wartości średnich temperatury dobowej, maksymalnej i minimalnej znajdują potwierdzenie w przebiegu charakterystycznych dni termicznych w badanym wieloleciu. Zmienność liczby dni gorących (rys. 83), tzn. dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C, świadczy o wzroście wartości najwyższej w ciągu doby temperatury. Najmniej dni z takimi warunkami termicznymi (dni gorących) było w roku 1991 (27 dni) najwięcej natomiast w roku 2018 (67 dni). Wyraźnie zwiększa się liczba dni, w których temperatura powietrza przekracza wyznaczony próg termiczny 25°C, średnio o blisko 4 dni/dekadę.



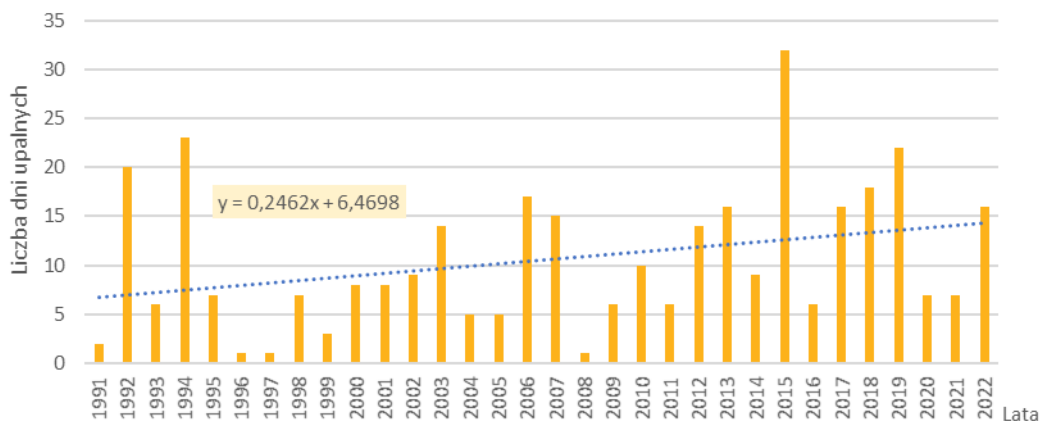
Rys. 84. Okresy ponad 5 dniowe z Tmax > 25°C, Racibórz

Liczba okresów gorących, tzn. z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, nieznacznie się zwiększa (rys. 84). Tempo wzrostu wynosi około 0,6 okresu w ciągu dekady. Największa liczba okresów z takimi warunkami termicznymi wystąpiła w 2019 r., tj. 7 przypadków takich sytuacji pogodowych.

Czas trwania okresów z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C wynosi średnio 8 dni. Najdłużej takie warunki termiczne utrzymywały się przez 25 dni na przełomie lipca i sierpnia 1992 r. Największe natężenie okresów gorących odnotowano w 2018 r.: 6 okresów o łącznej długości trwania 62 dni. W analizowanym wieloleciu występuje tendencja zwiększania liczby dni w okresach gorących o 4 dni/dekadę.

Dni upalne

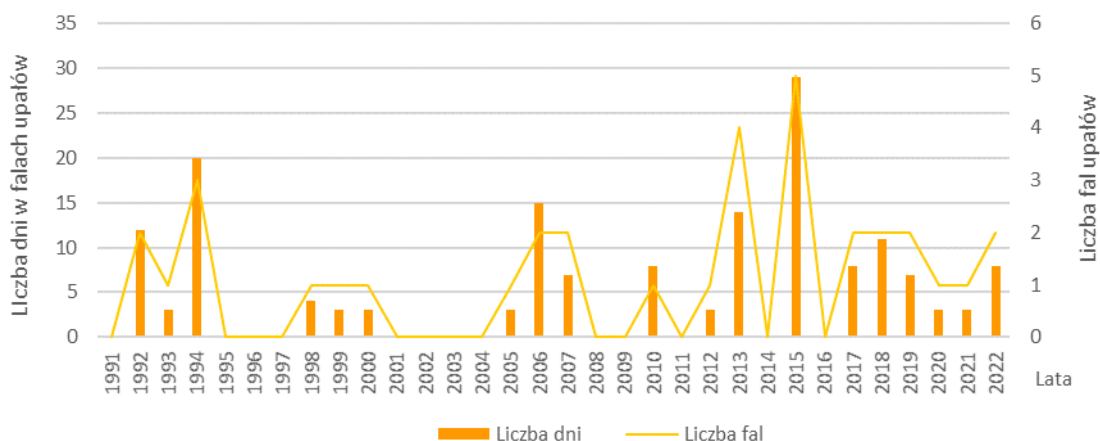
W latach 1991-2022 zauważalny jest słaby wzrost liczby dni upalnych, tj. dni z maksymalną temperaturą przekraczającą 30°C. W tym okresie przybywało średnio o 2 dni w dziesięciolecie (rys. 85). Na obszarze objętym badaniem zaobserwowano dużą zmienność liczby dni upalnych. Najwięcej dni z temperaturą wyższą od 30°C było w 2015 r. (32). W kilku latach analizowanego wielolecia takie warunki termiczne stanowiły pojedyncze przypadki, tj. 1-2 dni w roku.



Rys. 85. Liczba dni upalnych (Tmax> 30°C), Racibórz

Fale upałów

Fala upałów, definiowana jako ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu, w analizowanym wieloleciu pojawia się przeciętnie 1 raz w roku i utrzymuje przez kolejne 4 dni. Fale upałów wystąpiły nie w każdym roku, w okresie 1991- 2022 zostały odnotowane w 17 latach (rys. 86). Najdłuższa fala upałów trwała 13 dni w sierpniu 2015 r. (tab. 6). Najwięcej fal upału wystąpiło w roku 2015 - 5 fal upałów o łącznej długości trwania 29 dni.



Rys. 86. Liczba i okres trwania fal upałów, Racibórz

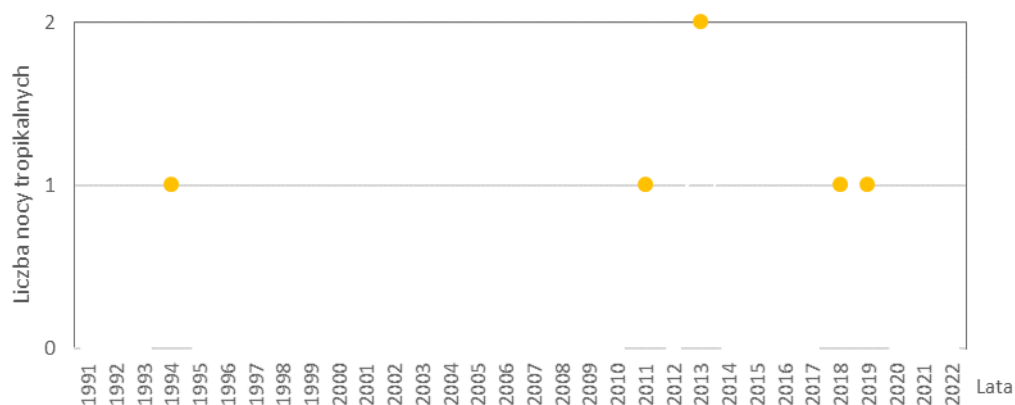
Zjawisko fal upałów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością w poszczególnych latach. Analiza przebiegu liczby i czasu trwania fal upałów wykazuje nieznaczne zwiększenie się częstotliwości i natężenia tego zjawiska w badanym okresie.

Tab. 6. Fale upałów w latach 1991-2022, Racibórz

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1992-08-06	1992-08-11	6	36,8	1992-08-10
1992-08-26	1992-08-31	6	36,6	1992-08-28 1992-08-29
1993-08-03	1993-08-05	3	32,5	1993-08-04
1994-06-26	1994-06-29	4	33,7	1994-06-27
1994-07-22	1994-08-02	12	36,2	1994-08-01
1994-08-04	1994-08-07	4	34,0	1994-08-06
1998-07-20	1998-07-23	4	33,3	1998-07-21
1999-07-04	1999-07-06	3	31,5	1999-07-06
2000-08-19	2000-08-21	3	33,4	2000-08-20
2005-07-28	2005-07-30	3	33,6	2005-07-29
2006-07-10	2006-07-13	4	31,6	2006-07-11
2006-07-19	2006-07-29	11	34,4	2006-07-21
2007-07-15	2007-07-18	4	35,9	2007-07-17
2007-08-07	2007-08-09	3	30,5	2007-08-09
2010-07-10	2010-07-17	8	33,5	2010-07-16 2010-07-17
2012-07-05	2012-07-07	3	33,5	2012-07-06
2013-06-18	2013-06-20	3	32,7	2013-06-20
2013-07-27	2013-07-30	4	35,7	2013-07-28
2013-08-02	2013-08-04	3	34,1	2013-08-03
2013-08-06	2013-08-09	5	37,7	2013-08-08
2015-07-04	2015-07-08	5	33,5	2015-07-05
2015-07-17	2015-07-19	3	35,2	2015-07-18
2015-07-21	2015-07-25	5	34,4	2015-07-22
2015-08-03	2015-08-15	13	36,7	2015-08-08
2015-08-30	2015-09-01	3	35,2	2015-08-31
2017-07-30	2017-08-03	5	35,2	2017-08-01
2017-08-09	2017-08-11	3	33,1	2017-08-11
2018-07-28	2018-08-04	8	33,2	2018-08-04
2018-08-07	2018-08-09	3	33,7	2018-08-09
2019-07-28	2019-07-30	3	32,8	2019-07-28
2019-08-26	2019-08-29	4	33,2	2019-08-29
2020-08-07	2020-08-09	3	31,0	2020-08-07
2021-06-19	2021-06-21	3	31,7	2021-06-21
2022-07-19	2022-07-23	5	33,7	2022-07-21
2022-08-17	2022-08-19	3	33,2	2022-08-19

Noce tropikalne

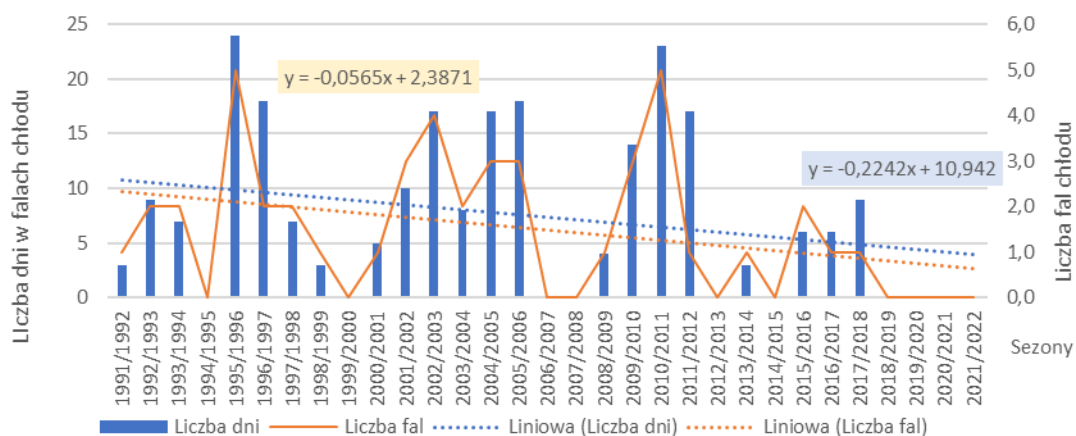
Dni z temperaturą minimalną dobową powyżej 20°C (noce tropikalne) występują sporadycznie w Subregionie zachodnim (rys. 87). W analizowanym okresie tylko 5 razy odnotowano przekraczającą 20°C najniższą temperaturę w ciągu doby, a przez większość lat nie stwierdzono takich warunków termicznych.



Rys. 87. Dni z temperaturą minimalną >20°C, Racibórz

Fale chłodu

Fale chłodu, definiowane jako okresy z temperaturą minimalną poniżej -10°C utrzymującą się przez co najmniej 3 dni, występowały w badanych obszarze średnio 2 razy w roku, trwając przeciętnie 5 dni. W analizowanym okresie zidentyfikowano 46 takich zjawisk, utrzymujących do 17 dni. Najdłuższa fala chłodu wystąpiła na przełomie stycznia i lutego 2012 r. Największe natężenie fal chłodu było w sezonie zimowym 1995/1996 – 5 fal, łącznej długości 24 dni. W 10 sezonach zimowych opisywane zjawisko nie zaistniało (rys. 88, tab. 7). Analiza fal chłodu w wieloleciu wskazuje na tendencję spadkową częstości występowania fal chłodu i czasu ich trwania.



Rys. 88. Liczba i okres trwania fal chłodu, Racibórz

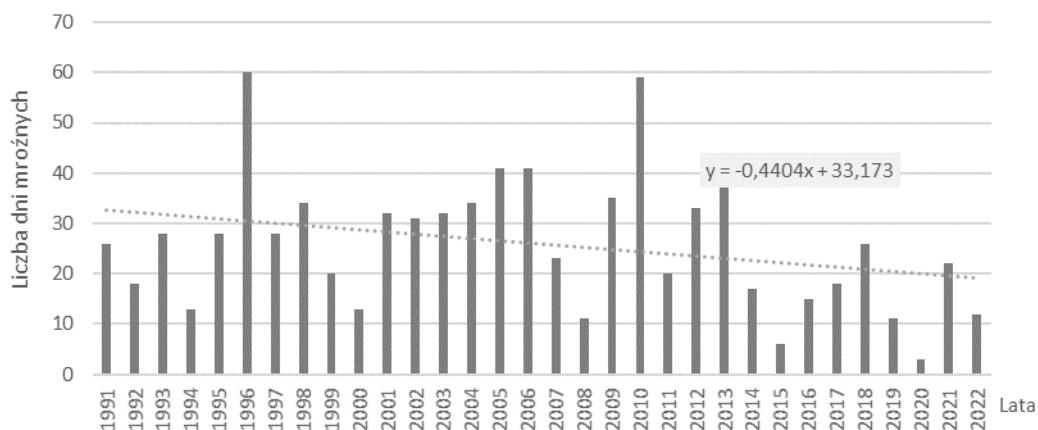
Tab. 7. Fale chłodu w latach 1991-2022, Racibórz

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1991-01-31	1991-02-08	9	-22,6	1991-02-01
1991-02-14	1991-02-16	3	-14,3	1991-02-15
1991-12-08	1991-12-10	3	-20,5	1991-12-09
1992-12-24	1992-12-27	4	-12,6	1992-12-25
1993-01-01	1993-01-05	5	-21,8	1993-01-04
1993-11-18	1993-11-20	3	-13,7	1993-11-19
1994-02-13	1994-02-16	4	-15,5	1994-02-14
1995-12-28	1996-01-01	5	-22,1	1995-12-30
1996-01-22	1996-01-27	6	-15,3	1996-01-25
1996-01-30	1996-02-01	3	-15,4	1996-02-01

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1996-02-05	1996-02-11	7	-19,7	1996-02-08
1996-02-23	1996-02-25	3	-12,1	1996-02-24 1996-02-25
1996-12-21	1997-01-03	14	-27,1	1996-12-28
1997-01-06	1997-01-09	4	-15,2	1997-01-09
1997-12-16	1997-12-18	3	-15,1	1997-12-17
1998-01-30	1998-02-02	4	-15,8	1998-02-01
1999-01-30	1999-02-01	3	-12,6	1999-01-31
2001-02-24	2001-02-28	5	-20,7	2001-02-25
2001-12-08	2001-12-10	3	-11,9	2001-12-09
2001-12-13	2001-12-15	3	-19,1	2001-12-14 2001-12-15
2002-01-03	2002-01-06	4	-19,6	2002-01-04
2002-12-09	2002-12-12	4	-13,4	2002-12-11
2002-12-24	2002-12-26	3	-19,8	2002-12-25
2003-01-06	2003-01-12	7	-19,6	2003-01-12
2003-02-13	2003-02-15	3	-16,5	2003-02-13
2004-01-04	2004-01-07	4	-19,9	2004-01-05
2004-01-23	2004-01-26	4	-15,9	2004-01-24
2005-01-28	2005-01-30	3	-19,5	2005-01-29
2005-02-04	2005-02-10	7	-19,2	2005-02-06
2005-02-27	2005-03-05	7	-17,0	2005-03-01
2006-01-08	2006-01-12	5	-17,4	2006-01-12
2006-01-22	2006-01-31	10	-25,9	2006-01-24
2006-02-05	2006-02-07	3	-22,4	2006-02-06
2009-01-06	2009-01-09	4	-13,6	2009-01-09
2009-12-17	2009-12-21	5	-16,3	2009-12-19
2010-01-23	2010-01-28	6	-26,9	2010-01-24
2010-01-31	2010-02-02	3	-18,1	2010-02-01
2010-12-02	2010-12-05	4	-22,7	2010-12-05
2010-12-15	2010-12-19	5	-20,8	2010-12-16
2010-12-26	2010-12-31	6	-15,8	2010-12-30
2011-01-30	2011-02-01	3	-10,9	2011-01-31
2011-02-21	2011-02-25	5	-13,2	2011-02-24
2012-01-28	2012-02-13	17	-23,3	2012-02-12
2014-01-24	2014-01-26	3	-13,7	2014-01-25
2016-01-02	2016-01-04	3	-16,9	2016-01-04
2016-01-17	2016-01-19	3	-14,7	2016-01-17
2017-01-06	2017-01-11	6	-17,3	2017-01-07
2018-02-24	2018-03-04	9	-16,9	2018-03-01

Dni mroźne

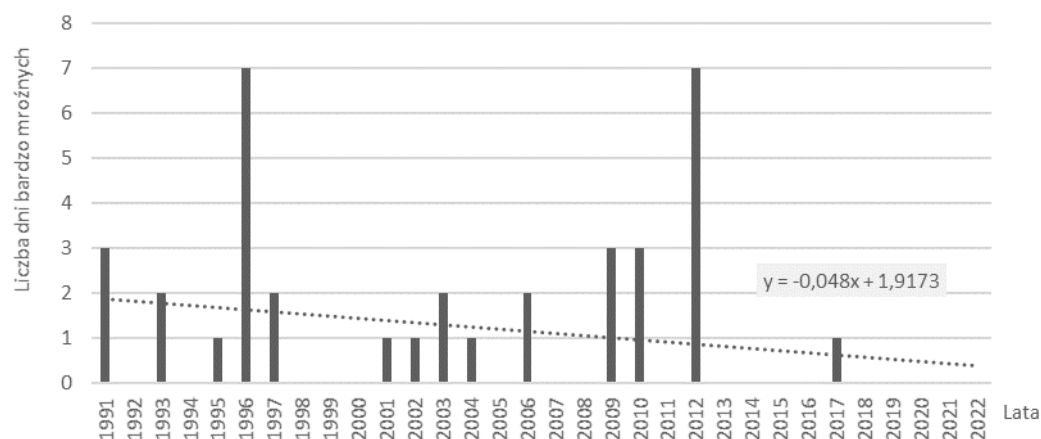
Dni mroźnych (dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C) jest średnio 26 w roku. Charakterystyczna jest duża zmienność występowania takich warunków termicznych, od 3 dni w roku 2020 do 60 dni w roku 1996 (rys. 89). Liczba dni mroźnych wykazuje tendencję spadkową w analizowany wielolecie, o około 4 dni/dekadę.



Rys. 89. Liczba dni mroźnych (Tmax < 0°C), Racibórz

Dni bardzo mroźne

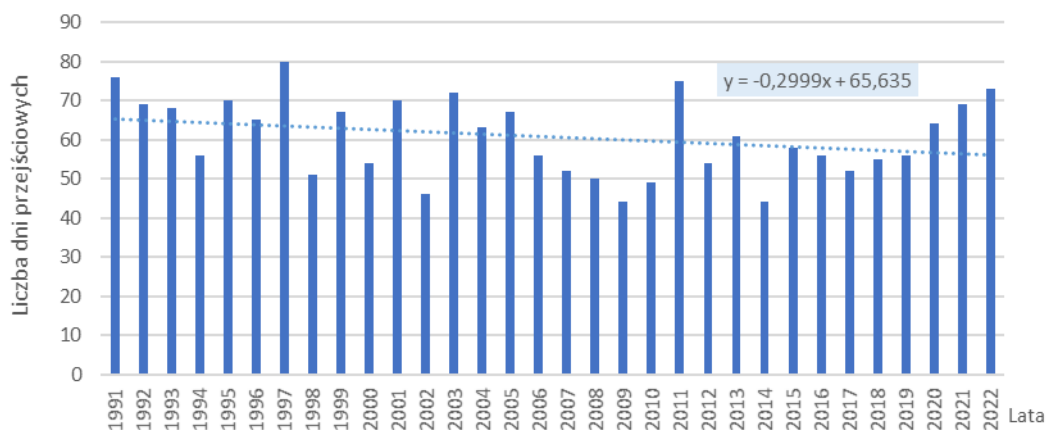
Średnio raz w roku temperaturą maksymalną osiąga wartość poniżej -10°C. W analizowanym wieloleciu takie warunki termiczne wystąpiły w 14 latach (rys. 90). Dni bardzo mroźnych najwięcej odnotowano w 1996 r. i 2012 r., po 7 dni w roku. Zauważany jest niewielki spadek liczby dni bardzo mroźnych, średnio o 0,4 dni/dekadę.



Rys. 90. Dni bardzo mroźne (Tmax < -10°C), Racibórz

Dni z temperaturą przejściową

Dni z temperaturą przejściową, tzn. dni w których temperatura powietrza przechodzi przez punkt 0°C, jest przeciętnie 61 w roku (rys. 91). Zakres zmienności ich liczby w wieloleciu waha się od 44 dni w 2014 r. do 80 dni w 1997 r. W badanym okresie stwierdzono spadek liczby takich dni o blisko 3 dni/dekadę.



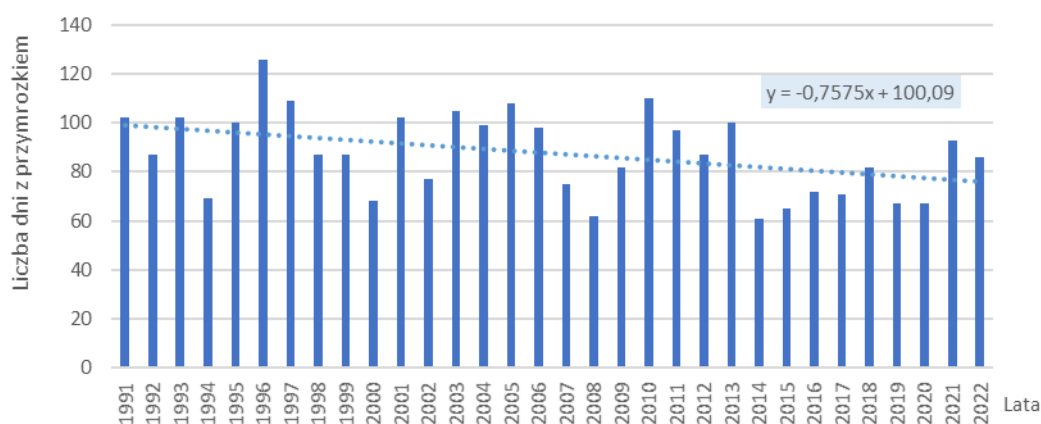
Rys. 91. Dni z przejściem przez 0°C, Racibórz

Dni i okresy przymrozkowe

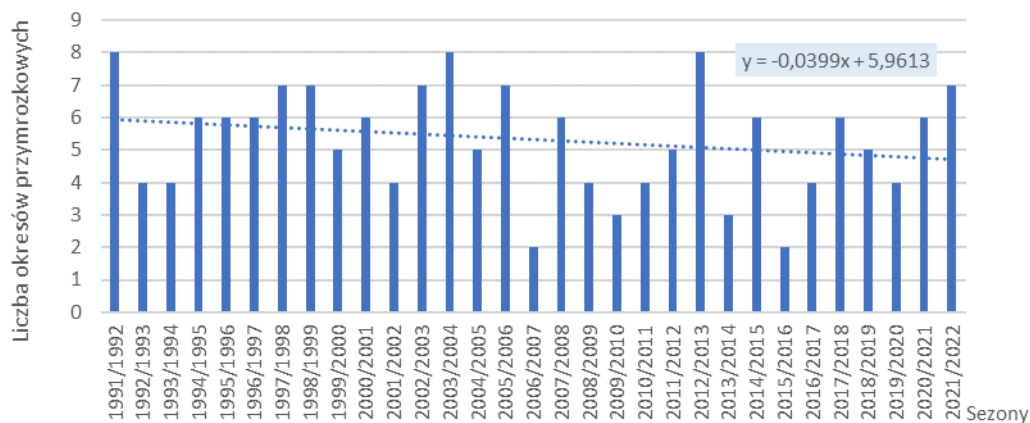
Liczba dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C (dni przymrozkowe) wynosi średnio 88 w roku. Ich liczba w poszczególnych latach analizowanego okresu sięga od 61 dni w 2014 r. do 126 dni w 1996 r. (rys. 92). Liczba dni o takich warunkach termicznych w analizowanych okresie zmniejsza się o 8 dni/dekadę.

Okresy przymrozkowe, definiowane jako okresy z dobową temperaturą minimalną poniżej 0°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, występują średnio 5 razy w roku (rys. 93). W analizowanych wieloleciu największe natężenie tego zjawiska odnotowano w sezonie 1991/1992, 2003/2004, 2012/2013 (8 okresów przymrozkowych), najmniejszą ich liczbę natomiast w sezonie 2006/2007 i 2015/2016 (2 okresy przymrozkowe). Następuje niewielki spadek liczby okresów przymrozkowych, o około 0,4 na dekadę.

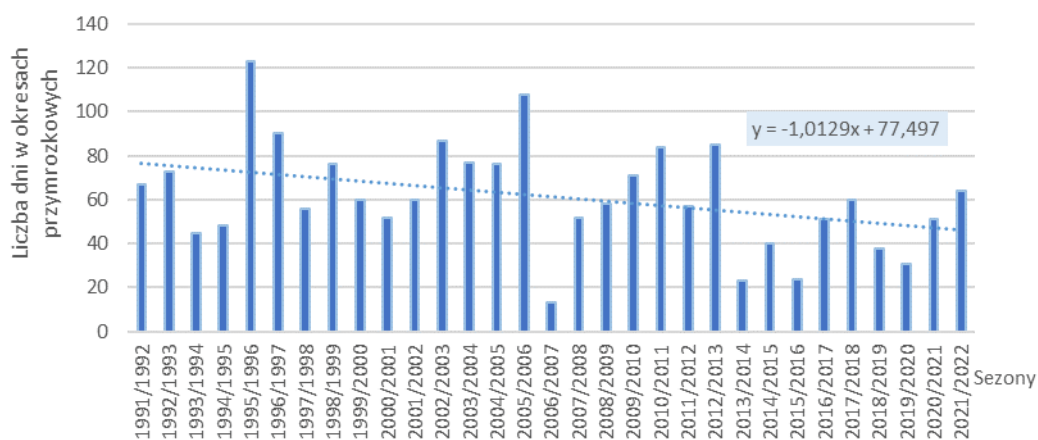
Liczba dni w okresach przymrozkowych w poszczególnych latach wielolecia waha się od 13 dni w sezonie 2006/2007 do 123 dni w sezonie 1995/1996 (rys. 94). Najdłuższy okres przymrozkowy, trwający 50 dni, wystąpił na przełomie stycznia i lutego 2010 r. Liczba dni w okresach przymrozkowych wykazuje tendencję spadkową, średnio prawie o 10 dni/dekadę.



Rys. 92. Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), Racibórz



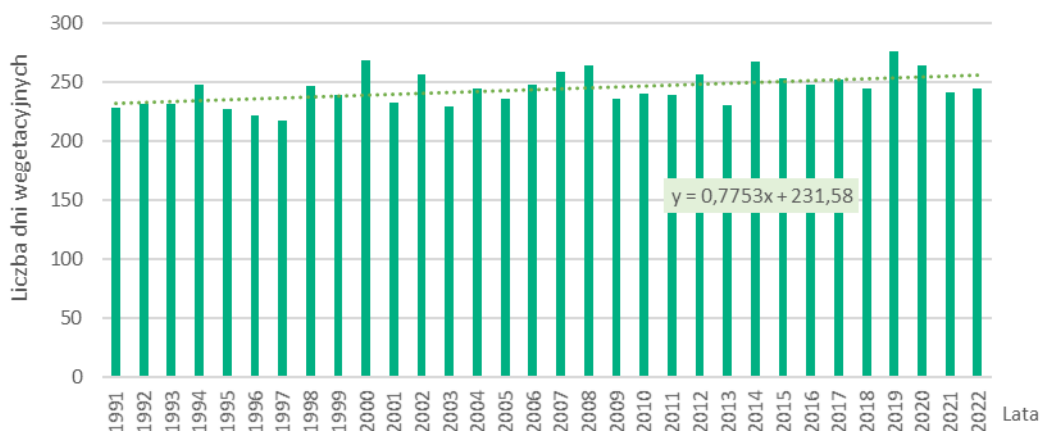
Rys. 93. Okresy przymrozkowe, Racibórz



Rys. 94. Liczba dni w okresach przymrozkowych, Racibórz

Dni wegetacyjne

Długość okresu wegetacyjnego, definiowanego jako liczba dni ze średniodobową temperaturą powietrza przekraczającą 5°C, wynosi w Subregionie zachodnim średnio 244 dni. W latach 1991-2022 przyjmuje wartości od 217 dni w 1997 r. do 276 dni 2019 roku (rys. 95). W analizowanym wieloleciu zaznacza się trend wydłużania okresu wegetacyjnego, o około 8 dni w ciągu dekady.

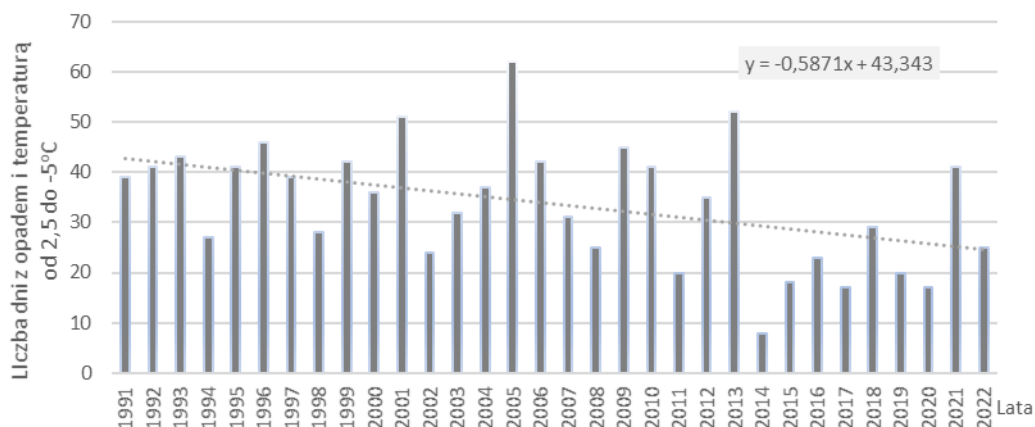


Rys. 95. Dni wegetacyjne, Racibórz

1.4.2 Warunki termiczno-opadowe

Dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych

W roku liczba dni charakteryzujących się występowaniem opadu powyżej 1 mm i średniodobową temperaturą powietrza osiągającą wartość w przedziale od -5°C do +2,5°C, wynosi średnio 34. Takie warunki termiczno-opadowe cechuje duże zróżnicowanie w analizowanym wieloleciu, od 8 dni w 2014 r. do 62 dni w 2005 r. (rys. 96). Liczba takich charakterystycznych pogodowo dni ulega zmniejszeniu średnio o 6 dni/dekadę.

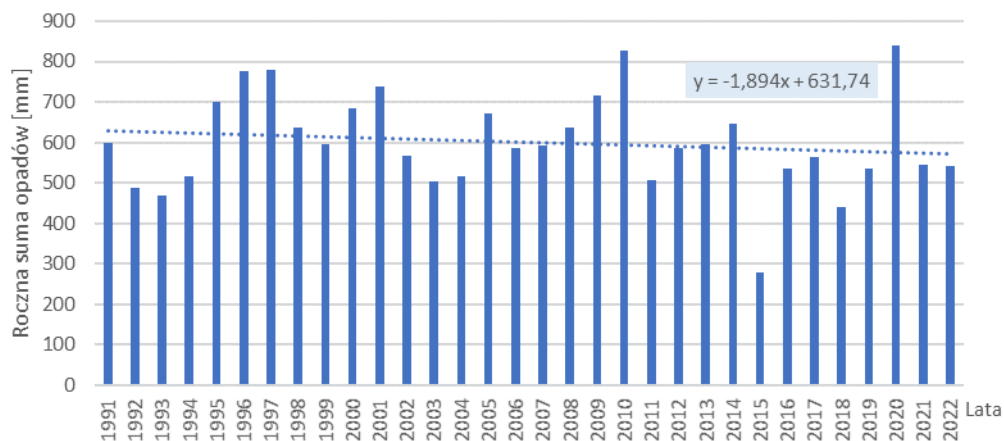


Rys. 96. Dni z temperaturą od +2,5°C do -5°C i opadem, Racibórz

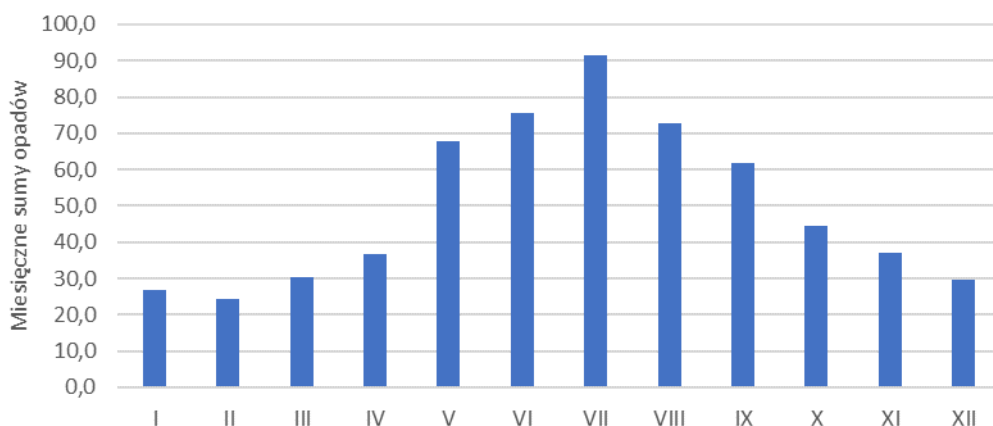
1.4.3 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

Sumy roczne i miesięczne opadów

Średnie roczne opady atmosferyczne osiągają wartość około 600 mm na stacji Racibórz reprezentującej Subregion zachodni. W analizowanym wieloleciu roczne sum opadów (rys. 97) wynosiły od 278 mm w roku 2015 do 840 mm w roku 2020. Analiza rocznych sum opadów wskazuje na tendencję spadkową, średnio o 18 mm w ciągu dekady.



Rys. 97. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Racibórz

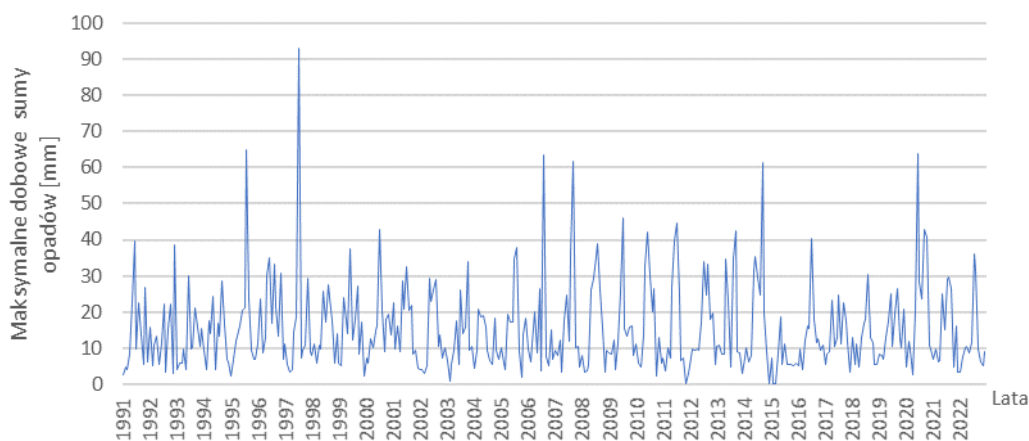


Rys. 98. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Racibórz

W przebiegu rocznym największe średnie sumy opadów występują w lipcu (91,5 mm), natomiast najniższe są w lutym (24,5 mm) (rys. 98).

Maksymalne dobowe opady w miesiącu

W przebiegu wieloletnim najwyższą wartość maksymalnych opadów dobowych (rys. 99) odnotowano w lipcu 1997 r. (93,0 mm).

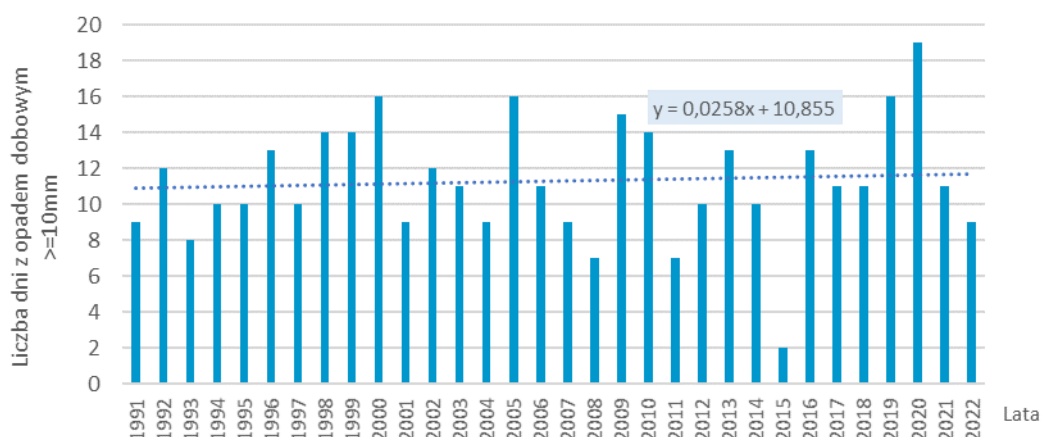


Rys. 99. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Racibórz

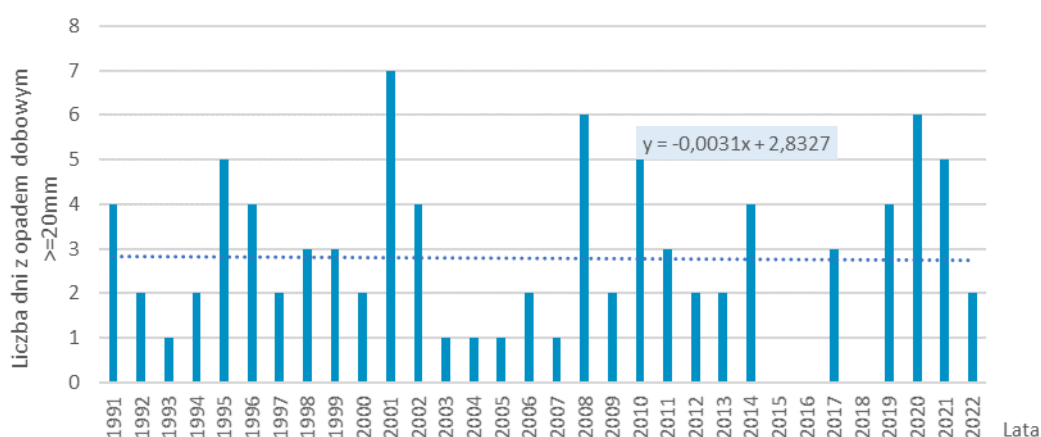
Dobowe opady o dużym natężeniu

Dobowe opady większe lub równe 10 mm występują przeciętnie 11 razy w roku (rys. 100). W przebiegu wieloletnim liczba opadów o takiej intensywności waha się od 2 (2015 r.) do 19 (2020 r.). Liczba dni z takim opadem wykazuje słabą tendencję wzrostową o 0,2 dnia/dekadę.

W ciągu roku odnotowuje się przeciętnie 3 dni z opadem większym bądź równym 20 mm (rys. 101). Liczba dni cechujących się takim opadem dobowym waha się od 1 do 7 (2001 r.). W badanym wieloleciu w kilku latach nie zarejestrowano opadów dobowych przekraczających 20 mm (2015, 2016, 2018). Analiza wieloletniej zmienności dni z opadem większym bądź równym 20 mm wykazuje nieznaczne różnice.

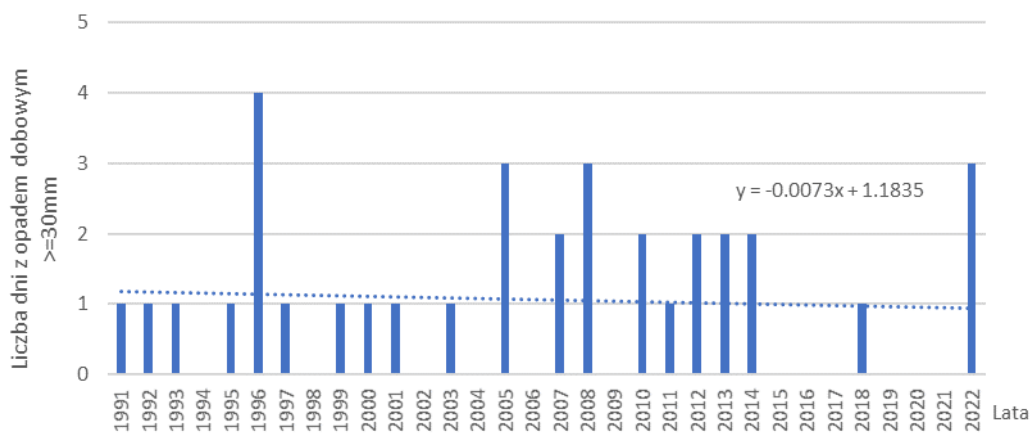


Rys. 100. Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Racibórz



Rys. 101. Liczba dni z opadem większym lub równym 20 mm, Racibórz

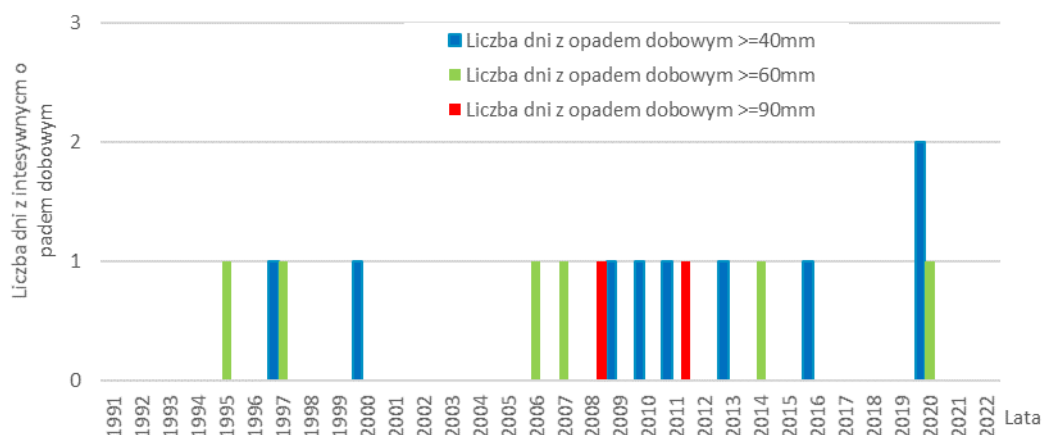
Opady dobowe większe lub równie 30 mm obserwuje się stosunkowo rzadko na badanym obszarze (rys. 102). W analizowanym wieloleciu odnotowano po jednym przypadku w 11 latach, po dwa w 5 latach, 3 przypadki w 3 latach, 4 przypadki w 1 roku (1996). W 12 latach badanego okresu brak opadów o takim natężeniu. W okresie 1991-2022 liczba dni z opadem przekraczającym lub równym 30 mm uległa relatywnie nieznacznej zmianie.



Rys. 102. Liczba dni z opadem większym bądź równym 30 mm, Racibórz

Opady dobowe o natężeniu przekraczającym 40 mm występują w analizowanym wieloleciu bardzo rzadko. Odnotowano tylko 8 przypadków opadów o takim natężeniu, od 1 do 2 w roku (rys. 103). Opady dobowe przekraczające 60 mm i 90 mm są tu sporadyczne. W latach 1991-2022 wystąpiły

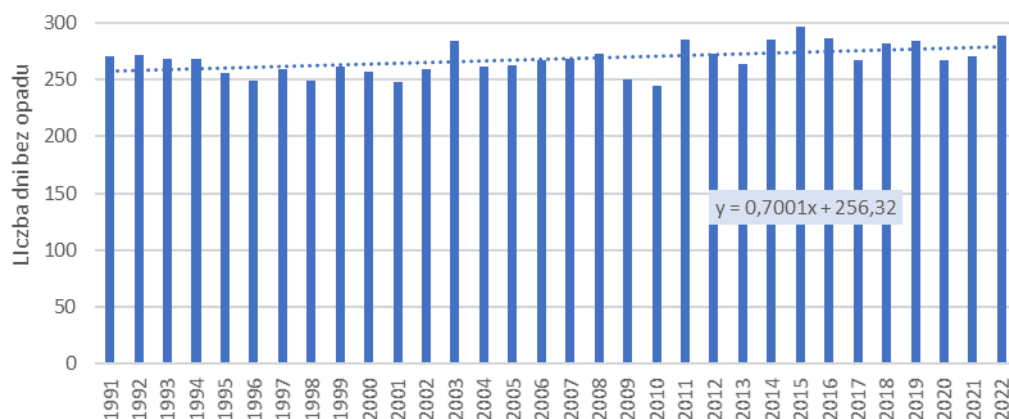
pojedyncze w roku przypadki tak intensywnych opadów – 6 epizodów z opadem dobowym >50 mm i 2 epizody z opadem dobowym >90 mm.



Rys. 103. Liczba dni z opadem większym niż 40, 60, 90 mm, Racibórz

Długotrwałe okresy bezopadowe

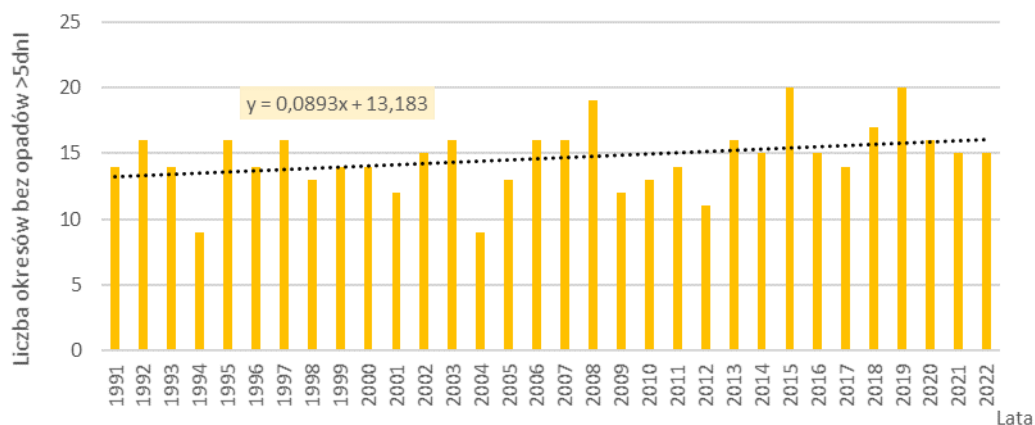
Dni bez opadu (opad<1mm) jest przeciętnie 268 w roku. W analizowany wieloleciu liczba takich dni zmieniała się od 244 dni (2010 r.) do 296 dni (2015 r.). Średnia roczna liczba dni bez opadu w wieloleciu wykazuje tendencję wzrostową o 7 dni/dekadę (rys. 104).



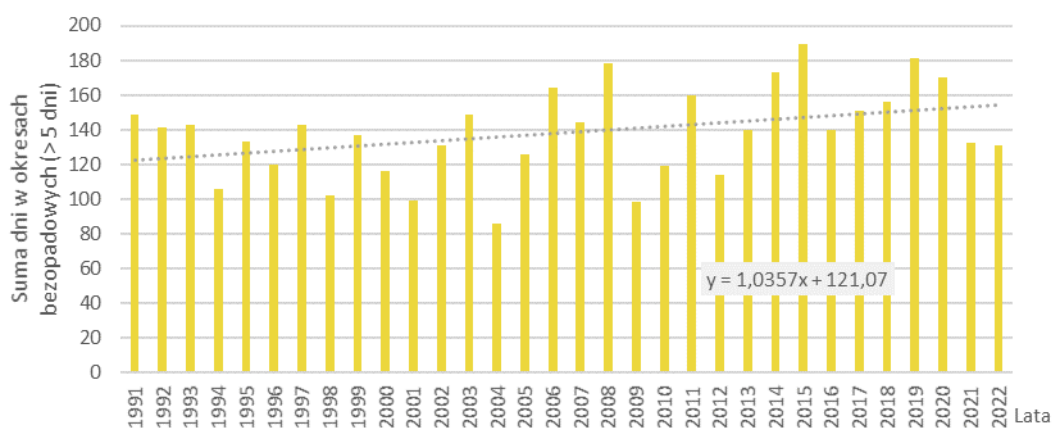
Rys. 104. Liczba dni bez opadu, Racibórz

Okresy bezopadowe, definiowane jako okresy bez opadu trwające ponad 5 dni, występowały w badanym wieloleciu przeciętnie 15 razy w roku (rys. 105). Najwięcej okresów bezopadowych było w latach 2015 i 2019 (20 przypadków), najmniejszą ich liczbę (9 przypadków) odnotowano w roku 1994 i 2004. W latach 1991-2022 zaznaczyła się nieznaczna tendencja wzrostowa liczby okresów bez opadu utrzymujących się ponad 5 dni.

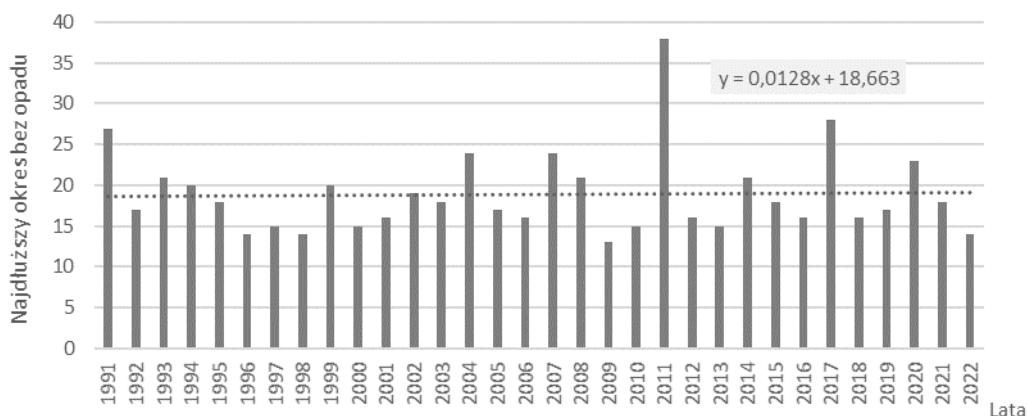
Suma w roku liczby dni w okresach bezopadowych wynosi przeciętnie 138. W badanym wieloleciu wahała się od 86 dni w 2004 r. do 189 dni w 2015 r. (rys. 106). Sumaryczna długość w roku okresów bezopadowych zwiększa się średnio o 10 dni/dekadę.



Rys. 105. Liczba okresów bez opadu, Racibórz



Rys. 106. Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Racibórz



Rys. 107. Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Racibórz

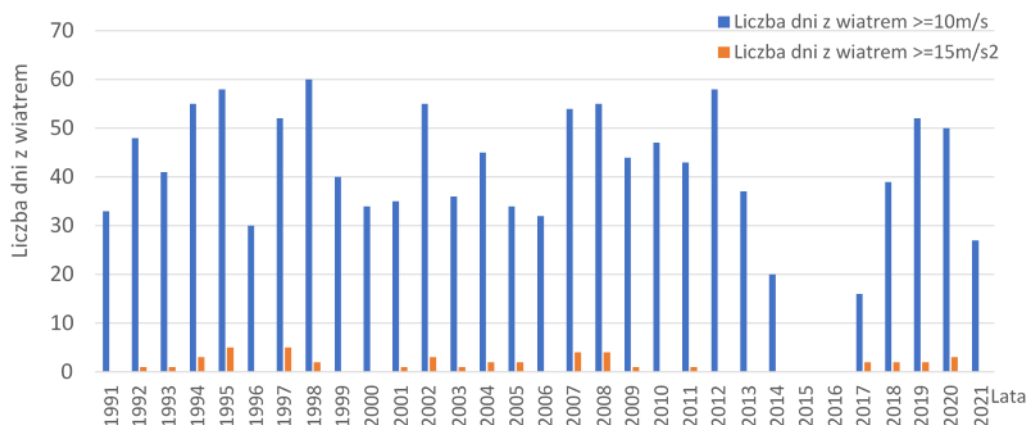
Najdłuższy okres bez opadu, trwający 38 dni, wystąpił na przełomie października i grudnia 2011 r. (rys. 107). Analiza najdłuższych okresów bezopadowych wykazuje w wieloleciu relatywnie niewielką zmianę ich długości.

1.4.4 Warunki anemometryczne

Silny i bardzo silny wiatr

Silny wiatr, przekraczający prędkość 10 m/s, występuje średnio 38 dni w roku (rys. 108). Największą intensywność tego zjawiska w latach 1991-2021 obserwowano w 1998 r. (60 dni), najmniejszą w 2017 r. (16 dni). W wieloleciu zaznacza się spadek liczby dni z wiatrem o prędkości ponad 10 m/s.

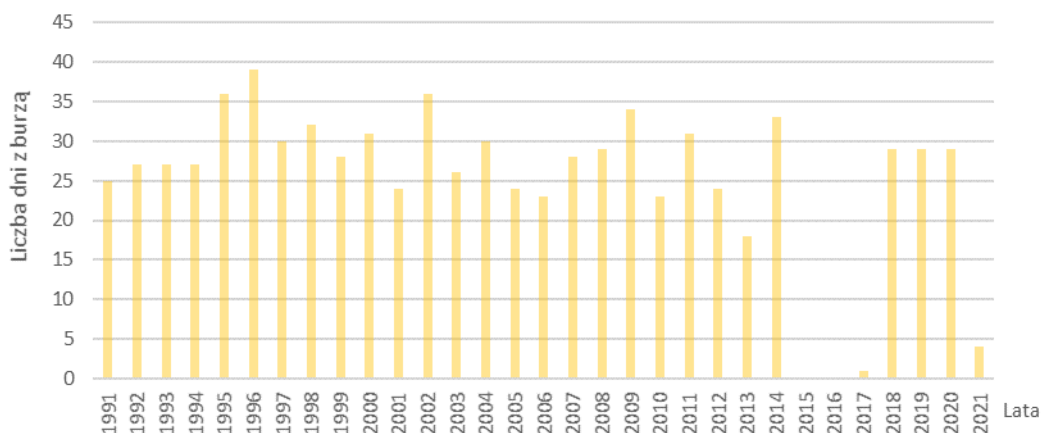
Bardzo silny wiatr, przekraczający prędkość 15 m/s, występuje średnio raz w roku (rys. 108), natomiast nie w każdym roku w okresie 1991-2021 odnotowano taką prędkość wiatru. Najwięcej przypadków zaobserwowano w roku 1995 i 1997 (7).



Rys. 108. Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1991-2021, Racibórz

Burze

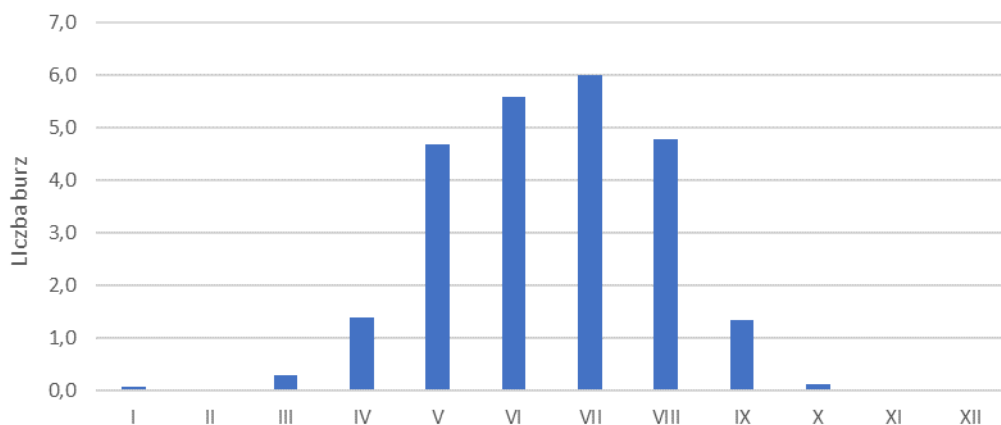
Średnia liczba dni z burzą wynosi w Subregionie zachodnim blisko 25 w roku. W okresie 1991-2021 najwięcej zjawisk (39) odnotowano w 1996 r., natomiast najmniej zjawisk meteorologicznych o takim charakterze (4) było w 2021 r. (rys. 109). W analizowanym wieloleciu zaznaczył się spadek liczby dni z burzą.



Rys. 109. Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2021, Racibórz

W przebiegu rocznym najwięcej burz przypada na miesiące ciepłej pory roku. Najczęściej burze występują w lipcu, blisko 6 dni ze zjawiskiem burzowym (rys. 110). W miesiącach chłodnych pojawiają się nieliczne burze, za wyjątkiem listopada, grudnia, w których nie były notowane w

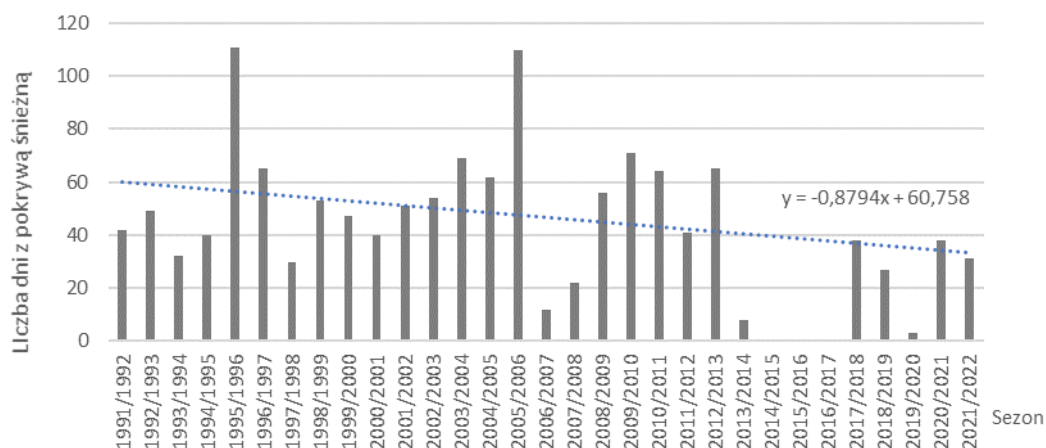
analizowanym wieloleciu.



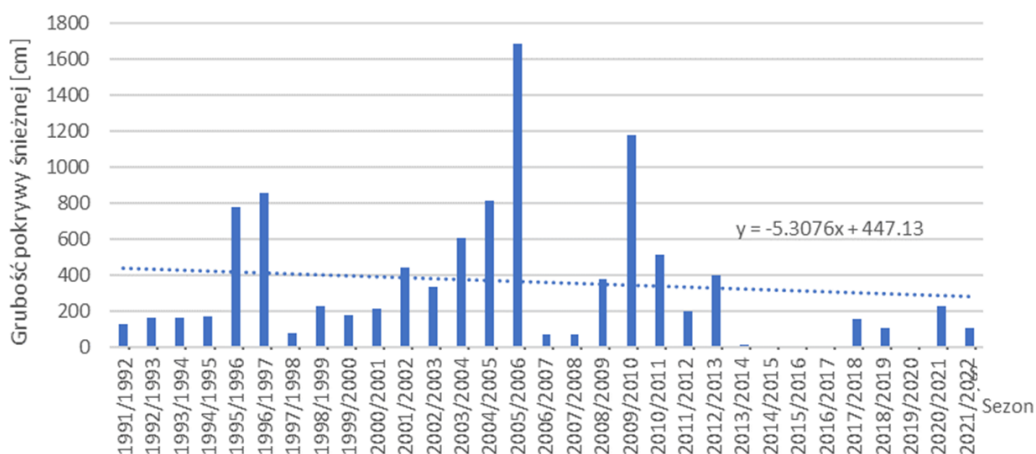
Rys. 110. Wieloletni przebieg roczny dni z burzą w latach 1991-2021, Racibórz

1.4.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu

Pokrywa śnieżna występuje przeważnie od listopada do marca. W analizowanym wieloleciu najwcześniej pokrywa śnieżna pojawia się w październiku, najpóźniej zanika w kwietniu.



Rys. 111. Liczba dni z pokrywą śnieżną, Racibórz

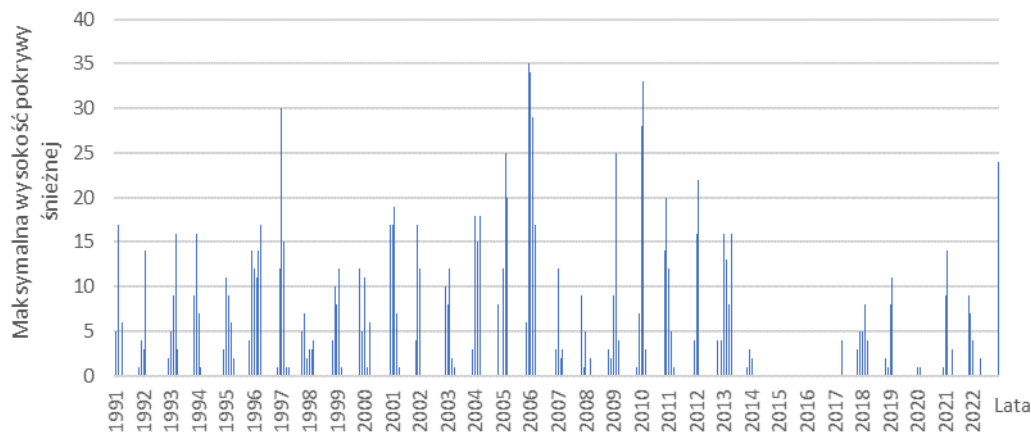


Rys. 112. Suma grubości pokrywy śnieżnej, Racibórz

Średnia wieloletnia liczba dni z pokrywą śnieżną w Subregionie zachodnim wynosi blisko 49 dni. Najdłużej pokrywa śnieżna utrzymywała się przez 111 dni w sezonie zimowym 1995/1996 (rys.111).

Najkrócej pokrywa śnieżna zalegała w sezonie 2019/2020 (3 dni). W analizowanym okresie zaznaczyła się tendencja spadkowa długości zalegania pokrywy śnieżnej.

Najwyższa suma grubości pokrywy śnieżnej wynosiła 1684 cm w sezonie zimowym 2005/2006 (rys. 112). Największą wysokość pokrywy śnieżnej odnotowano w lutym 2006 r. – 35 cm (rys. 113). Sezon zimowy 2019/2020 charakteryzuje najmniejszą sumą grubości pokrywy śnieżnej (3 cm).

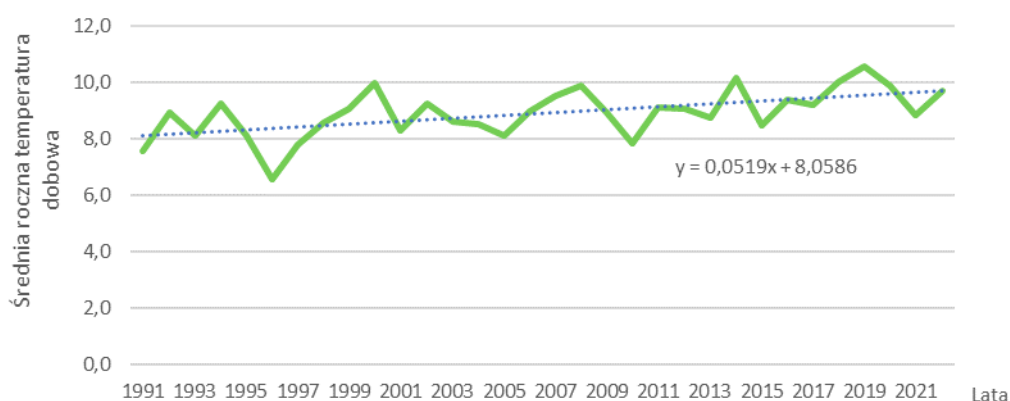


Rys. 113. Maksymalne wysokości pokrywy śnieżnej, Racibórz

1.5 Subregion południowy

1.5.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza

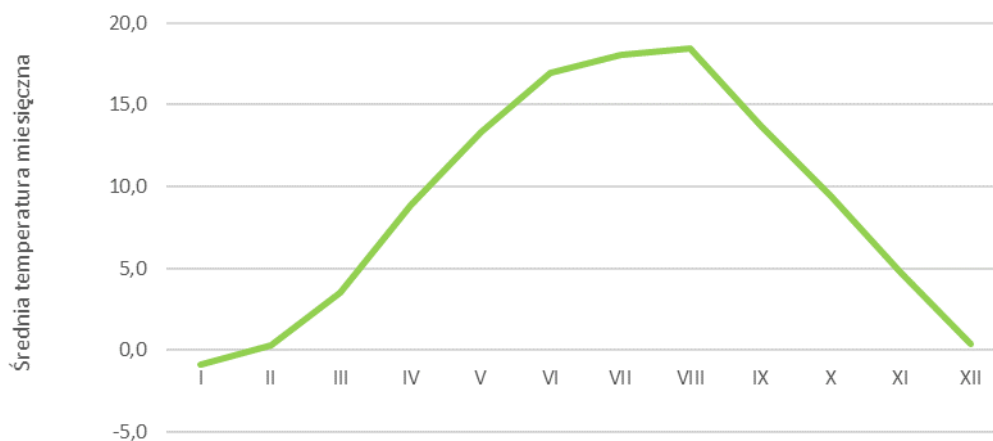


Rys. 114. Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Bielsko-Biała

Średnia roczna temperatura w analizowanym wieloleciu wyniosła 8,9°C na stacji meteorologicznej Bielsko-Biała reprezentatywnej dla Subregionu południowego w analizach współczesnych zmian klimatu. Wartości temperatury powietrza wahały się od 6,6°C w 1996 r. do 10,6°C w 2019 r. (rys. 114). Analiza wieloletniego przebiegu rocznej temperatury dobowej wskazuje na wyraźny dodatni trend zmian temperatury na poziomie około 0,5°C w dziesięciolecie.

Średnia miesięczna temperatura powietrza

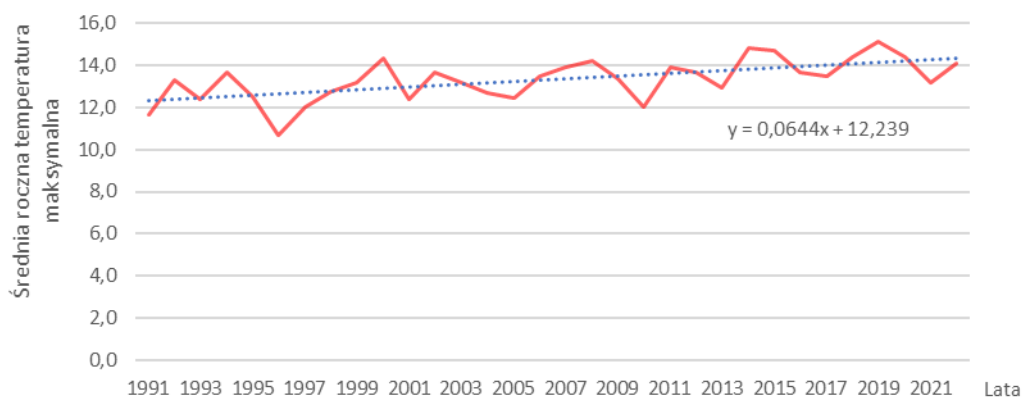
W rocznym przebiegu średniej miesięcznej temperatury obliczonej jako wartość średnia z wielolecia 1991-2022 najchłodniejszym miesiącem jest styczeń ze średnią temperaturą wynoszącą $-0,3^{\circ}\text{C}$, najcieplejszym natomiast jest sierpień ze średnią temperaturą $18,4^{\circ}\text{C}$ (rys. 115).



Rys. 115. Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Bielsko-Biała

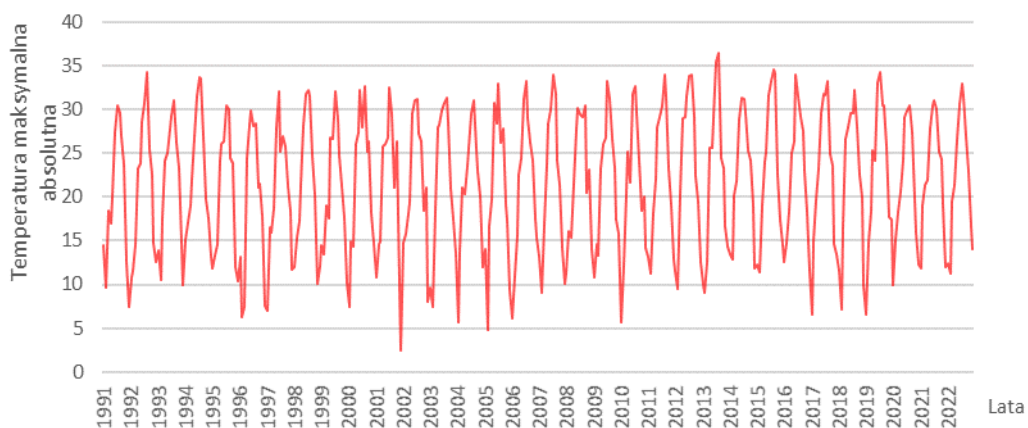
Temperatura maksymalna

Wskaźnikiem zmian warunków termicznych jest także temperatura maksymalna powietrza (T_{max}) w wieloleciu. W latach 1991-2022 zaznacza się wyraźny wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej o $0,6^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$ (rys. 116), co oznacza ocieplenie o $1,8^{\circ}\text{C}$ w 30-leciu.



Rys. 116. Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Bielsko-Biała

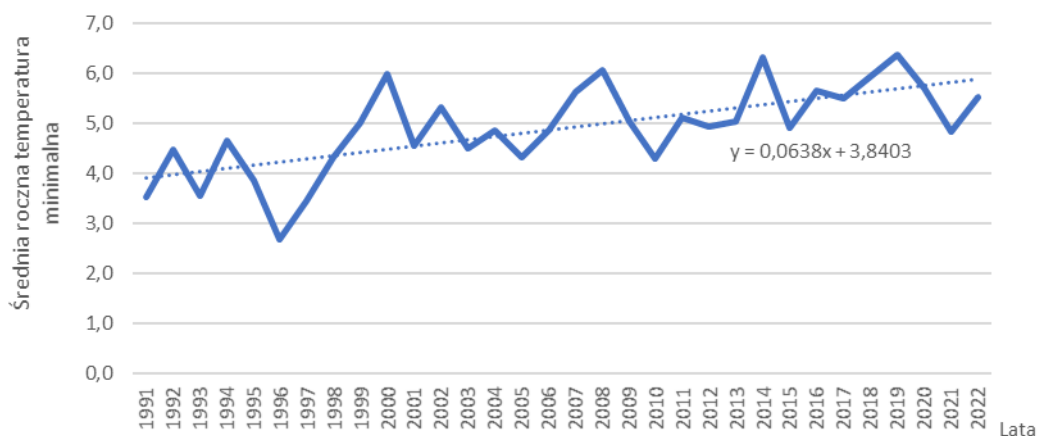
W analizowanym okresie średnia roczna temperatura maksymalna przyjmuje wartości od $10,7^{\circ}\text{C}$ w 1996 r. do $15,1^{\circ}\text{C}$ w latach 2019. Najwyższą dobową wartość temperatury odnotowano 8 sierpnia 2013 r., gdy temperatura maksymalna osiągnęła $36,4^{\circ}\text{C}$ (rys. 117).



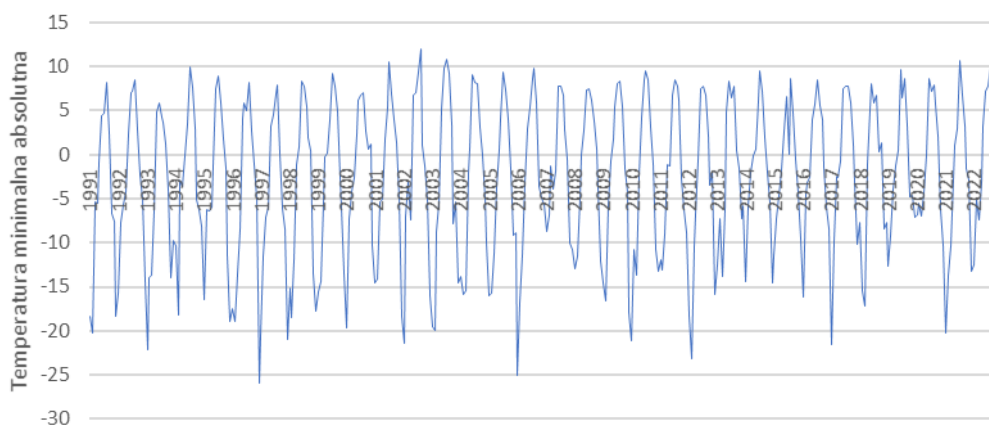
Rys. 117. Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Bielsko-Biała

Temperatura minimalna

Tendencję zmian warunków termicznych Subregionu południowego również obserwuje się w przebiegu wieloletnim temperatury minimalnej powietrza. Analizy wskazują na wzrost najniższej dobowej temperatury w tempie 0,6°C/dekadę (rys. 118), co oznacza wzrost średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza o 1,8°C w 30-leciu. W analizowanym okresie najchłodniejszym rokiem był 1996 ze średnią roczną temperaturą minimalną 2,7°C, a najcieplejszy rok 2019 r. z wartością temperatury 6,4°C.



Rys. 118. Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Bielsko-Biała

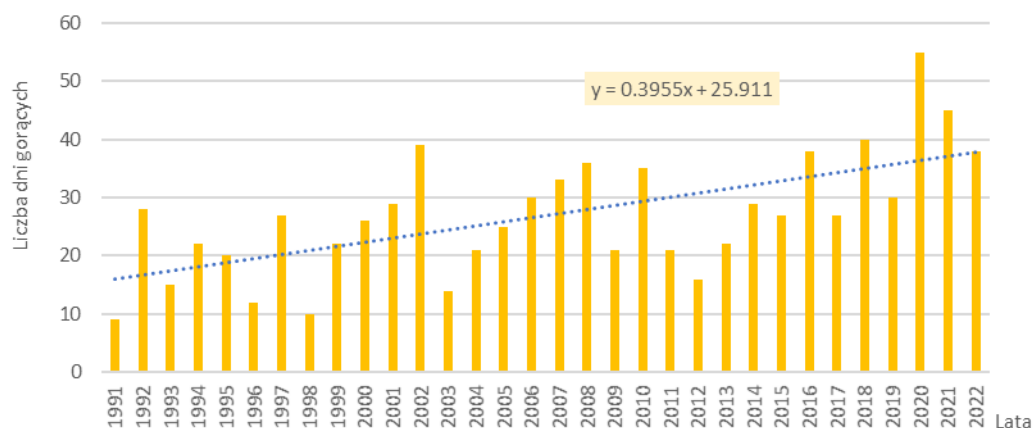


Rys. 119. Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Bielsko-Biała

Najniższą w ciągu doby wartość temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu odnotowano 28 i 29 grudnia 1996 r., gdy temperatura minimalna osiągnęła - 26,0°C (rys. 119).

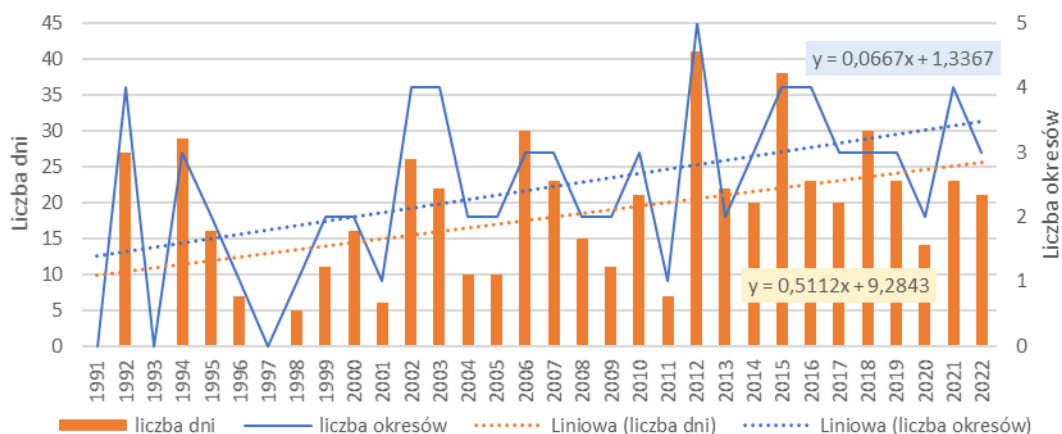
Dni gorące

W analizach zmian klimatu na obszarze Subregionu południowego uwzględniono również przebieg innych wskaźników oceny warunków termicznych. Zmienność liczby dni gorących (rys. 120), tzn. dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C, świadczy o wzroście wartości najwyższej w ciągu doby temperatury. Najmniej dni o takich warunkach termicznymi było w roku 1991 (9 dni) najwięcej natomiast w roku 2020 (50 dni). W wieloleciu wyraźnie zwiększa się liczba dni, w których temperatura powietrza przekracza wyznaczony próg termiczny 25°C, średnio o blisko 4 dni/dekadę.



Rys. 120. Liczba dni gorących (Tmax>25°C), Bielsko-Biała

Liczba okresów gorących, tzn. z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C przez kolejnych co najmniej 5 dni, nieznacznie się zwiększa w wieloleciu (rys. 121), przeciętnie o około 0,7 okresu w ciągu dekady. Największa liczba okresów z takimi warunkami termicznymi wystąpiła w 2012 r. (5). W pojedynczych latach analizowanego wielolecia brakuje takich sytuacji pogodowych.

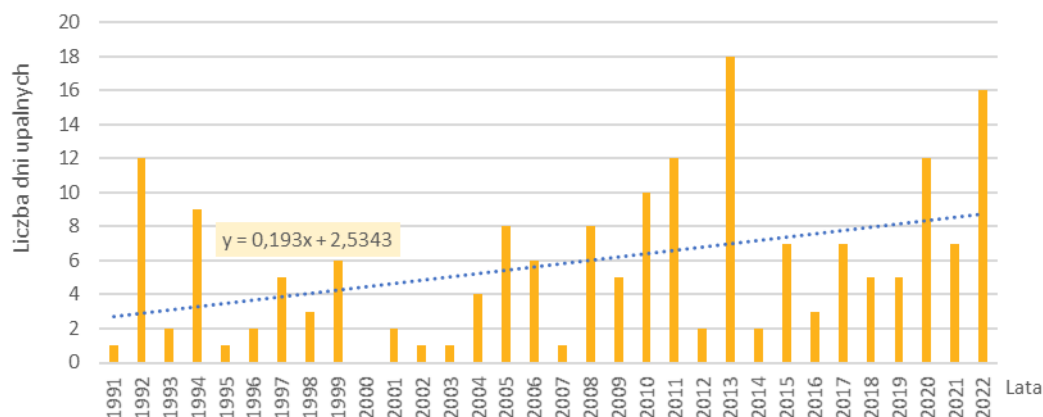


Rys. 121. Okresy ponad 5 dniowe z Tmax>25°C, Bielsko-Biała

Okres z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C trwa przeciętnie 7 dni. Najdłuższy okres gorący utrzymywał się przez 18 dni na przełomie lipca i sierpnia 1994 r. Największe natężenie takich warunków termicznych odnotowano w 2012 r.: 5 okresów gorących o łącznej długości 41 dni. W analizowanym wieloleciu występuje tendencja wzrostowa liczby dni w okresach gorących, o 5 dni/dekadę.

Dni upalne

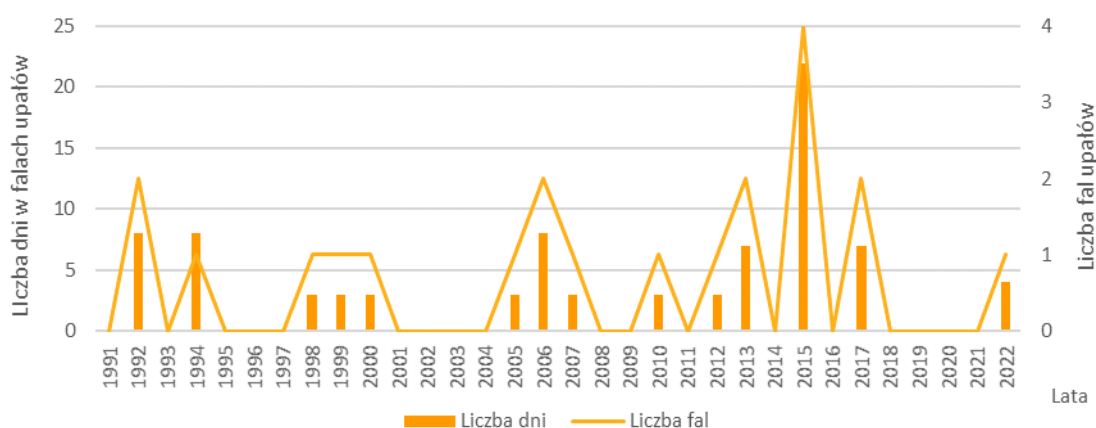
W okresie 1991-2022 zauważalny jest słaby wzrost liczby dni upalnych, tj. dni z maksymalną temperaturą przekraczającą 30°C, średnio o 2 dni w dziesięciolecie (rys. 122). Na obszarze objętym badaniem zaobserwowano dużą zmienność liczby dni upalnych. Najwięcej dni z temperaturą wyższą od 30°C było w 2013 r. (18). W kilku latach w analizowanym wieloleciu takie przypadki były pojedyncze, tj. 1-2 dni w roku. W 2000 r. nie odnotowano temperatury powyżej 30°C.



Rys. 122. Liczba dni upalnych (Tmax > 30°C), Bielsko-Biała

Fale upałów

Fale upałów, definiowane jako ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu, odnotowano tylko w 14 latach analizowanego wielolecia 1991- 2022 (rys. 123). Temperatura powyżej 30°C przeciętnie utrzymywała się przez kolejne 4 dni. Najdłuższą trwającą falą upałów była 12 dniowa fala upałów sierpnia 2015 r. Najwięcej przypadków tego zjawiska termicznego wystąpiło w roku 2015 – 4 fale upałów o łącznej długości trwania 22 dni (tab. 8).



Rys. 123. Liczba i okres trwania fal upałów, Bielsko-Biała

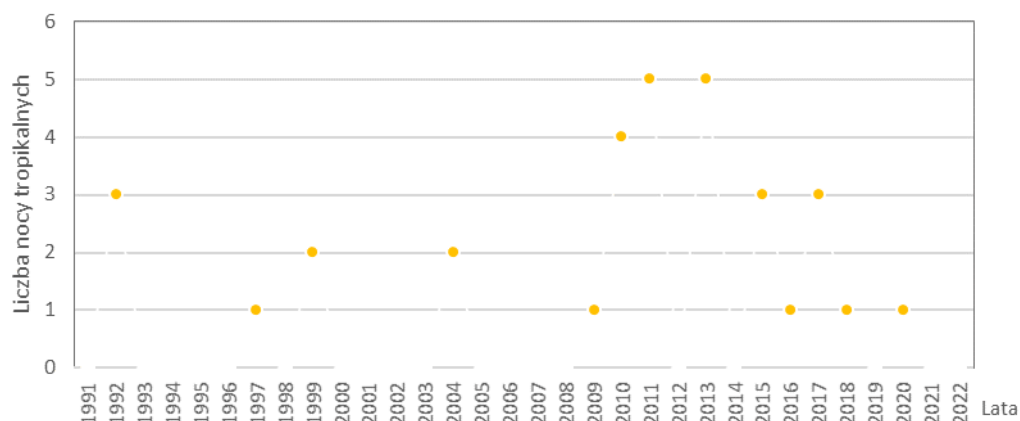
Zjawisko fal upałów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością w poszczególnych latach. Analiza przebiegu liczby i czasu trwania fal upałów wykazuje nieznaczne zwiększenie się częstotliwości i natężenia tego zjawiska w badanym okresie.

Tab. 8. Fale upałów w latach 1991-2022, Bielsko-Biała

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1992-08-07	1992-08-10	4	34,0	1992-08-09
1992-08-28	1992-08-31	4	34,2	1992-08-28
1994-07-25	1994-08-01	8	33,7	1994-07-30
1998-07-20	1998-07-22	3	32,2	1998-07-22
1999-07-04	1999-07-06	3	32,1	1999-07-05
2000-08-19	2000-08-21	3	32,6	2000-08-20
2005-07-28	2005-07-30	3	33,0	2005-07-29
2006-07-20	2006-07-23	4	33,3	2006-07-21
2006-07-26	2006-07-29	4	32,0	2006-07-27
2007-07-15	2007-07-17	3	33,9	2007-07-17
2010-07-15	2010-07-17	3	32,7	2010-07-15 2010-07-16
2012-07-05	2012-07-07	3	32,7	2012-07-06
2013-07-27	2013-07-30	4	35,4	2013-07-29
2013-08-06	2013-08-08	3	36,4	2013-08-08
2015-07-04	2015-07-07	4	32,9	2015-07-06
2015-07-17	2015-07-19	3	33,2	2015-07-18
2015-08-04	2015-08-15	12	34,5	2015-08-08
2015-08-30	2015-09-01	3	34,4	2015-08-30
2017-07-31	2017-08-03	4	33,1	2017-08-01
2017-08-10	2017-08-12	3	33,2	2017-08-11
2022-07-20	2022-07-23	4	32,0	2022-07-23

Noce tropikalne

Dni z temperaturą minimalną dobową powyżej 20°C (noce tropikalne) występują bardzo rzadko na obszarze Subregionu południowego (rys. 124). Tylko w 13 latach wielolecia temperatura w ciągu doby nie spadła poniżej 20°C, a przez większość analizowanego okresu nie stwierdzono takich warunków termicznych. To zjawisko występuje zazwyczaj tylko raz w roku. W latach 2010, 2011 i 2013 zaobserwowano 4-5 takie przypadki.

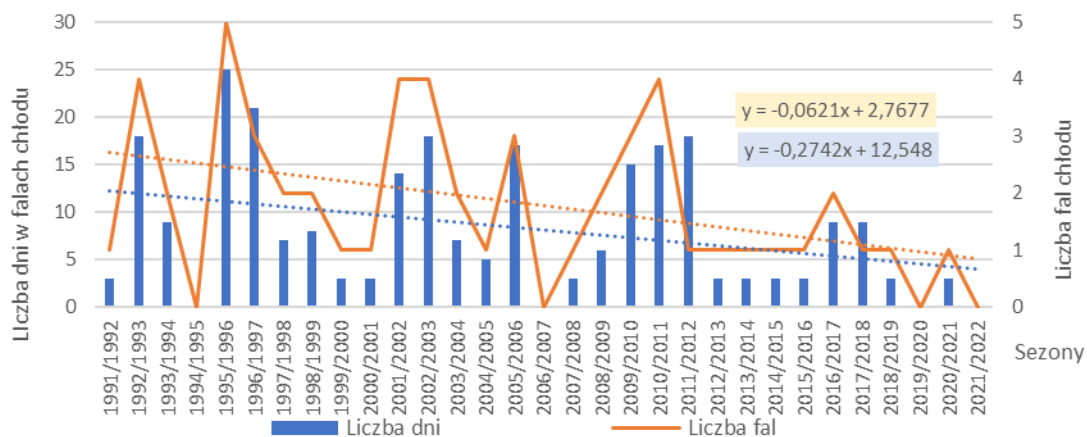


Rys. 124. Dni z temperaturą minimalną >20°C, Bielsko-Biała

Fale chłodu

Fale chłodu, definiowane jako okresy z temperaturą minimalną poniżej -10°C utrzymującą się przez co najmniej 3 dni, występowały na badanym obszarze średnio 2 razy w roku, trwając przeciętnie 7

dni. W analizowanym okresie zidentyfikowano 55 takich zjawisk termicznych, utrzymujących się nawet przez 18 kolejnych dni. Najdłuższa fala chłodu wystąpiła na przełomie stycznia i lutego 2012 r. Natężenie fal chłodu było największe w sezonie zimowym 1995/1996 – 5 fal chłodu, trwających łącznie 25 dni. W 4 sezonach zimowych opisywane zjawisko nie zaistniało (rys. 125, tab. 9). Analiza fal chłodu w wieloleciu wskazuje na tendencję zmniejszania częstości ich występowania i długości trwania.



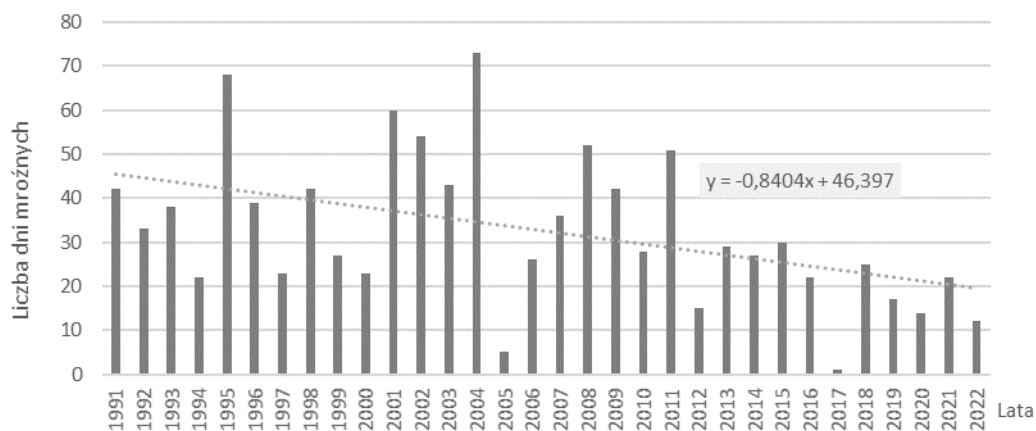
Rys. 125. Liczba i okres trwania fal chłodu, Bielsko-Biała

Tab. 9. Fale chłodu w latach 1991-2022, Bielsko-Biała

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
1991-01-30	1991-02-08	10	-20,3	1991-02-02
1991-12-08	1991-12-10	3	-18,4	1991-12-09
1992-01-21	1992-01-23	3	-15,7	1992-01-22
1992-12-23	1992-12-29	7	-14,4	1992-12-26
1993-01-01	1993-01-05	5	-22,1	1993-01-03
1993-01-31	1993-02-02	3	-16,3	1993-01-31
1993-03-04	1993-03-06	3	-13,7	1993-03-06
1993-11-18	1993-11-21	4	-13,9	1993-11-19
1994-02-13	1994-02-17	5	-18,2	1994-02-14
1995-12-27	1995-12-31	5	-19,0	1995-12-31
1996-01-23	1996-01-27	5	-17,5	1996-01-25
1996-01-30	1996-02-02	4	-15,5	1996-02-01
1996-02-06	1996-02-11	6	-18,9	1996-02-08
1996-03-08	1996-03-12	5	-13,5	1996-03-09
1996-12-21	1997-01-04	15	-26,0	1996-12-28 1996-12-29
1997-01-06	1997-01-08	3	-20,4	1997-01-07
1997-01-16	1997-01-18	3	-11,0	1997-01-17
1997-12-15	1997-12-18	4	-21,0	1997-12-17
1998-01-31	1998-02-02	3	-18,5	1998-02-02
1998-11-20	1998-11-24	5	-13,6	1998-11-23
1999-01-30	1999-02-01	3	-15,6	1999-01-31
1999-12-22	1999-12-24	3	-13,6	1999-12-23
2001-01-15	2001-01-17	3	-14,6	2001-01-17
2001-12-08	2001-12-10	3	-14,7	2001-12-09
2001-12-13	2001-12-15	3	-18,4	2001-12-13
2002-01-03	2002-01-06	4	-21,4	2002-01-04
2002-01-16	2002-01-19	4	-13,5	2002-01-16

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia
2002-12-08	2002-12-12	5	-15,3	2002-12-10
2002-12-24	2002-12-26	3	-16,0	2002-12-25
2003-01-06	2003-01-12	7	-19,5	2003-01-09
2003-02-12	2003-02-14	3	-20,0	2003-02-13
2004-01-04	2004-01-07	4	-13,8	2004-01-07
2004-01-24	2004-01-26	3	-10,7	2004-01-24 2004-01-25 2004-01-26
2005-02-05	2005-02-09	5	-15,1	2005-02-06
2006-01-14	2006-01-17	4	-14,6	2006-01-16
2006-01-22	2006-01-31	10	-25,0	2006-01-24
2006-02-05	2006-02-07	3	-16,7	2006-02-06
2008-01-03	2008-01-05	3	-12,9	2008-01-04
2008-12-28	2008-12-30	3	-12,1	2008-12-29
2009-01-12	2009-01-14	3	-12,7	2009-01-12
2009-12-18	2009-12-21	4	-17,9	2009-12-21
2010-01-21	2010-01-28	8	-21,1	2010-01-24
2010-03-08	2010-03-10	3	-13,7	2010-03-08
2010-12-16	2010-12-18	3	-12,9	2010-12-18
2010-12-27	2010-12-30	4	-12,6	2010-12-28
2011-01-29	2011-02-02	5	-13,1	2011-02-01
2011-02-21	2011-02-25	5	-12,9	2011-02-22
2012-01-27	2012-02-13	18	-23,2	2012-02-03
2012-12-08	2012-12-10	3	-15,8	2012-12-09
2014-01-25	2014-01-27	3	-14,4	2014-01-26
2014-12-29	2014-12-31	3	-14,6	2014-12-31
2016-01-02	2016-01-04	3	-16,1	2016-01-04
2017-01-06	2017-01-11	6	-21,6	2017-01-08
2017-01-28	2017-01-30	3	-11,2	2017-01-28
2018-02-24	2018-03-04	9	-17,2	2018-03-01
2019-01-21	2019-01-23	3	-12,4	2019-01-23
2021-02-11	2021-02-13	3	-13,7	2021-02-12

Dni mroźne



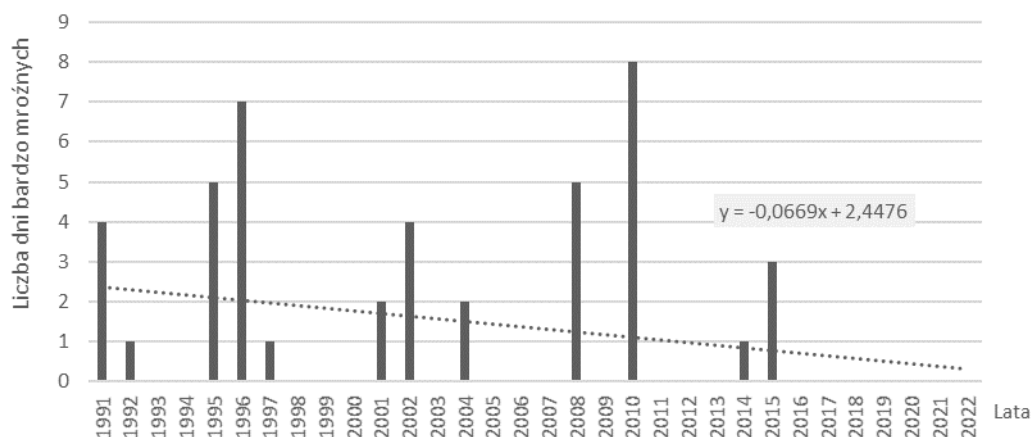
Rys. 126. Liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), Bielsko-Biała

Dni mroźnych (dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C) jest średnio 33 w roku. Charakterystyczna jest duża zmienność występowania takich warunków termicznych, od 5 dni w roku 2005 do 73 dni

w roku 2004 (rys. 126). Liczba dni mroźnych wykazuje tendencję spadkową w analizowanym wieloleciu, o około 8 dni/dekadę.

Dni bardzo mroźne

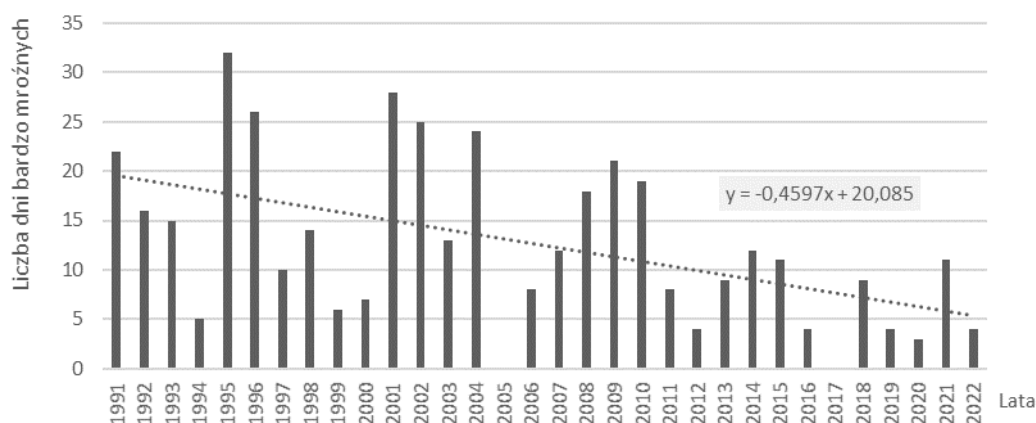
Dni z temperaturą maksymalną poniżej -10°C , określane jako dni bardzo mroźne, występują przeciętnie raz w roku. Najwięcej takich dni pojawiło się w roku 2010 (8 dni). W analizowanym wieloleciu takie warunki termiczne nie wystąpiły w 20 latach (rys. 127). Od 2016 r. nie odnotowano na badanym obszarze temperatury poniżej -10°C . Zauważany jest spadek liczby dni bardzo mroźnych, średnio o 0,6 dnia/dekadę.



Rys. 127. Dni bardzo mroźne ($T_{\max} < -10^{\circ}\text{C}$), Bielsko-Biała

Dni z temperaturą przejściową

Dni z temperaturą przejściową, tzn. dni w których temperatura powietrza przechodzi przez punkt 0°C , przeciętnie jest 69 w roku (rys. 128). Zakres zmienności ich liczby w wieloleciu waha się od 3 dni w 2020 r. do 32 dni w 1995 r. W badanym okresie stwierdzono spadek liczby takich dni o blisko 5 dni/dekadę.

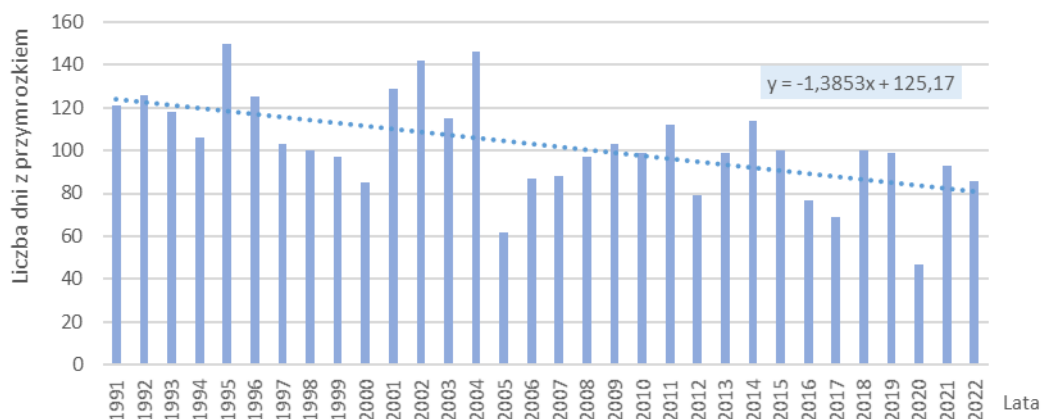


Rys. 128. Dni z przejściem przez 0°C , Bielsko-Biała

Dni i okresy przymrozkowe

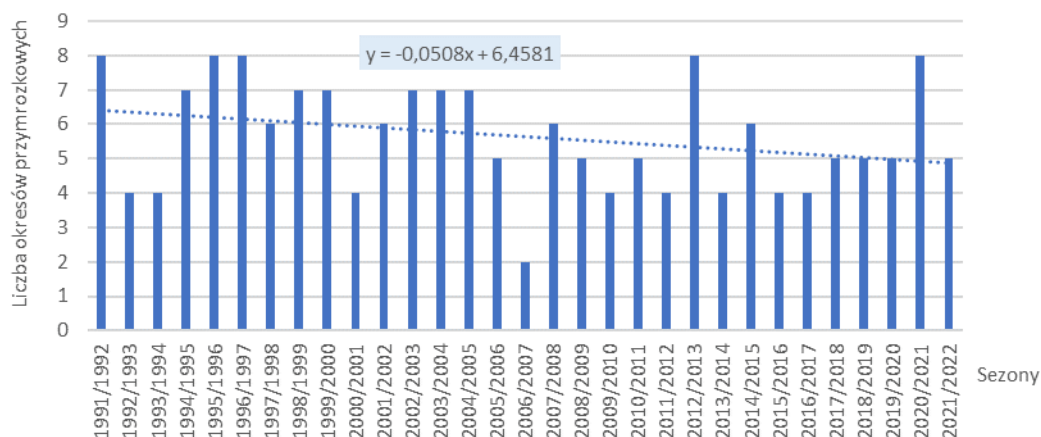
W roku jest 102 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C (dni przymrozkowe). Ich liczba w poszczególnych latach analizowanego wielolecia sięga od 62 dni w 2005 r. do 150 dni w 1995 r.

(rys. 129). Liczba dni o takich warunkach termicznych wykazuje wyraźną tendencję spadkową o 13 dni/dekadę.

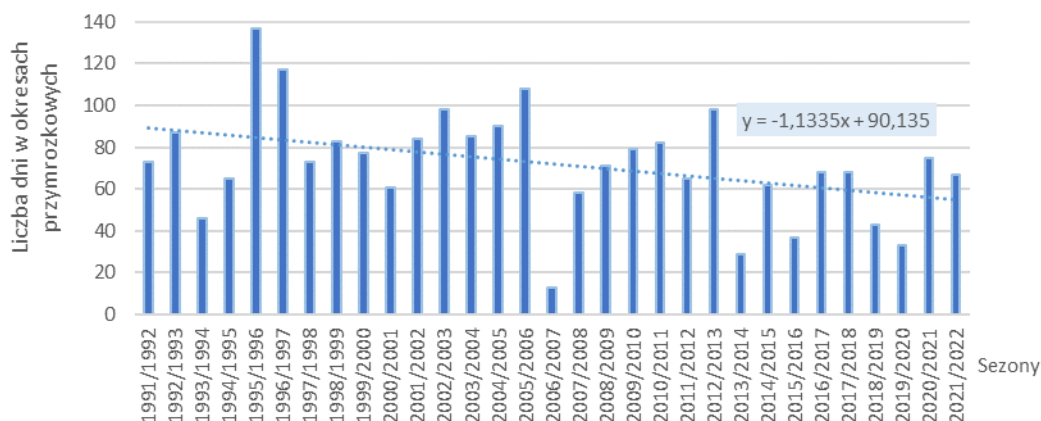


Rys. 129. Dni przymrozkowe (T_{min}<0°C), Bielsko-Biała

Okresy przymrozkowe, definiowane jako okresy z dobową temperaturą minimalną poniżej 0°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, występują średnio 5 razy w roku w analizowanym wieloleciu (rys. 130). Największe natężenie tego zjawiska odnotowano w sezonach 1991/1992, 1995/1996, 1996/1997, 2012/2013, 2020/2021 (8 okresów przymrozkowych), najmniejszą ich liczbę natomiast w sezonie 2006/2007 (2 okresy przymrozkowe). Następuje niewielki spadek liczby okresów przymrozkowych, o około 0,5 na dekadę.



Rys. 130. Okresy przymrozkowe, Bielsko-Biała

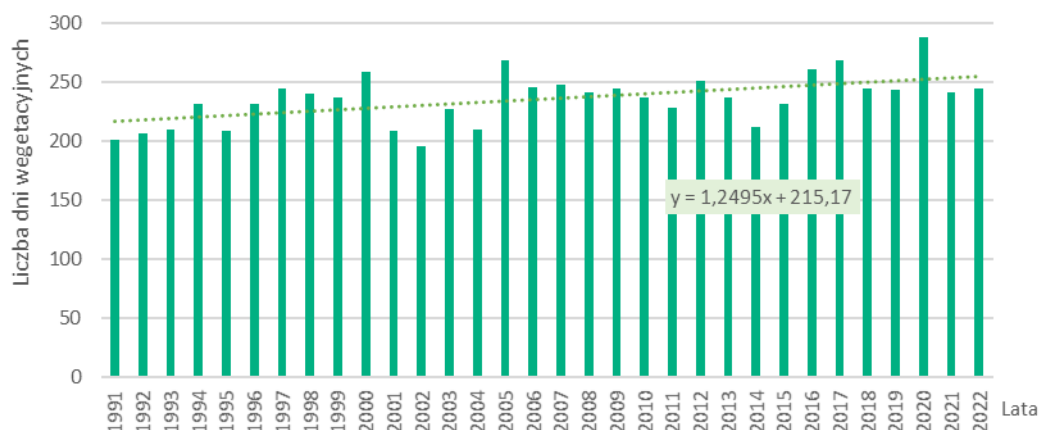


Rys. 131. Liczba dni w okresach przymrozkowych, Bielsko-Biała

Roczna liczba dni w okresach przymrozkowych w poszczególnych latach wielolecia waha się od 13 dni w sezonie 2006/2007 do 137 dni w sezonie 1995/1996 (rys. 131). Najdłuższy 66 dniowy okres przymrozkowy odnotowano na przełomie grudnia i lutego w sezonie zimowym 1996/1997. Liczba dni w okresach przymrozkowych wykazuje tendencję spadkową, średnio prawie o 11 dni/dekadę.

Dni wegetacyjne

Długość okresu wegetacyjnego, definiowanego jako liczba dni ze średniodobową temperaturą powietrza przekraczającą 5°C, wynosi średnio 236 dni. Długość okresu wegetacyjnego zmienia się od 196 dni w 2002 r. do 288 dni w 2020 roku (rys. 132). W analizowanym wieloleciu zaznacza się silny trend wydłużania okresu wegetacyjnego, o około 12 dni w ciągu dekady.

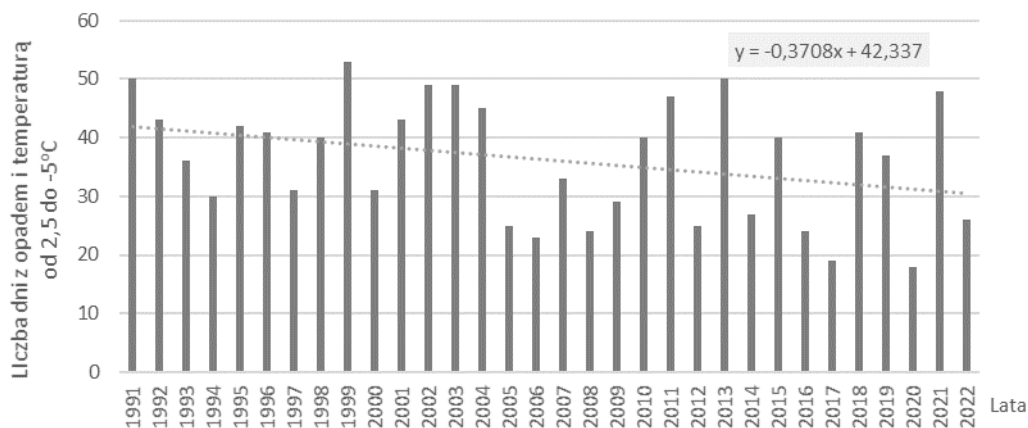


Rys. 132. Dni wegetacyjne, Bielsko-Biała

1.5.2 Warunki termiczno-opadowe

Dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych

Liczba dni charakteryzujących się występowaniem opadu powyżej 1 mm i średniodobową temperaturą powietrza o wartości w przedziale od -5°C do +2,5°C wynosi na badanym obszarze średnio 36 w roku.



Rys. 133. Dni z temperaturą od +2,5°C do -5°C i opadem, Bielsko-Biała

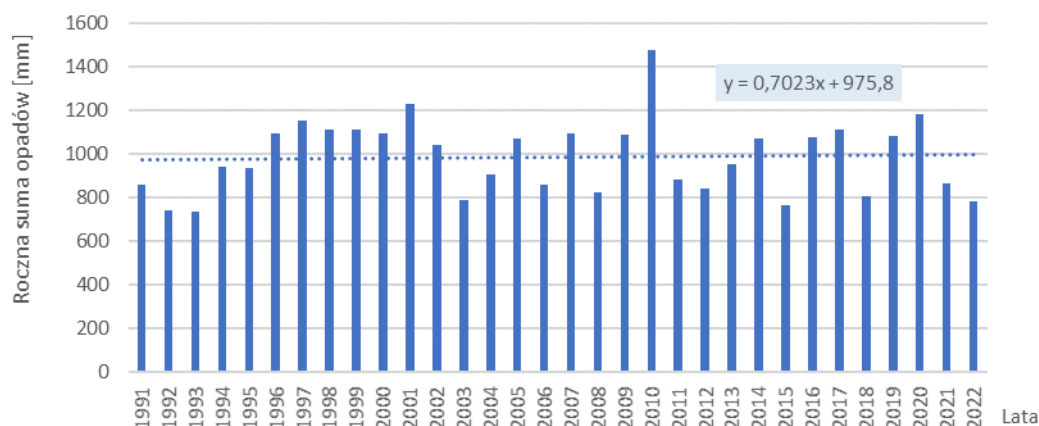
Takie warunki termiczno-opadowe cechuje duża zmienność w analizowanym wieloleciu, od 18 dni w

2020 r. do 53 dni w 1999 r. (rys. 133). Liczba dni o takich warunkach termiczno-opadowych wykazuje silną tendencję spadkową, średnio o 4 dni/dekadę.

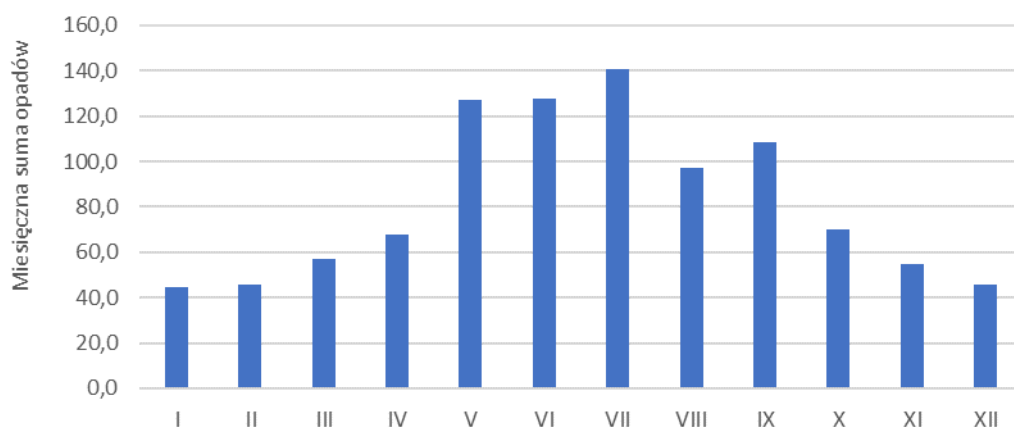
1.5.3 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

Sumy roczne i miesięczne opadów

Średnie roczne opady atmosferyczne osiągają wartość około 782 mm na obszarze Subregionu południowego. W analizowanym wieloleciu występuje duża zmienność rocznych sum opadów (rys.134) od 738,8 mm w roku 1993 do 1478,1 mm w roku 2010. Analiza przebiegu wieloletniego rocznych sum opadów wskazuje na tendencję wzrostową, średnio o 7 mm/dekadę.



Rys. 134. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Bielsko-Biała

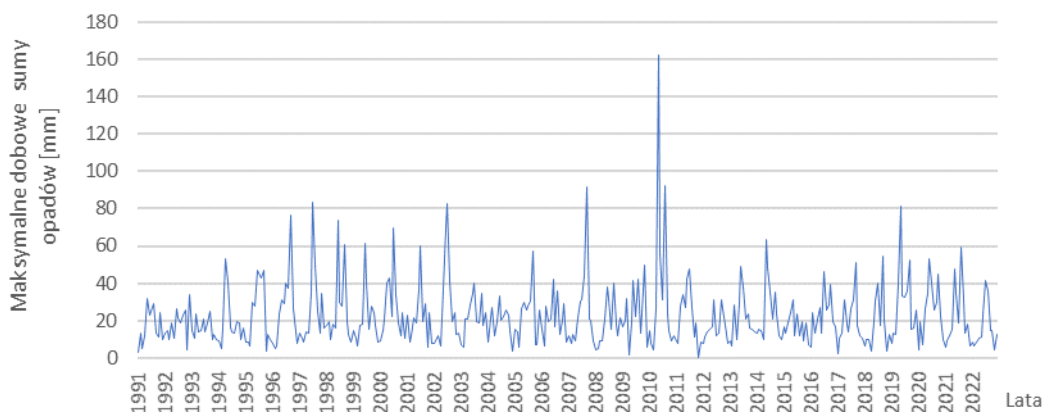


Rys. 135. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Bielsko-Biała

W przebiegu rocznym największe średnie sumy opadów występują w lipcu (140,8 mm), natomiast najniższe są w styczniu (44,8 mm) (rys. 135).

Maksymalne dobowe opady w miesiącu

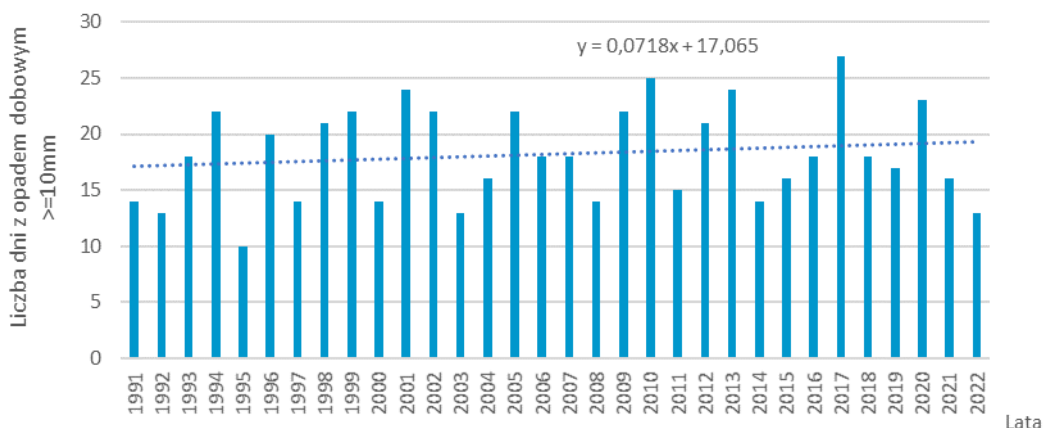
W przebiegu wieloletnim najwyższą wartość maksymalnych opadów dobowych (rys. 136) odnotowano w maju 2010 r. (162,7 mm).



Rys. 136. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Bielsko-Biała

Dobowe opady o dużym natężeniu

Dobowe opady większe bądź równe 10 mm występują na obszarze Subregionu południowego przeciętnie 18 razy w roku (rys. 137). W przebiegu wieloletnim liczba dni w roku z opadami o takiej intensywności waha się od 10 (1995 r.) do 27 (2017 r.). Zmienność w wieloleciu liczby dni z opadem większym bądź równym 10 mm wykazuje niewielki trend wzrostowy o 0,7 dnia/dekadę.



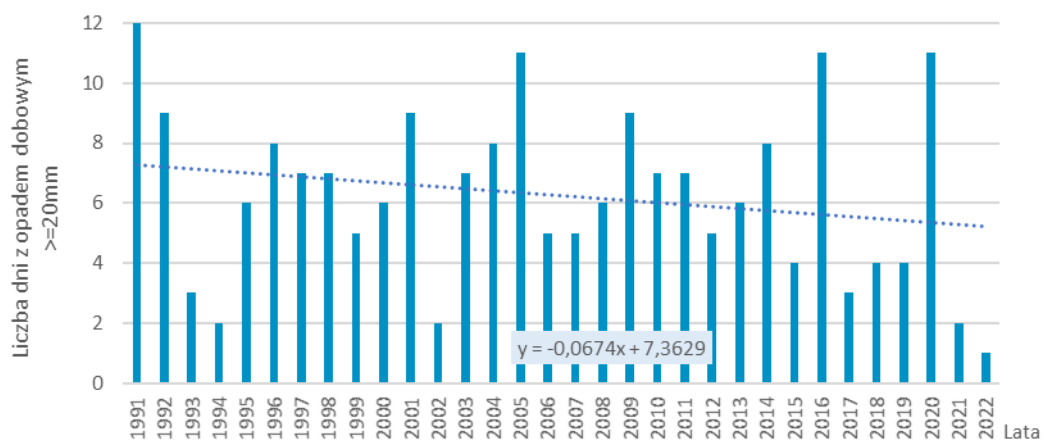
Rys. 137. Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Bielsko-Biała

W roku odnotowuje się przeciętnie 6 dni z opadem dobowym większym bądź równym 20 mm (rys. 138). Częstość występowania w roku tej wysokości opadów waha się od 1 (2020 r.) do 12 (1991 r.). Analiza zmienności dni z opadem większym bądź równym 20 mm w latach 1991-2022 wykazuje spadek liczby takich dni o 0,6 dnia/dekadę.

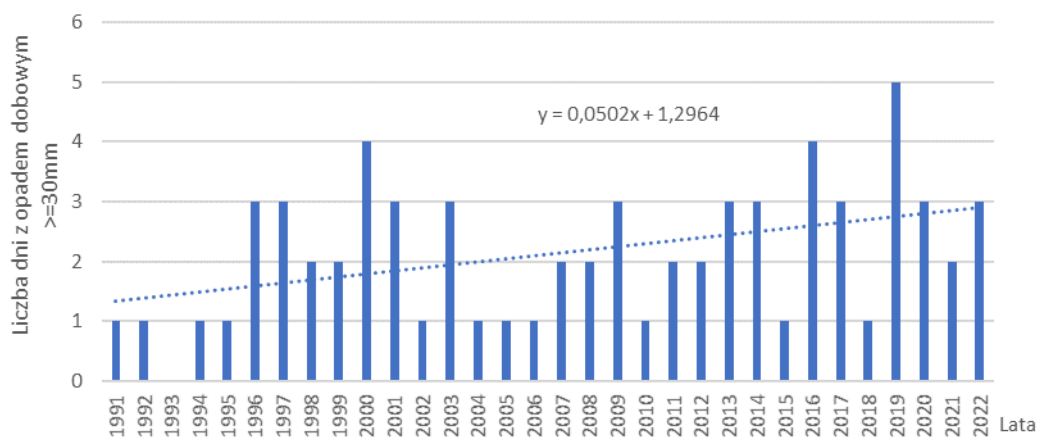
Opady dobowe większe bądź równe 30 mm obserwuje się na badanym obszarze stosunkowo rzadko (rys. 139). W analizowanym wieloleciu odnotowano po jednym przypadku w 11 latach, po dwa w 7 latach, 3 przypadki w 10 latach, 4 przypadki w 2 latach i 5 przypadków w 1 roku (2019 r.). W okresie 1991-2022 nieznacznie zwiększa się liczba dni z opadem przekraczającym 30 mm, średnio o 0,5 dnia/dekadę.

Opady dobowe o natężeniu przekraczającym 40 mm występują od 1 do 4 w roku w 21 latach badanego wielolecia (rys. 140). Opady dobowe przekraczające 50 mm i 60 mm pojawiają się bardzo rzadko, od 1 do 2 w roku, odpowiednio w 11 i 6 latach wielolecia. Opady przekraczające 70 mm na

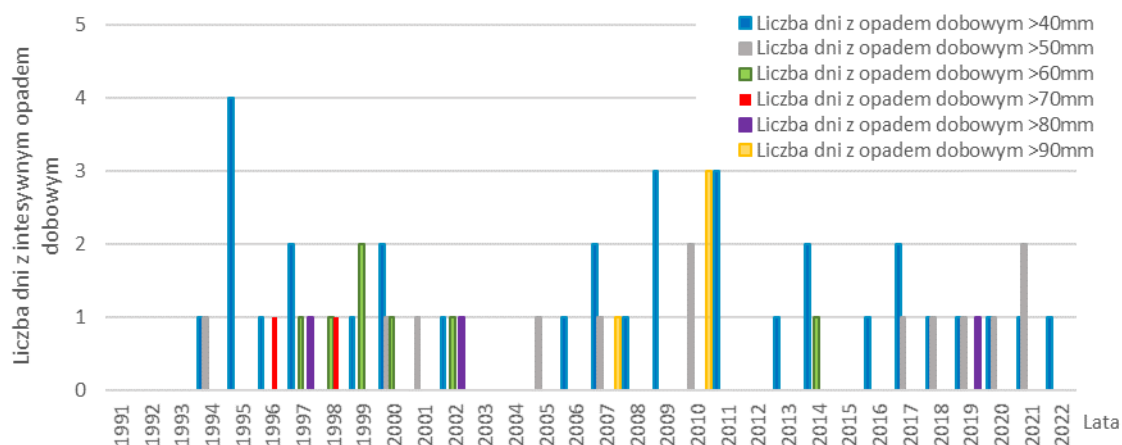
dobę są sporadyczne. W latach 1991-2022 wystąpiły pojedyncze przypadki tak wysokich opadów.



Rys. 138. Liczba dni z opadem większym bądź równym 20 mm, Bielsko-Biała



Rys. 139. Liczba dni z opadem większym bądź równym 30 mm, Bielsko-Biała



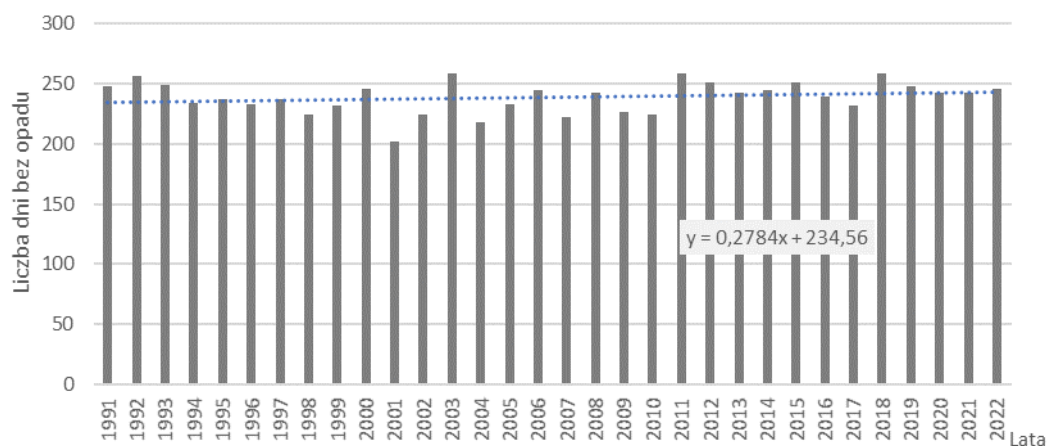
Rys. 140. Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70, 80, 90 mm, Bielsko-Biała

Długotrwałe okresy bezopadowe

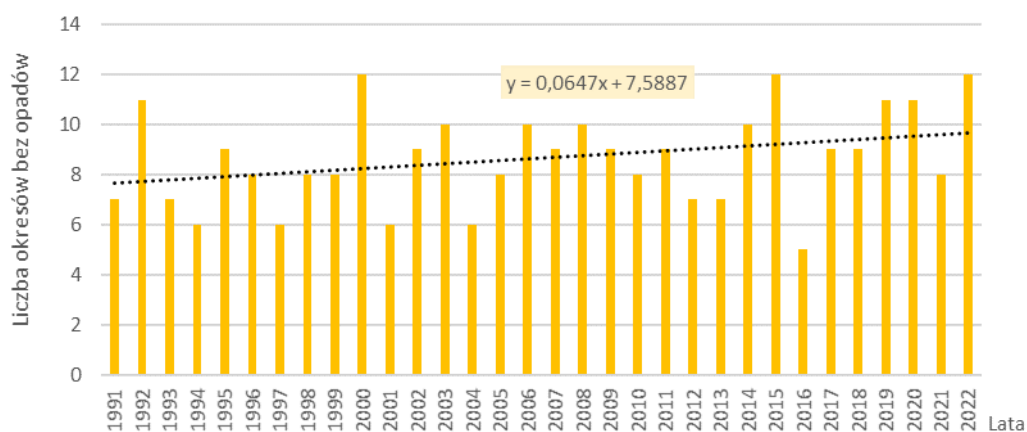
Liczba dni bez opadu (opad<1mm) cechuje niewielką zmienność w analizowanym okresie, od 202 dni (2001 r.) do 259 dni (2003 r. i 2011 r.). Takich dni na badanym obszarze jest przeciętnie 239 w roku. Liczba dni bez opadu wykazuje tendencję spadkową o blisko 3 dni/dekadę (rys. 141).

Okresy bezopadowe, definiowane jako okresy bez opadu trwające ponad 5 dni, występowały

w badanym wieloleciu przeciętnie blisko 9 razy w roku (rys. 142). Największą liczbę przypadków okresów bezopadowych (12) odnotowano w latach 2000, 2015 i 2022 (14 epizodów w roku), najmniej natomiast w 2016 r., 5 przypadków. W latach 1991-2022 zaznaczyła się nieznaczna tendencja wzrostowa liczby okresów bez opadu utrzymujących się ponad 5 dni (zmiana o 0,6 okresu/dekadę).

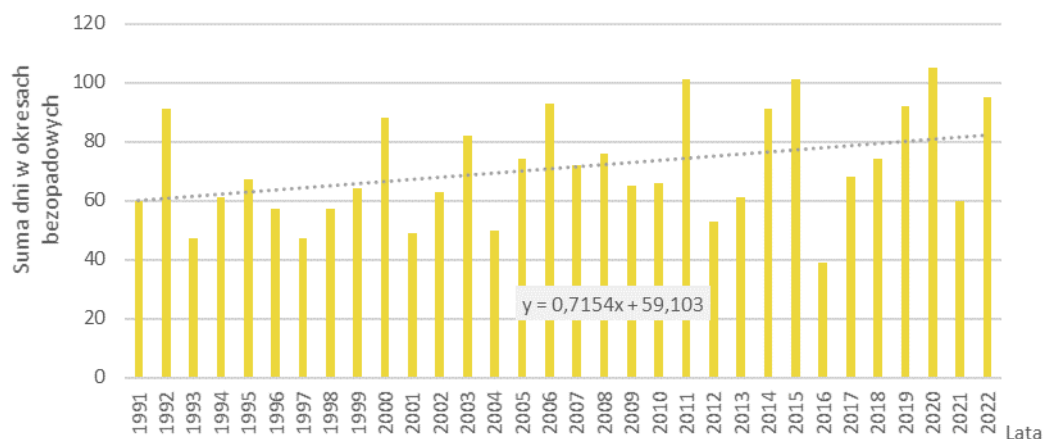


Rys. 141. Liczba dni bez opadu, Bielsko-Biała



Rys. 142. Liczba okresów bez opadu, Bielsko-Biała

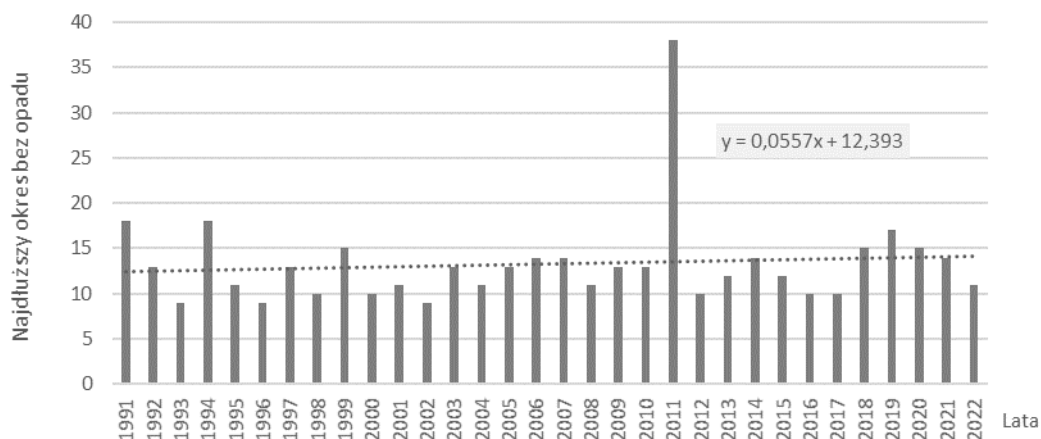
Sumaryczna liczba dni w okresach bezopadowych sięga przeciętnie 71 dni w roku. W badanym wieloleciu wahała się od 39 dni w 2016 r. do 105 dni w 2020 r. (rys. 143). Łączna długość w roku okresów bezopadowych zmniejsza się średnio o 7 dni/dekadę.



Rys. 143. Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Bielsko-Biała

Najdłuższy okres bez opadu, trwający 38 dni, wystąpił na przełomie października i grudnia 2011 r.

(rys. 144). Wieloletnia zmienność długości trwania okresów bezopadowych wykazuje słabą tendencję wydłużania takich okresów, o blisko 0,5 dnia/dekadę.



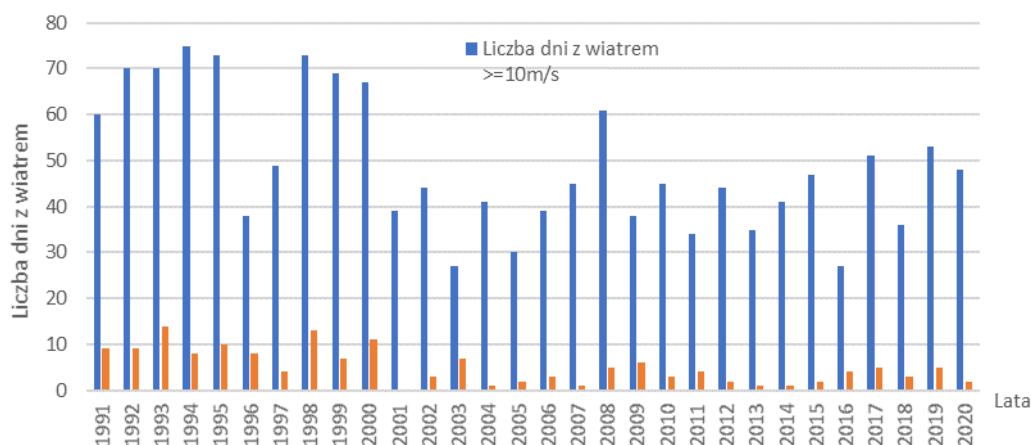
Rys. 144. Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Bielsko-Biała

1.5.4 Warunki anemometryczne

Silny i bardzo silny wiatr

Wiatr przekraczający prędkość 10 m/s występuje średnio 49 razy w ciągu roku. Największą intensywność tego zjawiska w latach 1991-2020 obserwowano w 1994 r. (75 dni), najmniejszą natomiast w roku 2003 i 2016 (27 dni). W wieloleciu zaznacza się słaby spadek liczba dni z wiatrem o takiej sile.

Bardzo silny wiatr, przekraczający prędkość 15 m/s, występuje średnio 5 raz w roku (rys. 145). Najwięcej dni z wiatrem o takiej sile zanotowano w roku 1993 (14 dni).

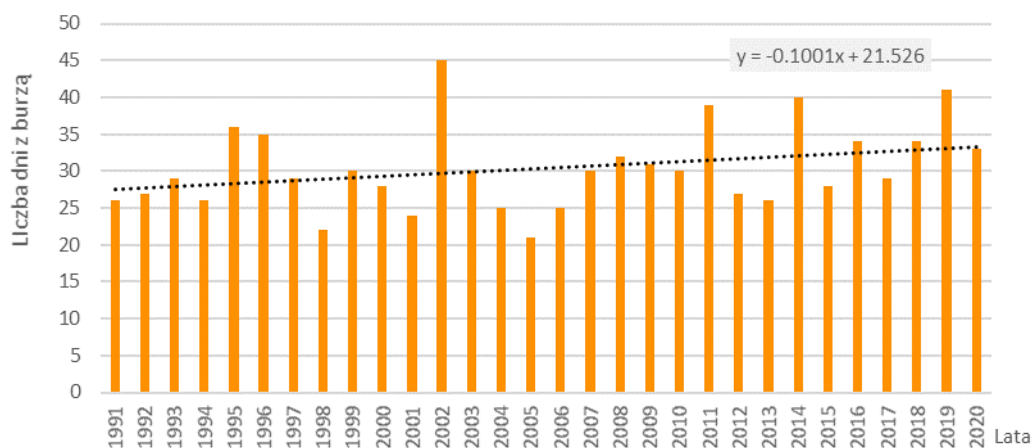


Rys. 145. Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1991-2020, Bielsko-Biała

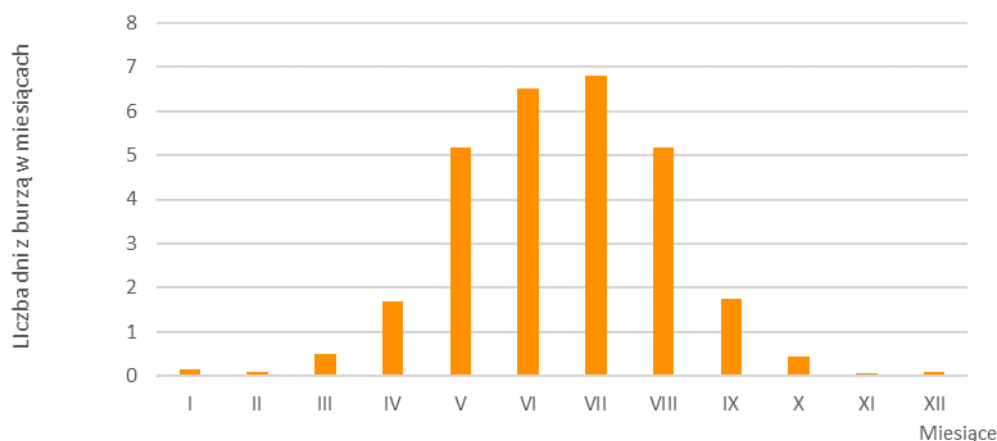
Burze

Średnia liczba dni z burzą w roku wynosi 30 dni w Subregionie południowym. W okresie 1991-2020 najwięcej burz, 45 zdarzeń, wystąpiło w 2002 r., natomiast najmniej zjawisk meteorologicznych o takim charakterze (21) było w 2005 r. (rys. 146). W wieloleciu zaznaczył się wzrost liczba dni z burzą, średnio o około 1 dzień w ciągu dekady (rys. 146).

W przebiegu rocznym najczęściej burz przypada na miesiące ciepłej pory roku. Najczęściej burze występują w lipcu, blisko 7 dni burzowych w miesiącu (rys. 147). W miesiącach chłodnych pojawiają się nieliczne burze.



Rys. 146. Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2021, Bielsko-Biała

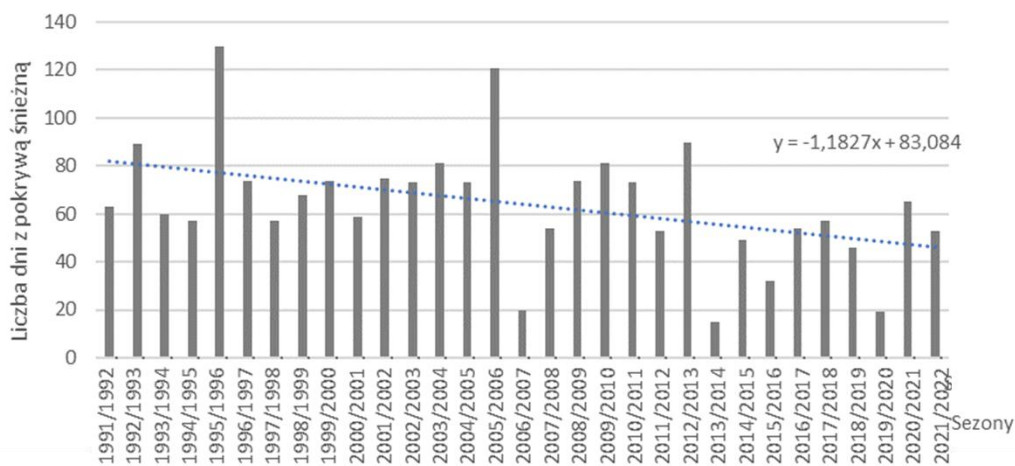


Rys. 147. Wieloletni przebieg miesięczny dni z burzą w latach 1991-2022, Bielsko-Biała

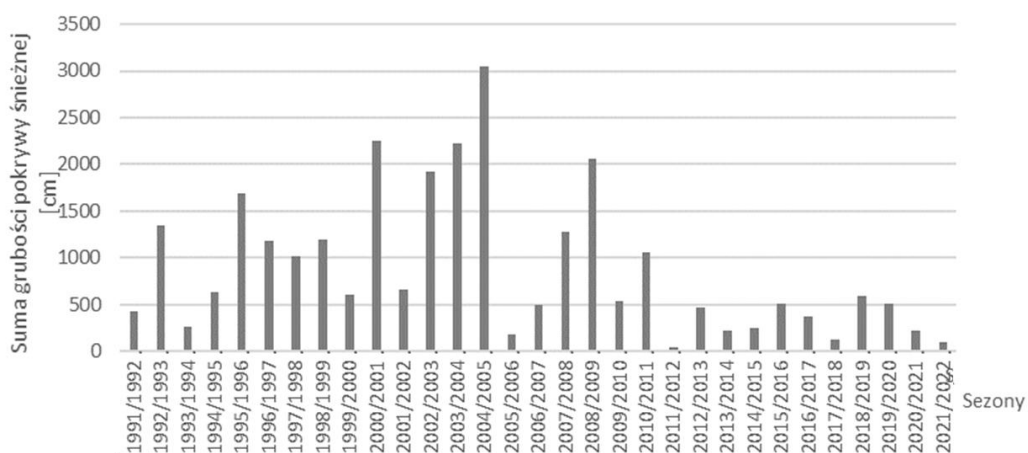
1.5.5 Pokrywa śnieżna i opady śniegu

Średnia wieloletnia liczba dni z pokrywą śnieżną w Subregionie południowym wynosi blisko 64 dni. Najdłużej pokrywa śnieżna utrzymywała się przez 130 dni w sezonie zimowym 1995/1996 (rys. 148). Najkrócej pokrywa śnieżna zalegała 15 dni w sezonie 2013/2014. W analizowanym okresie zaznaczyła się tendencja spadkowa długości zalegania pokrywy śnieżnej.

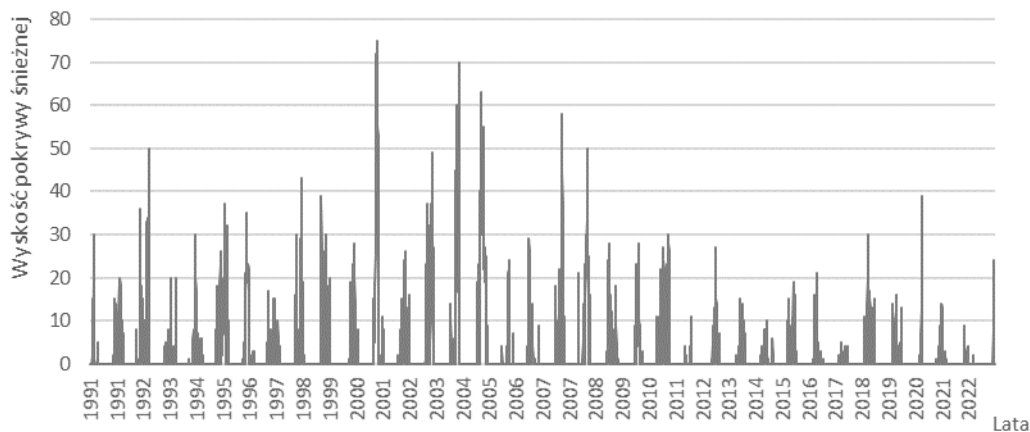
Pokrywa śnieżna występowała we wszystkich sezonach zimowy 1991/1992-2021/2022. Najwyższa suma grubości pokrywy śnieżnej wynosiła 3044 cm w sezonie zimowym 2004/2005 (rys. 149). Największą wysokość pokrywy śnieżnej odnotowano w styczniu 2001 r. – 75 cm (rys. 150). Sezon zimowy 2011/2012 charakteryzuje najmniejsza suma grubości pokrywy śnieżnej (50 cm).



Rys. 148. Liczba dni z pokrywą śnieżną, Bielsko-Biała



Rys. 149. Suma grubości pokrywy śnieżnej, Bielsko-Biała



Rys. 150. Maksymalne wysokości pokrywy, Bielsko-Biała

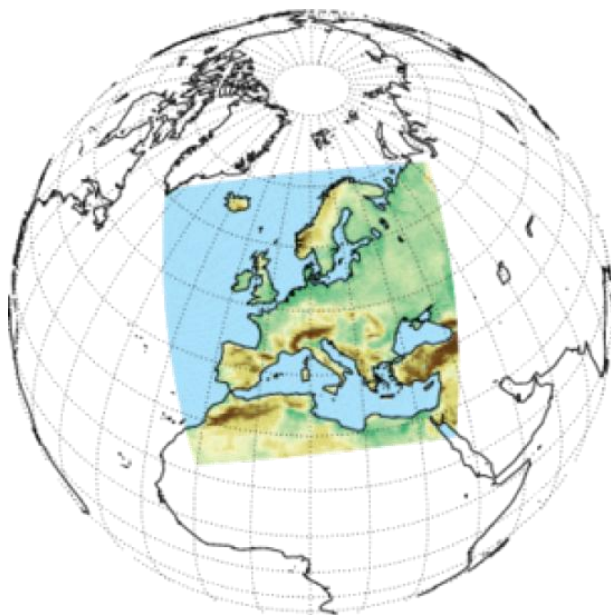
2 Prognozowane zmiany klimatu

2.1 Metodyka opracowania

Wyniki globalnych modeli klimatu (ang. *GCM – Global Climate Models*) ze względu na rozdzielczość nie są wystarczające na potrzeby planowania działań adaptacyjnych w poszczególnych krajach. Do tego celu stosowane są regionalne modele klimatu (ang. *RCM – Regional Climate Models*), wykorzystujące technikę dynamicznego skalowania dla zwiększenia rozdzielczości przestrzennej (ang. *dynamical downscaling*). Celem uzyskania lepszej reprezentacji cech lokalnych, wyniki prognoz regionalnych można poddać dalszemu procesowi skalowania statystycznego z wykorzystaniem dostępnych obserwacji.

Wyniki modeli globalnych będących podstawą opracowania Raportów Oceny IPCC stanowią informację referencyjną dla opracowań regionalnych scenariuszy zmian klimatu. Aktualne wyniki pochodzą ze zbioru Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Na bazie tych wyników powstały projekcje regionalne w ramach międzynarodowej inicjatywy CORDEX, której częścią dla obszaru Europy jest EuroCORDEX. W ramach EuroCORDEX dostępne są zbiory symulacji regionalnych modeli klimatycznych, w których wymuszenie zewnętrzne pochodzi ze zbioru CMIP5. Wyniki modeli z repozytorium EuroCORDEX stanowią dane wejściowe do badań nad regionalnymi oddziaływaniami zmian klimatu w różnych sektorach w większości krajów europejskich.

Wzorując się na licznych doświadczeniach europejskich, warunki przyszłego klimatu dla obszaru Polski opracowano w oparciu o symulacje klimatyczne udostępniane w ramach projektu EuroCORDEX. Wyniki EuroCORDEX dostępne są dla okresu 2006-2100. Wykorzystano dostępne symulacje regionalnych modeli klimatu dla obszaru obejmującego całą Europę, na siatce regularnej o rozdzielczości $0,11^\circ$, tj. ok. 12,5 km (rys. 151).

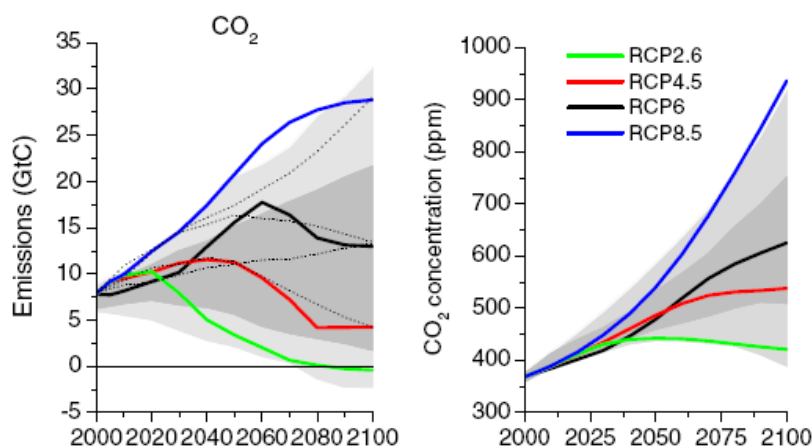


Rys. 151. Domena obliczeniowa EuroCORDEX (źródło: <https://euro-cordex.net/>)

Klimat zależy od wielu czynników globalnych, wśród których najistotniejszym jest ilość gazów cieplarnianych w atmosferze. Zgodnie z wynikami analiz Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu to gazy cieplarniane (głównie dwutlenek węgla) odpowiadają za obserwowany w wielu miejscach na

świecie wzrost temperatury. W ostatnim sześćdziesięcioleciu średnie stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wzrosło z 315 do ponad 415 milionowych części objętości (ppm) i rośnie o około 2 ppm/rok. Aby prognozować zmiany temperatury i innych parametrów klimatycznych, naukowcy starają się przewidzieć tempo zwiększania się zawartości dwutlenku węgla w atmosferze. W celu uchwycenia niepewności wynikających z możliwych alternatywnych ścieżek rozwoju gospodarczego i socjoekonomicznego, rozważane są różne, uzgodnione międzynarodowo, scenariusze, które co kilka lat podlegają uaktualnieniu.

Analizy zmian temperatury i opadu przeprowadzono dla dwóch scenariuszy emisyjnych opisanych akronimami RCP 4.5 oraz RCP 8.5 (rys. 152). Umiarkowany scenariusz RCP 4.5 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂ do 540 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego w wysokości 4,5 W/m², zaś scenariusz ekstrapolacyjny RCP 8.5 odpowiada wzrostowi stężeń CO₂ do 940 ppm i osiągnięciu wymuszenia radiacyjnego w wysokości 8,5 W/m².



Rys. 152. Różnice projekcji emisji CO₂ (lewy panel) i prognozowanych stężeń CO₂ (prawy panel) pomiędzy scenariuszami RCP. Obszar zacieniony odpowiada 98. i 90. percentylowi (jasny i ciemny szary) z literatury

Źródło: van Vuuren et al. (2011)

Wyniki modeli klimatu

Podstawowe parametry meteorologiczne pozwalające na określenie ekspozycji i wrażliwości na zmiany klimatu to:

- temperatura średniodobowa [°C],
- dobową temperaturę maksymalną [°C],
- dobową temperaturę minimalną [°C],
- dobową sumę opadu [mm/doba].

Z repozytorium EuroCORDEX pobrano wszystkie dostępne dla powyższych czterech parametrów realizacje. Dla każdego parametru dostępne było kilkanaście realizacji. Pojedyncza unikatowa realizacja jest jednoznacznie określona poprzez połączenie akronimu regionalnego modelu (RCM) wykorzystanego jako narzędzie obliczeniowe do downscalingu dynamicznego oraz akronimu globalnego modelu (GCM), którego wyniki zostały wykorzystane jako tzw. warunki brzegowe do symulacji.

Do obliczenia projekcji zmian klimatu zastosowano dodatkowo skalowanie statystyczne w oparciu o

historyczne dane bazujące na obserwacjach oraz podejście wiążkowe pozwalające na ocenę niepewności projekcji.

Historyczne dane meteorologiczne

Jako dane referencyjne, pozwalające na wykorzystanie technik statystycznych, wykorzystano pola temperatury i opadu uzgodnione przestrzennie do siatki regularnej, bazujące na obserwacjach naziemnych lub będące wynikiem reanaliz:

- IMGW – dane przygotowane na potrzeby pracy przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, to pomiary z sieci stacji meteorologicznych interpolowane do siatki regularnej wzorowanej na siatce EuroCORDEX, zagęszczonej dwukrotnie do rozdzielczości około 0,055°.
- E-OBS – dane w rozdzielczości dobowej obejmujące pole sumy opadu oraz pola temperatury minimalnej, średniej i maksymalnej dobowej w Europie z repozytorium ECA&D (European Climate Assessment & Dataset). Pełen zestaw danych obejmuje okres od 01.01.1950 i jest ciągle aktualizowany. Dane są udostępniane na regularnej siatce o rozdzielczości 0,25°.
- Reanaliza ERA5 – wytworzona w oparciu o metodę asymilacji danych 4DVar z CY41R2 systemu Integrated Forecast System (IFS) organizacji ECMWF. ERA5 zawiera dane globalne o rozdzielczości około 31 km.
- UERRA (ang. *Uncertainties in Ensembles of Regional ReAnalyses*) – nowa eksperymentalna reanaliza regionalna dla Europy, uwzględniająca podejście wiążkowe.

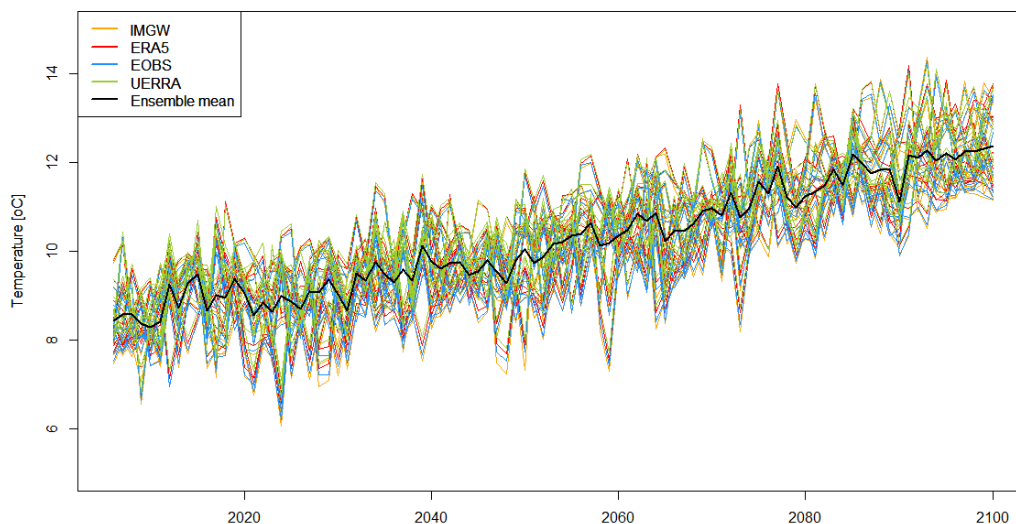
Statystyczne skalowanie projekcji klimatycznych (*downscaling*)

Na potrzeby zastosowania statystycznego skalowania historyczne pola zmiennych meteorologicznych zostały poddane interpolacji do siatki EuroCORDEX w domenie EUR-11.

Dla każdej realizacji pobranej z repozytorium EuroCORDEX wykonano statystyczne skalowanie (*downscaling*) z wykorzystaniem pakietu statystycznego R (funkcje z pakietu QMAP) względem bazujących na obserwacjach danych historycznych, dla okresu referencyjnego 2006-2018.

Na podstawie zależności, które zostały ustalone indywidualnie dla każdego modelu dla okresu referencyjnego, wykonano skalowanie obejmujące cały okres analiz – do roku 2100. W wyniku zastosowania statystycznego skalowania, dzięki wykorzystaniu metody mapowania kwantyli, uzyskano redukcję błędu średniego, poprawę rozrzutu wartości ekstremalnych oraz lepsze przybliżenie rozkładu gęstości prawdopodobieństwa.

Po wykonaniu statystycznego skalowania powstały niezależne wiązki bazujące na opisanych powyżej różnych zestawach danych obserwacyjnych. Rys. 153 przedstawia przykładowy przebieg temperatur średnich rocznych prognozowanych przez indywidualne regionalne modele klimatu po zastosowaniu procedury statystycznego skalowania z wykorzystaniem czterech różnych zestawów danych referencyjnych oraz scenariusz finalny, obliczony jako średnia wiązki, dla scenariusza RCP8.5. Finalna projekcja zmian została obliczona jako średnia arytmetyczna wszystkich indywidualnych realizacji tworzących wiązkę.



Rys. 153. Finalna projekcja temperatury średniej rocznej na podstawie scenariusza RCP 8.5.

Prognozowane zmiany temperatury i opadów

Na podstawie czterech podstawowych parametrów (temperatury średniodobowej, dobowej temperatury minimalnej, dobowej temperatury maksymalnej i dobowej sumy opadu) obliczony został zestaw indeksów klimatycznych pozwalających na ocenę zmiany narażenia w czterech subregionach województwa śląskiego na termiczne i opadowe warunki średnie i ekstremalne. Analiza została wykonana dla dwóch scenariuszy rozwoju: RPC 4.5 i RCP 8.5. Zmiany w warunkach przyszłego klimatu analizowano na podstawie wartości rocznych (do 2050 roku) oraz średniomiesięcznych w trzech horyzontach czasowych: dla roku 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2026-2035) oraz 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2046-2055). Dla warunków klimatu bieżącego przeprowadzono obliczenia dla roku 2010, traktowanego jako średnia z lat 2006-2015. Analiza wartości średniorocznych została wsparta dodatkowo o analizę trendów liniowych wyznaczonych jako liniowe funkcje regresji analizowanych zmiennych. Charakter rozwojowy danego wskaźnika opisano następującą funkcją liniową:

$$y = Slope \cdot x + Intercept,$$

gdzie:

Slope – współczynnik kierunkowy prostej regresji (tangens kąta nachylenia),

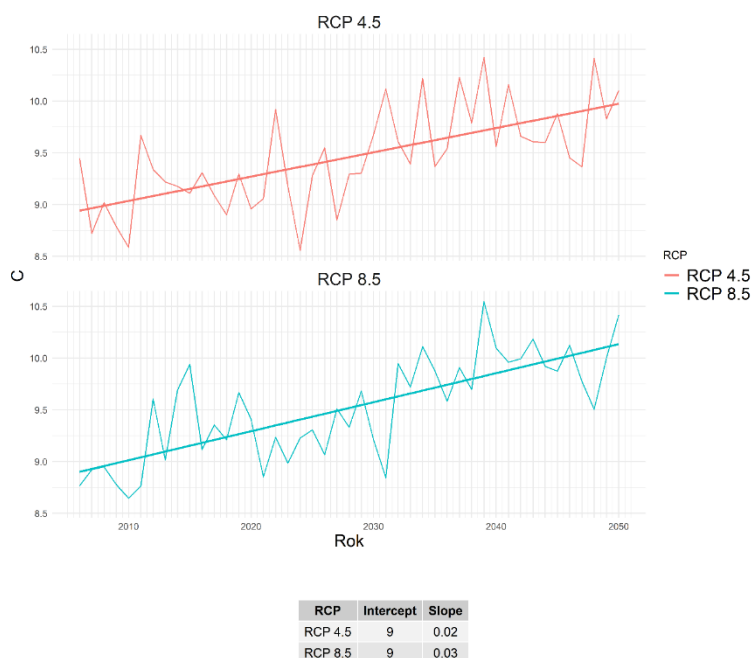
Intercept – wyraz wolny (wartość w punkcie przecięcia prostej regresji z osią y, dla $x = 0$).

Anomalie w ujęciu wartości średniomiesięcznych analizowanych parametrów wyznaczono jako różnice pomiędzy wartościami dla rozpatrywanych horyzontów czasowych: 2030 (jako średnia z lat 2026-2035) oraz 2050 (jako średnia z lat 2046-2055) względem klimatu bieżącego – 2010 (jako średnia z lat 2006-2015).

2.2 Subregion północny

2.2.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza



Rys. 154. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego

Z prognozy wynika, iż dla wartości temperatury średniej rocznej w obu scenariuszach występuje trend wzrostowy (rys. 154). Jak wskazują proste regresji, wzrost temperatur szybszy będzie w RCP 8.5. Ma on w scenariuszu ekstrapolacyjnym wynieść w ciągu analizowanego okresu około 1,3°C wobec 1,0°C w scenariuszu umiarkowanym.

HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C

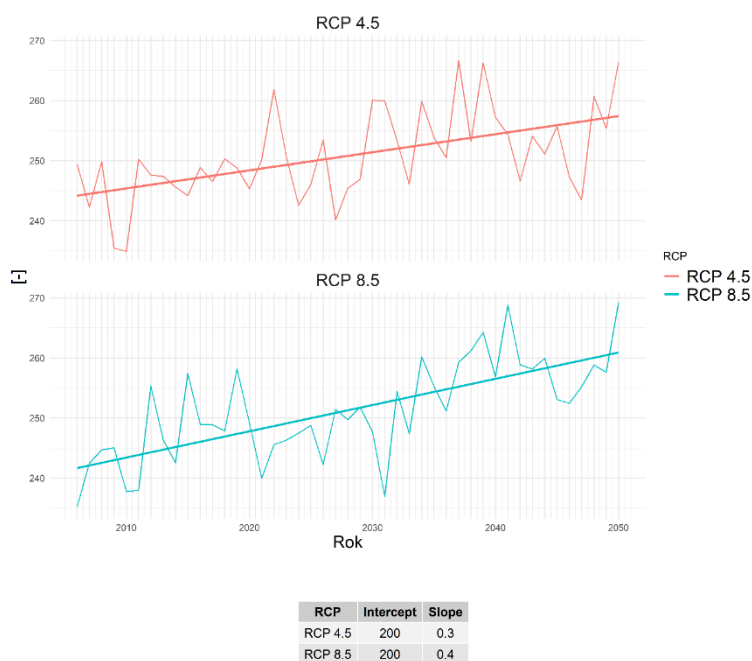
Prognoza stopniodni dla średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 18°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową, która silniejsza jest w scenariuszu ekstrapolacyjnym (rys.155). Do roku 2050 spadek HDD wynieść ma około 300 w RCP 4.5, w RCP 8.5 zaś około 380, co stanowi odpowiednio 9% i 11% wartości początkowej.



Rys. 155. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$)

Liczba dni wegetacyjnych, ze średniodobową temperaturą powietrza powyżej 5°C, wykazuje w perspektywie kolejnych dekad tendencję wzrostową (rys. 156). Ma ona być silniejsza w RCP 8.5. Do 2050 roku nastąpić ma wzrost o około 13 dni w scenariuszu umiarkowanym, w ekstrapolacyjnym, zaś o około 19. Stanowi to odpowiednio 5% i 8% wartości na początku analizy.

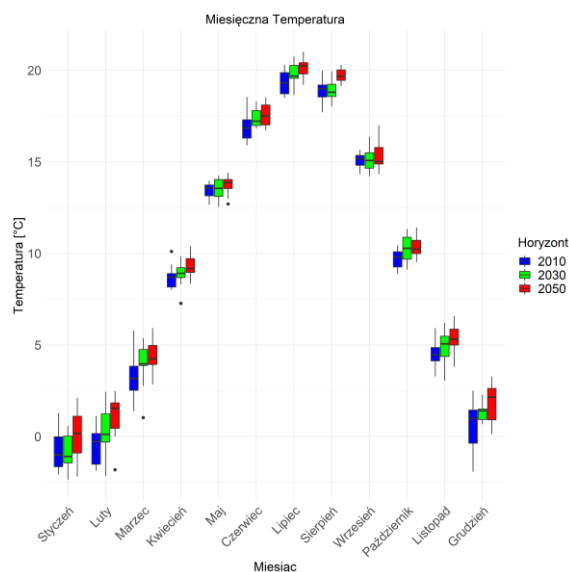


Rys. 156. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

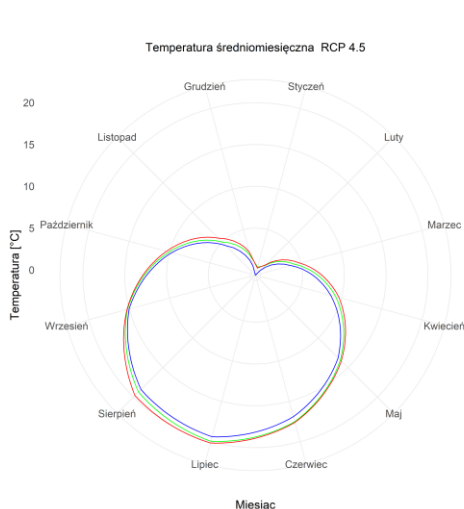
Temperatura średniomiesięczna

Temperatura średniomiesięczna RCP 4.5

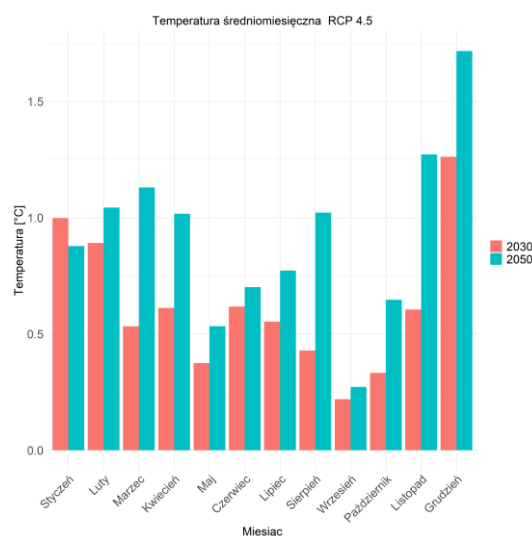
Na rysunkach od 157 do 159 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 157. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



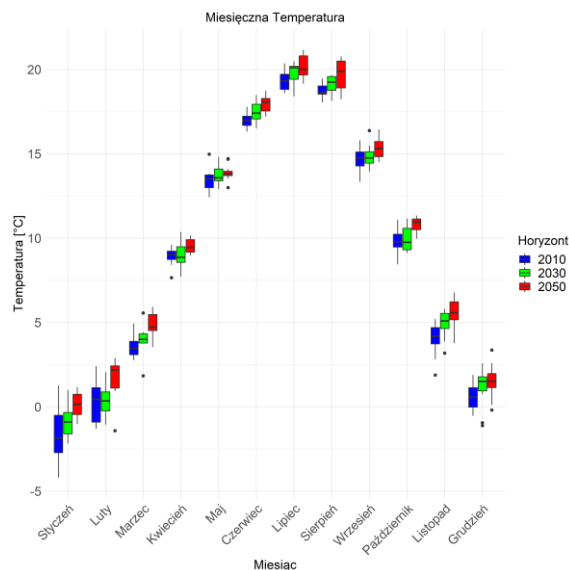
Rys. 158. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5



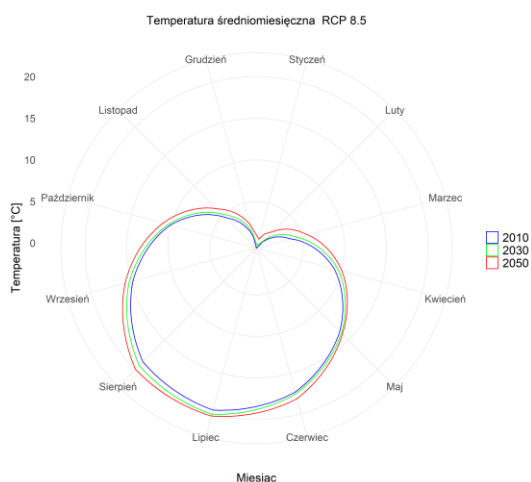
Rys. 159. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5

Temperatura średniomiesięczna RCP 8.5

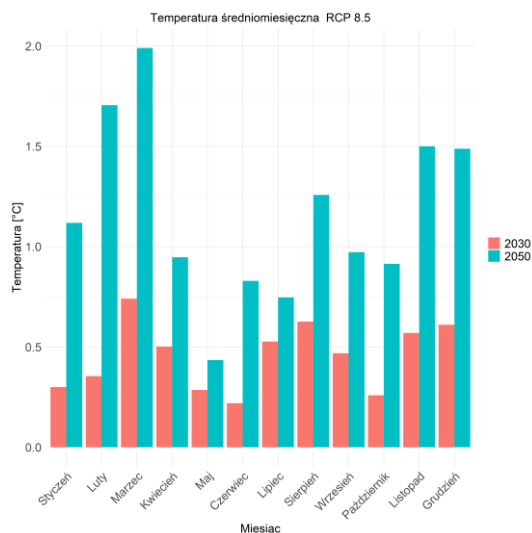
Na rysunkach od 160 do 162 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 160. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 161. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5



Rys. 162. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5

Z wykresów na rys. 158 i rys. 161 wynika, że w obu scenariuszach klimatycznych następowało będzie ocieplenie we wszystkich porach roku. Wielkości tych zmian lepiej widoczne są na diagramach na rys. 157 i rys. 160, z których odczytać można także zmienność temperatur średniomiesięcznych w kolejnych latach badanych dekad. Pudełka z wąsami obrazują wartości środkowe – mediany (pozioma linia wewnątrz pudełka), kwartyle dolne i górne (rozpiętość pudełka), percentyle 5. i 95. (zasięg wąsów) oraz ewentualne wartości odstające (kropki oddalone). Wynika z nich, że bardziej zmienne w regionie północnym województwa śląskiego są i będą zimy niż miesiące ciepłe, choć w RCP 8.5 w horyzoncie roku 2050 także lipiec i sierpień wykazują znaczne rozstępy międzykwartylowe. Oznacza to, że temperatury w zimie mogą bardziej różnić się w kolejnych latach.

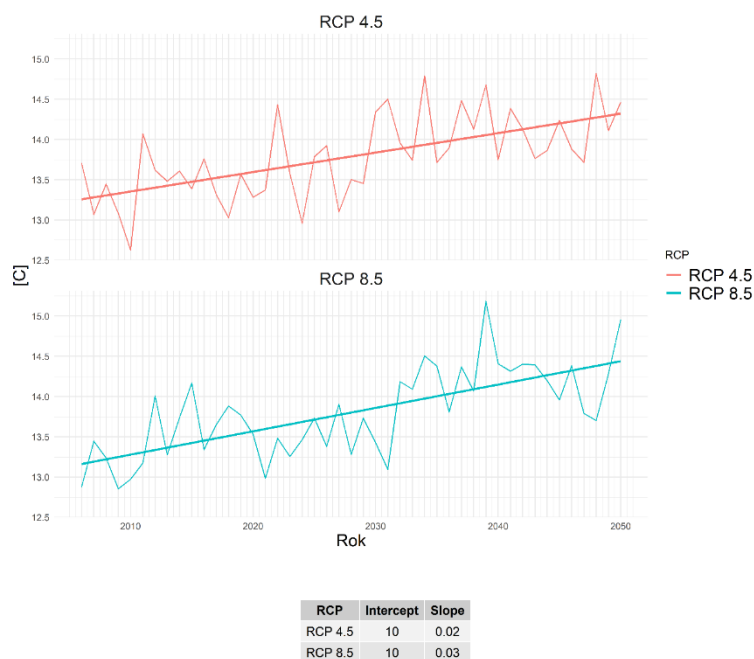
Same anomalie, czyli różnice między dekadami horyzontów 2030 i 2050 a dekadą bazową (2010),

w kolejnych miesiącach roku najlepiej widoczne są na diagramach słupkowych na rys. 159 i rys. 162. Wynika z nich, że większy wzrost temperatur następował będzie w miesiącach chłodnych niż ciepłych, co wiąże się ze złagodzeniem zim większym niż zaostrzenie lata. Różnice większe są w scenariuszu ekstrapolacyjnym, w którym widoczne jest ponadto, jak rozpędzają się one w ciągu analizowanego okresu. O ile w RCP 4.5 w większości miesięcy wzrost jest znacznie większy w ciągu pierwszych 20 lat niż kolejnych, o tyle w RCP 8.5 jest odwrotnie. W marcu, kiedy w horyzoncie 2050 roku nastąpić ma największe podwyższenie temperatury średniej aż o 2°C, wzrost w horyzoncie roku 2030 wynosi 0,75°C. Jeszcze większe różnice widoczne są w niektórych innych miesiącach; w lutym na drugą połowę analizowanego okresu przypada około 80% wzrostu temperatury średniomiesięcznej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost średnich temperatur w każdym miesiącu, a szczególnie w miesiącach zimowych.

Fale upałów

Średnia roczna temperatura maksymalna

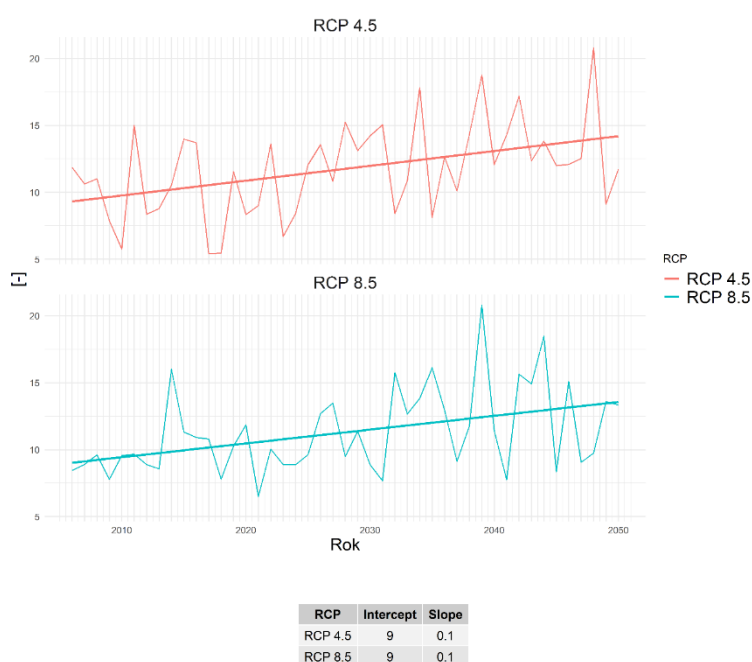


Rys. 163. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu północnego

Prognoza w obu scenariuszach klimatycznych wskazuje na wzrost dobowych temperatur maksymalnych w nadchodzących dekadach (rys. 163). Linie trendu wskazują, że w scenariuszu ekstrapolacyjnym ma on być nieco szybszy i wynieść w ciągu okresu analizy około 1,3°C wobec nieco ponad 1°C w scenariuszu umiarkowanym.

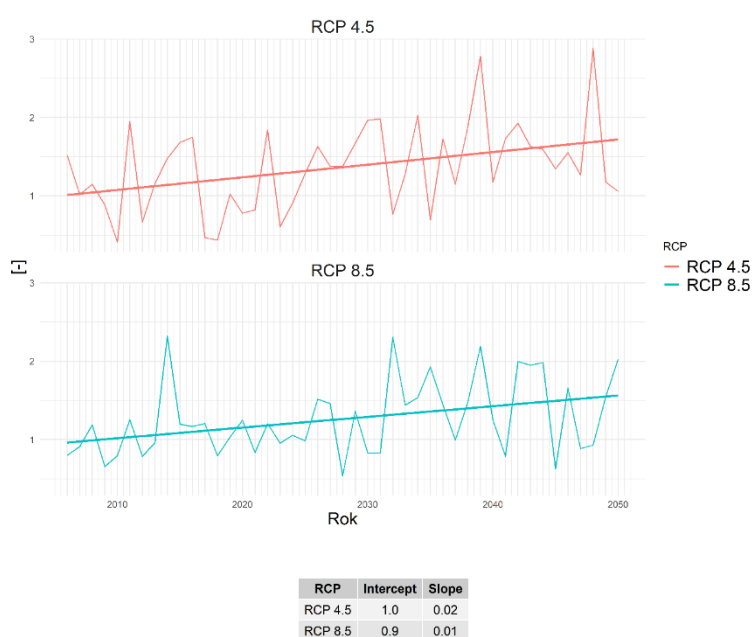
Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w roku

Liczba dni upalnych o temperaturze maksymalnej przekraczającej 30°C, mimo znacznych różnic między kolejnymi latami, wykazuje wyraźną tendencję wzrostową (rys. 164). W przypadku tego indeksu nie ma zauważalnych różnic pomiędzy scenariuszami klimatycznymi. Tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba dni upalnych w ciągu roku wzrosnąć ma zgodnie z prostą regresji o około 5, czyli o połowę w stosunku do wartości początkowej.



Rys. 164. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

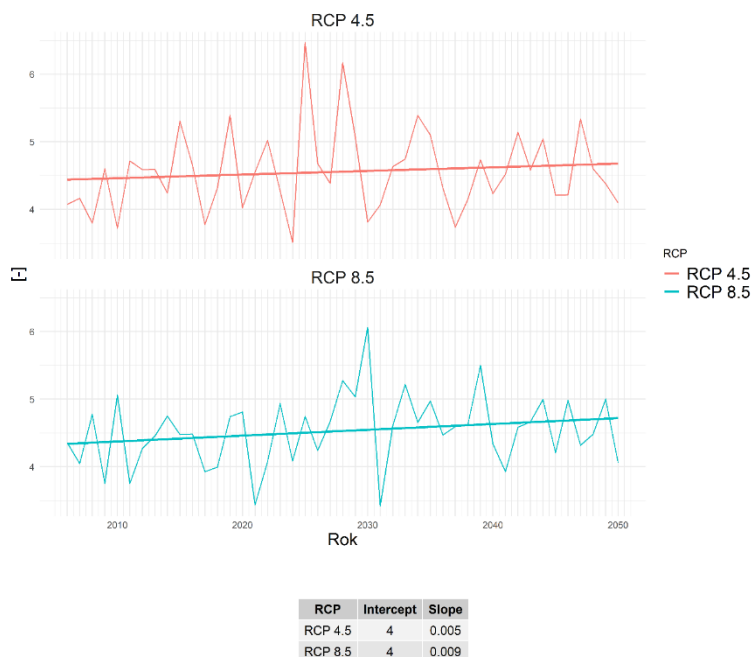


Rys. 165. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Zgodnie z prognozą w regionie północnym województwa śląskiego w klimacie bieżącym okres co najmniej trzech kolejnych dni z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C występuje przeciętnie raz w dekadzie. W obu scenariuszach widoczna jest tendencja do wzrostu liczby takich zdarzeń, który ma być nieco szybszy w scenariuszu umiarkowanym niż w ekstrapolacyjnym, wynosząc blisko 75% wobec nieco ponad 50% w ciągu okresu analizy (rys. 165). Ten stosunek między scenariuszami, stojący pozornie w sprzeczności z innymi indeksami temperaturowymi, może wiązać się z podatnością tego parametru na chwilowe spadki dobowych temperatur maksymalnych, ale także ogólnie jego niskimi wartościami bezwzględnymi, co wymaga ostrożności przy interpretacji wyników.

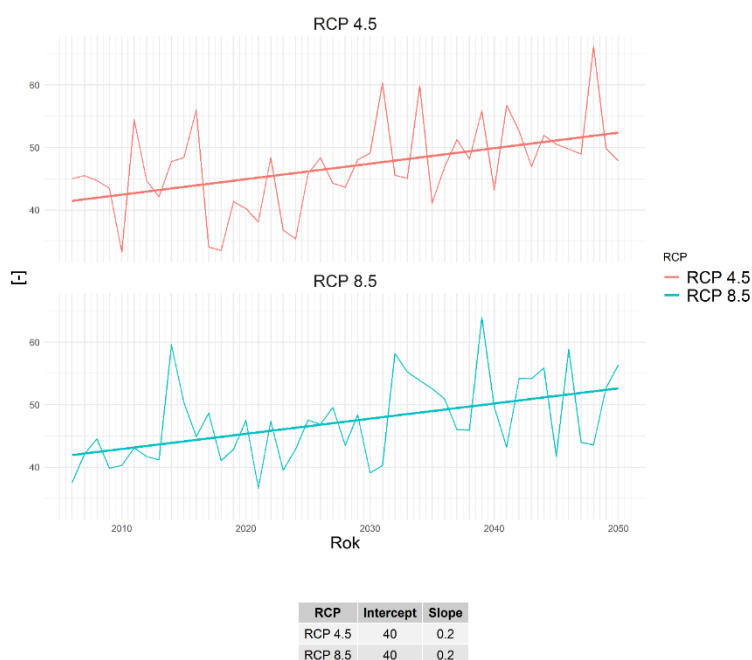
Średnia długość trwania fal upałów

Średnia długość fal upałów wykazuje w obu scenariuszach klimatycznych dużą zmienność między kolejnymi latami, co związane jest z bardzo niską częstotliwością występowania tych epizodów, przeciętnie raz na dziesięć lat. Linie trendu wskazują na tendencję wzrostową, która jest dwukrotnie większa w scenariuszu ekstrapolacyjnym niż w umiarkowanym, w obu jednak bardzo nieznaczna, tak że oczekiwana długość fali upałów pozostaje na poziomie 4 lub 5 dni (rys. 166).



Rys. 166. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) w roku

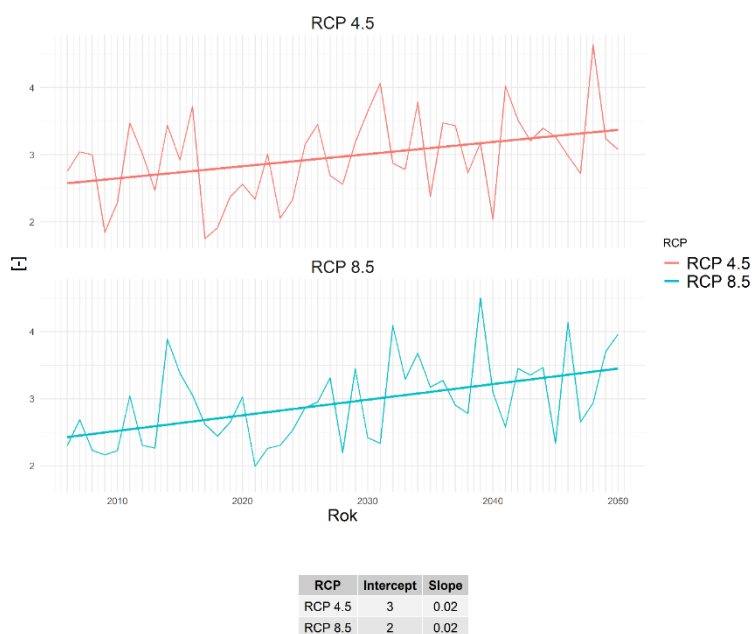


Rys. 167. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni gorących z maksymalną temperaturą powietrza przekraczającą 25°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję wzrostową o bardzo podobnej wartości (rys. 167). Jak wskazują proste

regresji, w ciągu analizowanego okresu tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 nastąpić ma wzrost o około 11 dni, co stanowi jedną czwartą wartości początkowej.

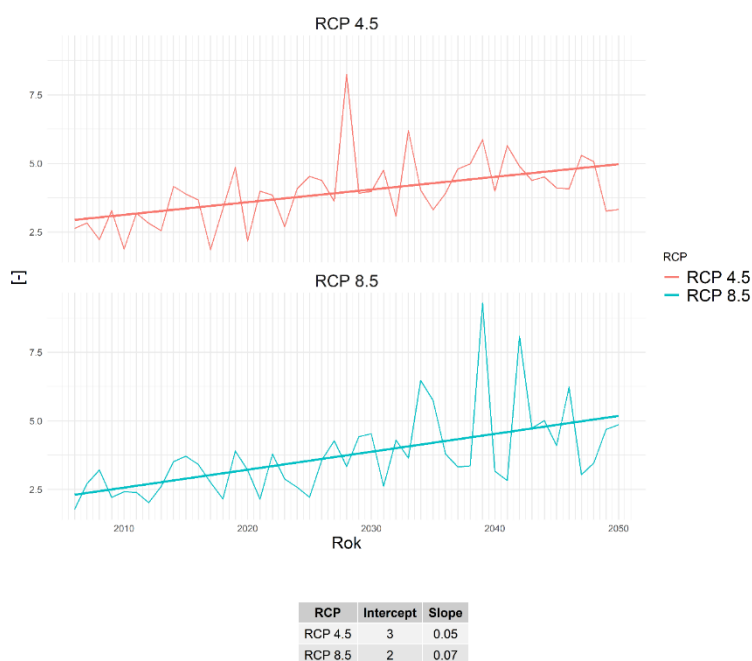
Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ w dekadzie



Rys. 168. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu północnego

W obu scenariuszach klimatycznych widoczna jest tendencja wzrostowa liczby okresów co najmniej pięciu następujących po sobie dni gorących z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C w ciągu dekady (rys. 168). Jak wskazują linie trendu, szybszy wzrost następuje w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Wynieść on ma w ciągu analizowanego okresu około 1,0, w scenariuszu umiarkowanym zaś około 0,7 w stosunku do wartości około 2,5 w klimacie bieżącym.

Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

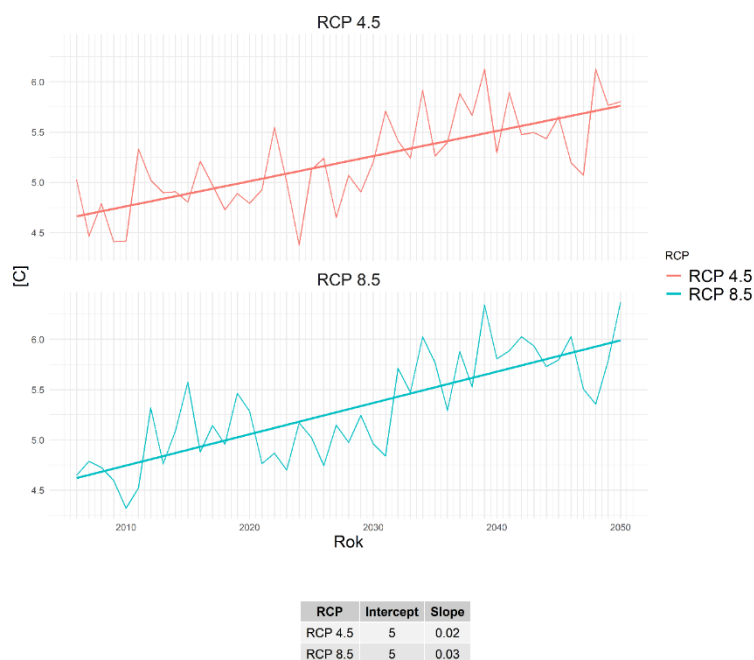


Rys. 169. Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Prognoza wskazuje, że liczba nocy tropikalnych z temperaturą minimalną powyżej 20°C będzie rosła (rys. 169). Dotyczy to obu scenariuszy klimatycznych, choć linie trendu wskazują, że wzrost będzie nieco szybszy w RCP 8.5. Podczas gdy w RCP 4.5 liczba takich przypadków wzrosnąć ma w ciągu analizowanego okresu z około 3 w ciągu dekady do 5, w scenariuszu ekstrapolacyjnym wzrost jest ponad dwukrotny.

Fale chłodu

Średnia roczna temperatura minimalna

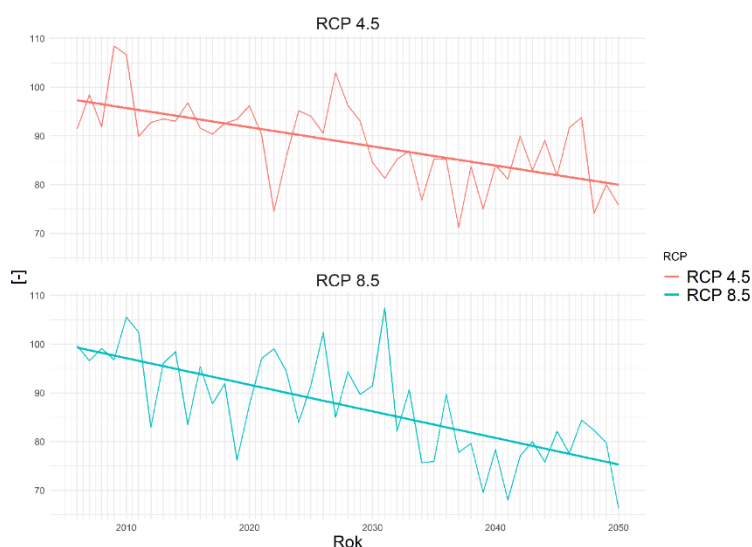


Rys. 170. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu północnego

Średnia roczna temperatura minimalna wykazuje w analizowanym okresie w obu scenariuszach wyraźną tendencję wzrostową (rys. 170). Jak wskazują proste regresji, jest ona nieco większa w RCP 8.5. Średnia roczna temperatura minimalna ma zgodnie ze scenariuszem ekstrapolacyjnym wzrosnąć o około 1,3°C wobec 1,1°C w scenariuszu umiarkowanym.

Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku

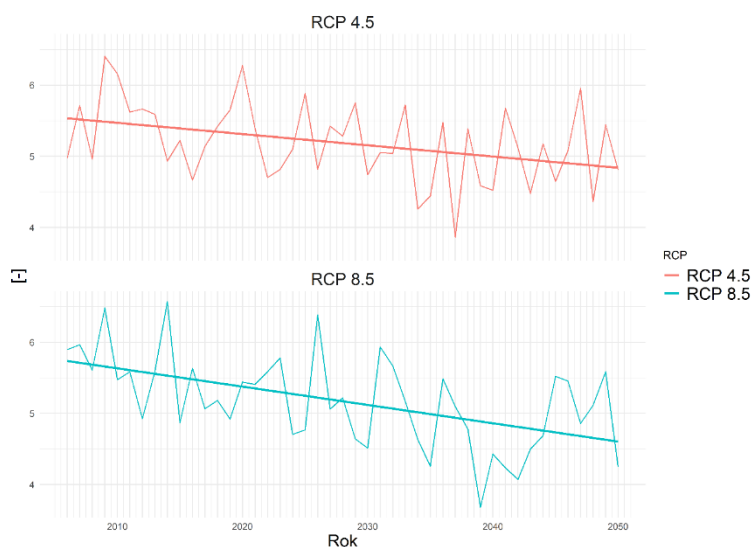
W analizowanym okresie w obu scenariuszach prognozowany jest wyraźny spadek liczby dni przymrozkowych (rys. 171). Jak wynika z linii trendu, ma on być szybszy w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Z początkowej wartości około 100 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C zgodnie z RCP8.5 na końcu analizowanego okresu pozostać ma 75, co oznacza ubytek o 25%. W RCP4.5 ma on wynieść około 15 dni.



RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	100	-0.4
RCP 8.5	100	-0.5

Rys. 171. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

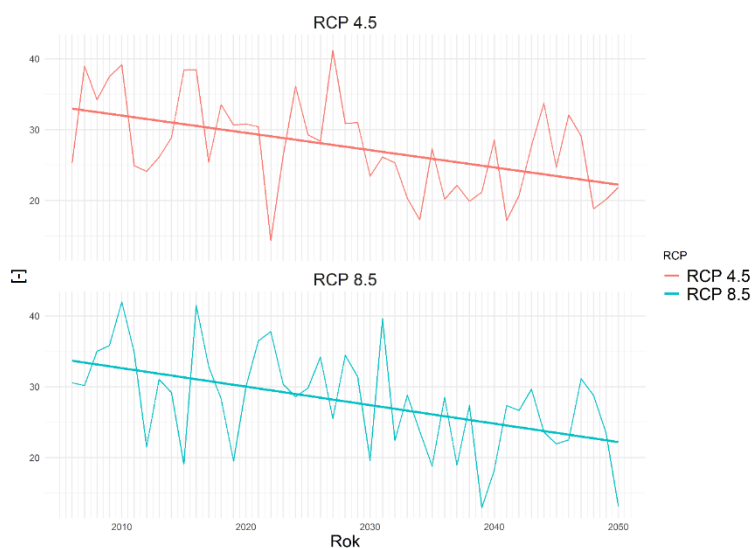


RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	6	-0.02
RCP 8.5	6	-0.03

Rys. 172. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba okresów przymrozkowych, definiowanych jako ciąg co najmniej 5 dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C , dla obu scenariuszy wykazuje w analizowanym okresie tendencję spadkową (rys. 172). Jak wskazują linie trendu, szybszy spadek nastąpić ma w RCP 8.5. Wyniesie on w ciągu analizowanego okresu około 1,1 w skali dekady wobec około 0,7 w RCP 4.5, co stanowi odpowiednio około 20% i 13%.

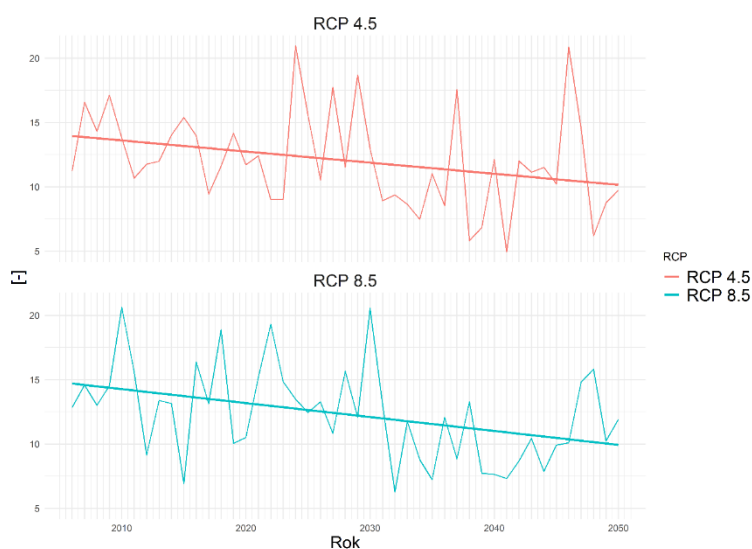
Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 173. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C , w obu scenariuszach wykazuje w analizowanym okresie wyraźną tendencję spadkową (rys. 173). W przypadku tego indeksu nie ma widocznych różnic pomiędzy oboma scenariuszami klimatycznymi. Tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 liczba dni mroźnych w roku spada z początkowej wartości około 33 do około 22 na końcu okresu analizy. Stanowi to ubytek o jedną trzecią.

Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w roku

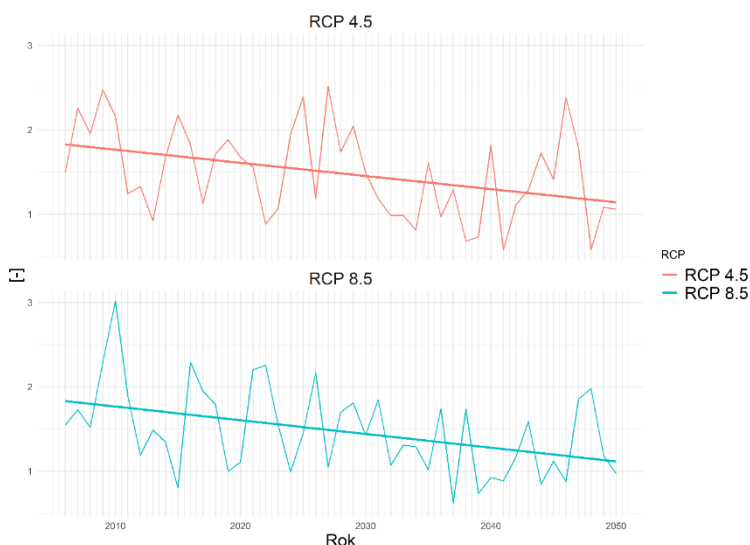


Rys. 174. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni bardzo mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 174). Proste regresji w obu scenariuszach są do siebie zbliżone, choć nieznacznie szybszy spadek następuje jednak w RCP 8.5. Ma on w ciągu

analizowanego okresu wynieść w tym scenariuszu około 5 dni, co stanowi jedną trzecią początkowej wartości 15 dni w roku. W RCP 4.5 liczba dni bardzo mroźnych zmniejszyć ma się o około 4 w roku.

Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

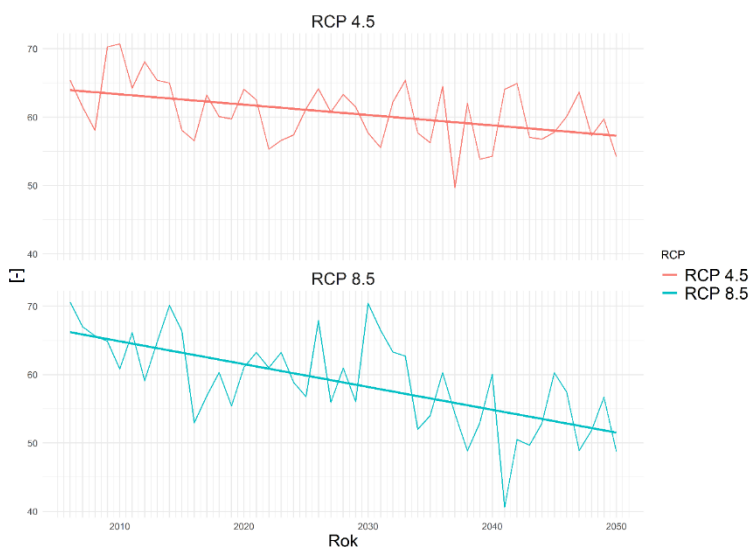


RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	2	-0.02
RCP 8.5	2	-0.02

Rys. 175. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego

Liczba fal chłodu, definiowana jako liczba okresów długości co najmniej trzech dni z dobową temperaturą minimalną niższą niż -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 175). Linie trendu w RCP 4.5 i RCP 8.5 są do siebie w przypadku tego indeksu bardzo zbliżone. Z początkowej wartości nieco niższej niż 2 przypadki w ciągu dekady ubyć ma około jednej trzeciej.

Liczba dni z przejściem przez 0°C w roku



RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	60	-0.2
RCP 8.5	70	-0.3

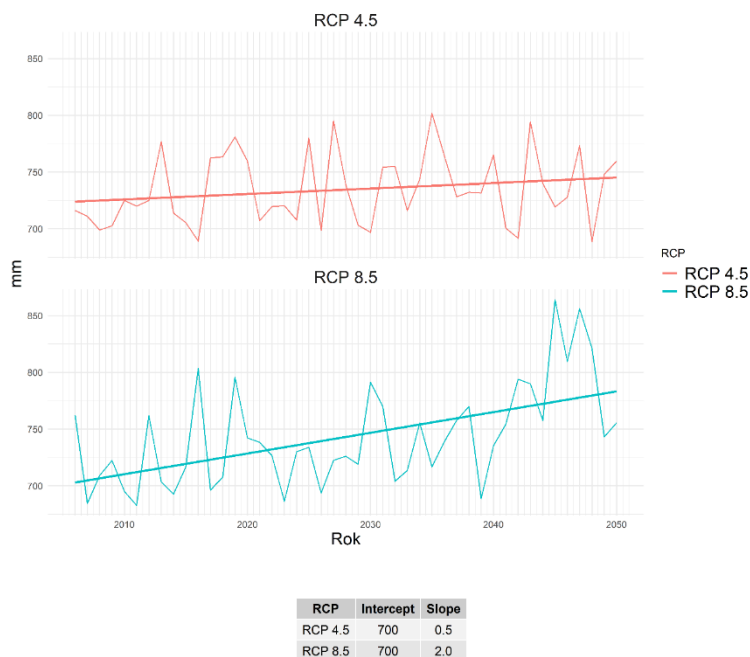
Rys. 176. Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z przejściem przez 0°C , w których temperatura dobową minimalną jest niższa od 0°C ,

maksymalna zaś wyższa od tej wartości, wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową (rys. 176). Ma ona być wyraźnie silniejsza w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Jak wskazują proste regresji, w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba takich dni zmniejszy się o około 14, w RCP 4.5 zaś o około 7, co stanowi odpowiednio około 21% i około 11% wartości początkowej.

2.2.2 Warunki opadowe

Roczna suma opadu

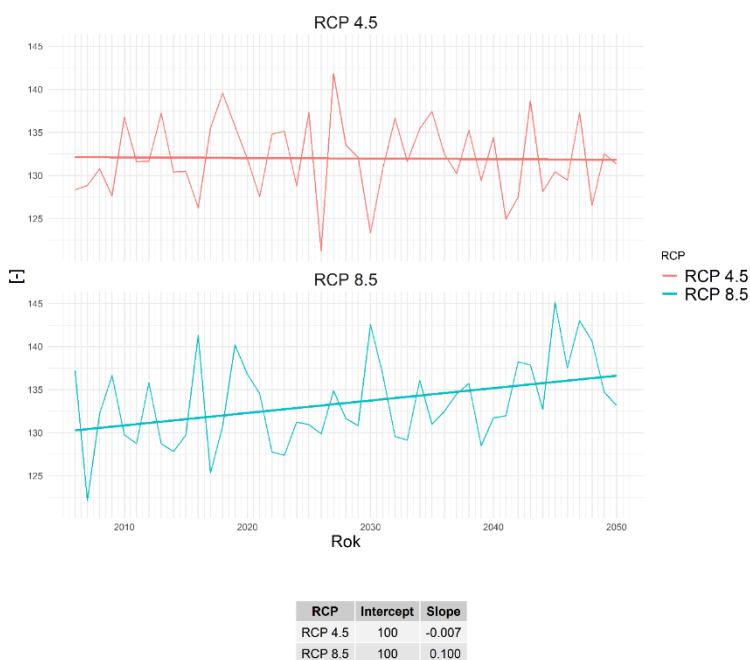


Rys. 177. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu północnego

Roczna suma opadu dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 177). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanej sumy opadu będzie się zmieniał od 688,6 mm do 801,7 mm, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 682,7 do 864,1 mm.

Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm

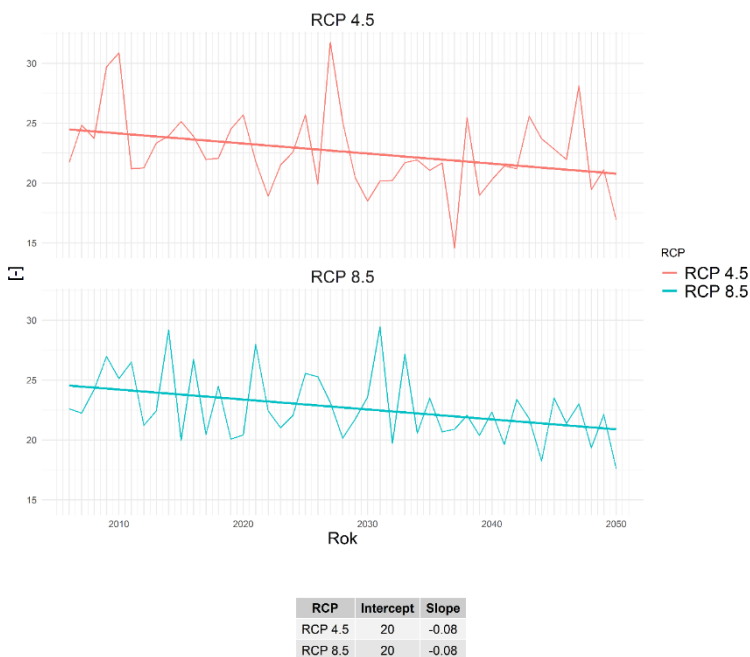
Liczba dni z opadem, definiowana jako liczba dni, w których prognozowany jest opad wyższy od 1 mm, dla subregionu północnego wykazuje trend wzrostowy w scenariuszu RCP 8.5, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 widoczny jest trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta) – rys. 178. Wzrost w scenariuszu RCP 8.5 jest bardziej dynamiczny niż w scenariuszu RCP 4.5. W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 prognozowana jest zmienność od 121,3 do 141,8 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 122,1 do 145,1 dni.



Rys. 178. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C dla subregionu północnego w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 179). W scenariuszu RCP 8.5 prognozowany jest bardziej dynamiczny spadek niż w scenariuszu RCP 4.5. W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 wartość tego wskaźnika waha się od 14,6 do 31,8 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 17,6 do 29,4 dni.



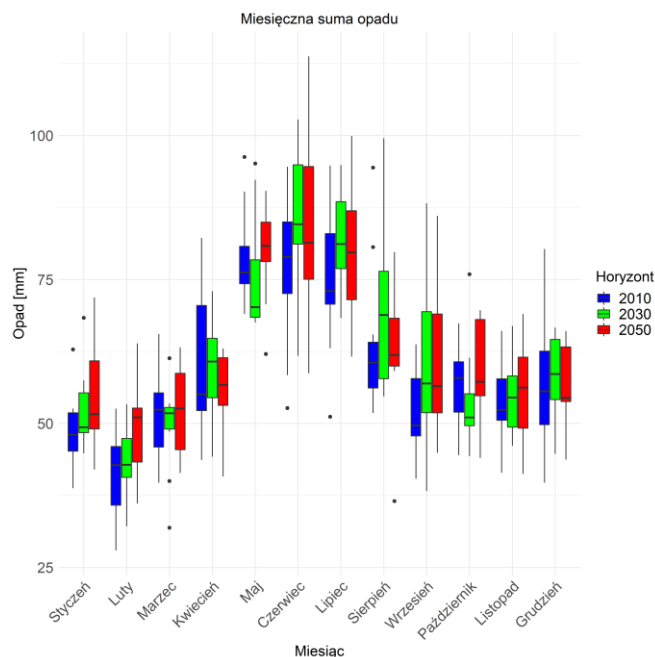
Rys. 179. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C, uśredniona dla subregionu północnego

Miesięczna suma opadu

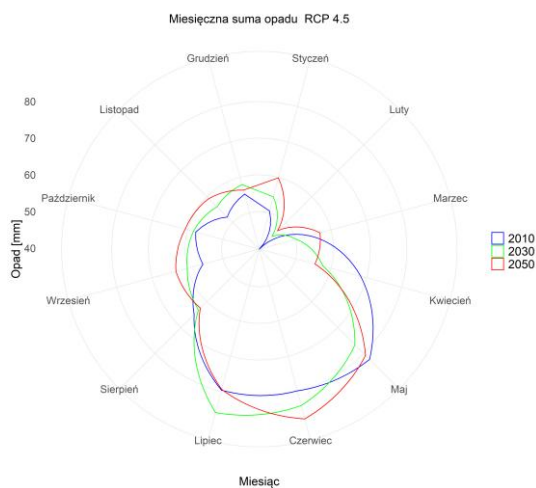
Na rysunkach od 180 do 182 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów

czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.

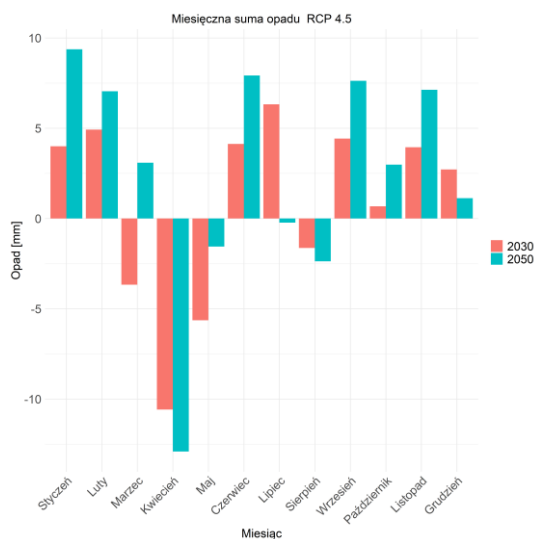
Miesięczna suma opadu RCP 4.5



Rys. 180. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



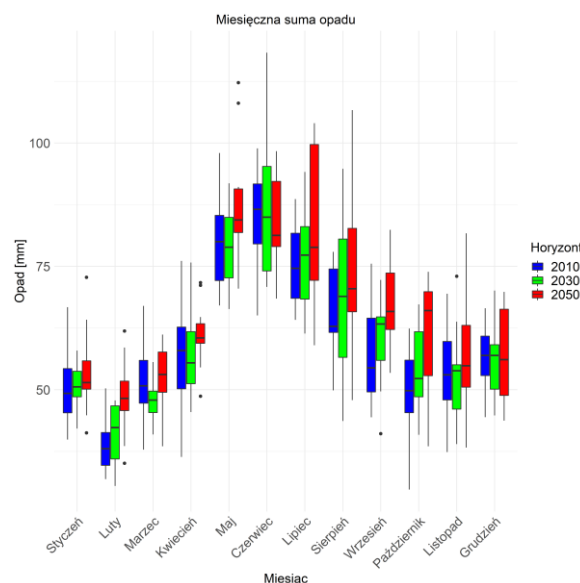
Rys. 181. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



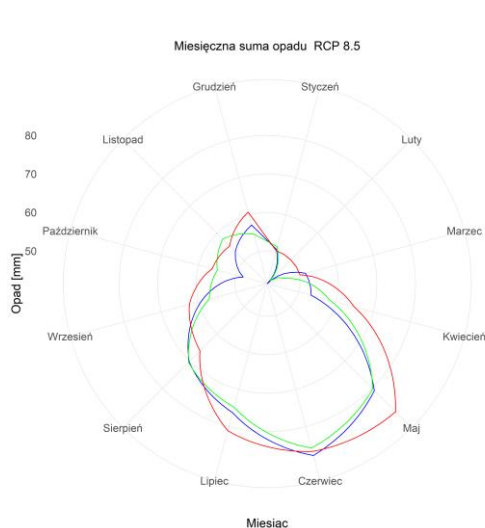
Rys. 182. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5

Miesięczna suma opadu RCP 8.5

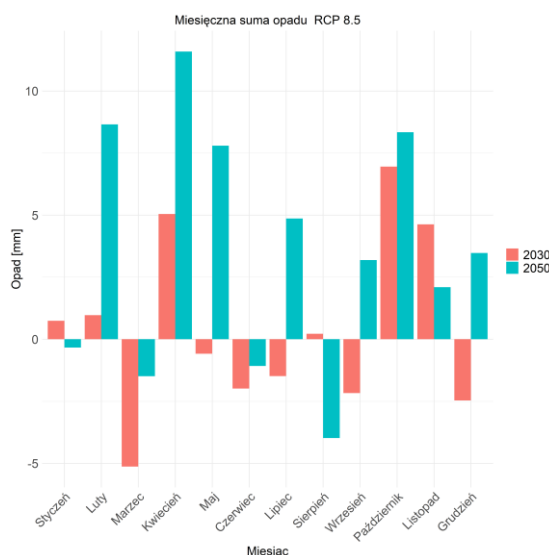
Na rysunkach od 183 do 185 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 183. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 184. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5



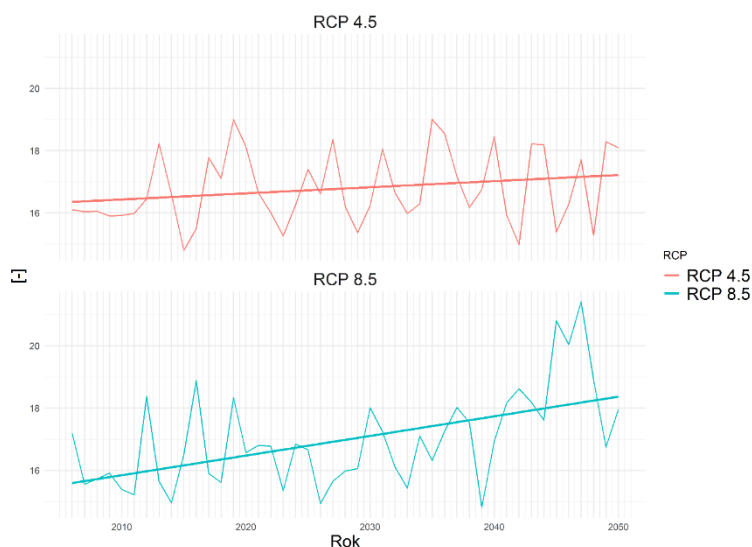
Rys. 185. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza średniej miesięcznej sumy opadu zmienia się w zależności od pory roku. Prawie we wszystkich miesiącach w obu scenariuszach dane charakteryzuje tendencja wzrostów (poziome linie na diagramach pudełkowych – mediany, wykresy nr 180 oraz 183). Wyjątek stanowi miesiąc kwiecień w scenariuszu RCP 4.5. W scenariuszu RCP 8.5 w miesiącach: styczniu, marcu, kwietniu, maju, listopadzie i grudniu w horyzoncie do 2030 roku prognozowany jest spadek względem roku 2010, a następnie, w horyzoncie 2050, wzrost, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 takie zmiany wystąpiły w marcu, maju i październiku. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla czerwca, sierpnia i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla lipca i października w scenariuszu RCP 8.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost sum opadów w prawie każdym miesiącu.

Opad ekstremalny

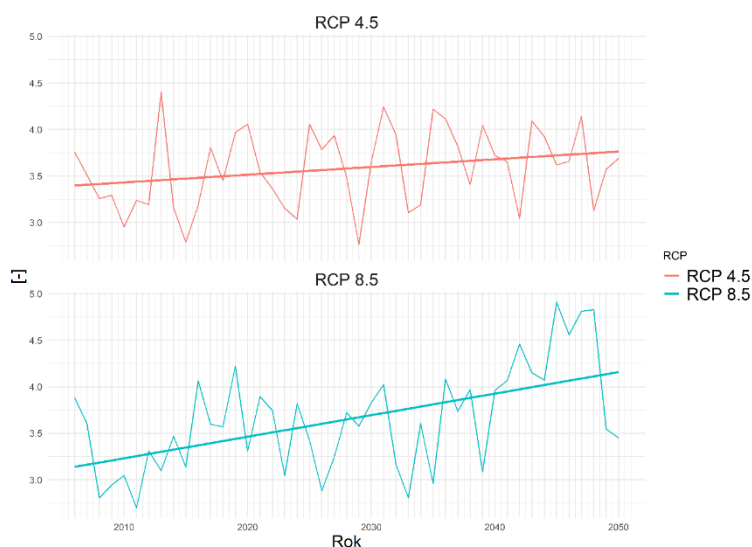
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm w dekadzie

Liczba dni z opadem powyżej 10 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 186). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 14,8 do 19, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 14,8 do 21,4 dni.



Rys. 186. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu północnego

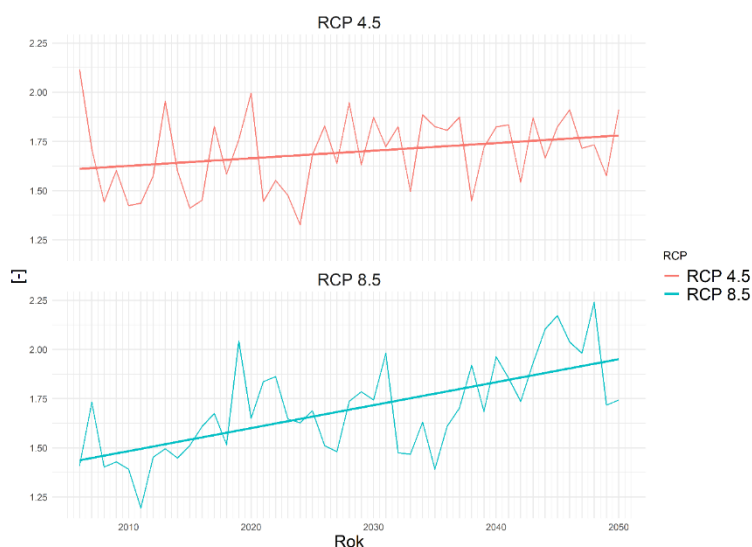
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm w dekadzie



Rys. 187. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z opadem powyżej 20 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 187). W scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 2,7 do 4,4, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 2,7 do 4,9 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm w dekadzie



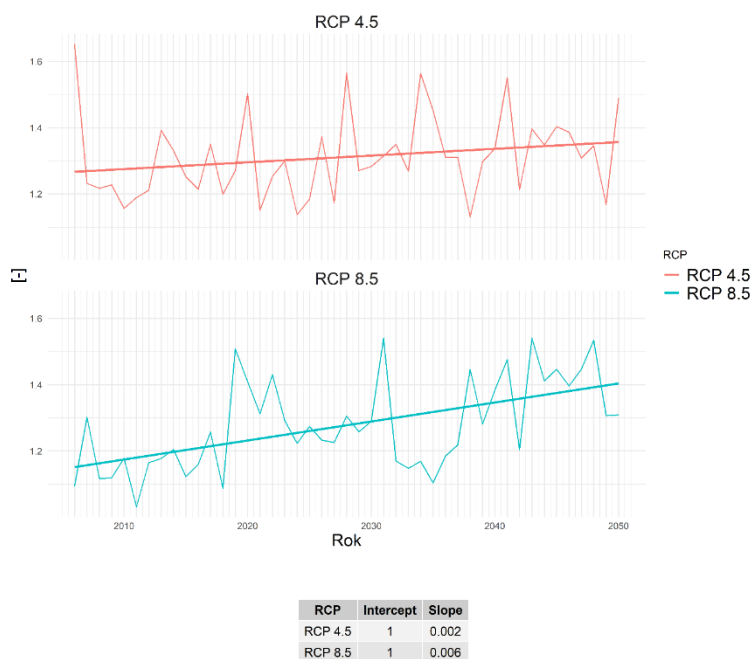
Rys. 188. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu północnego

RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	2	0.004
RCP 8.5	1	0.010

Liczba dni z opadem powyżej 30 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 188). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1,3 do 2,1 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1,2 do 2,24 dni.

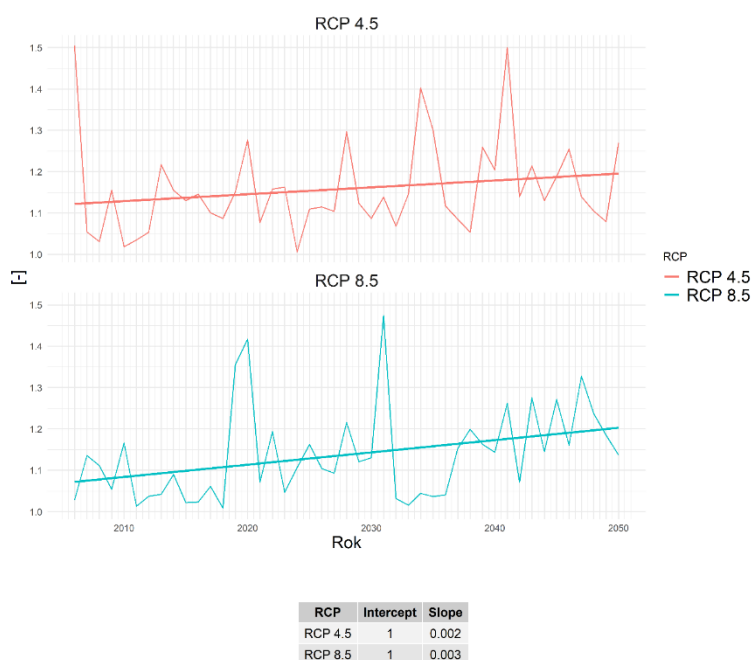
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm w dekadzie

Liczba dni z opadem powyżej 40 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 189). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w obu scenariuszach zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,65 dni.



Rys. 189. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu północnego

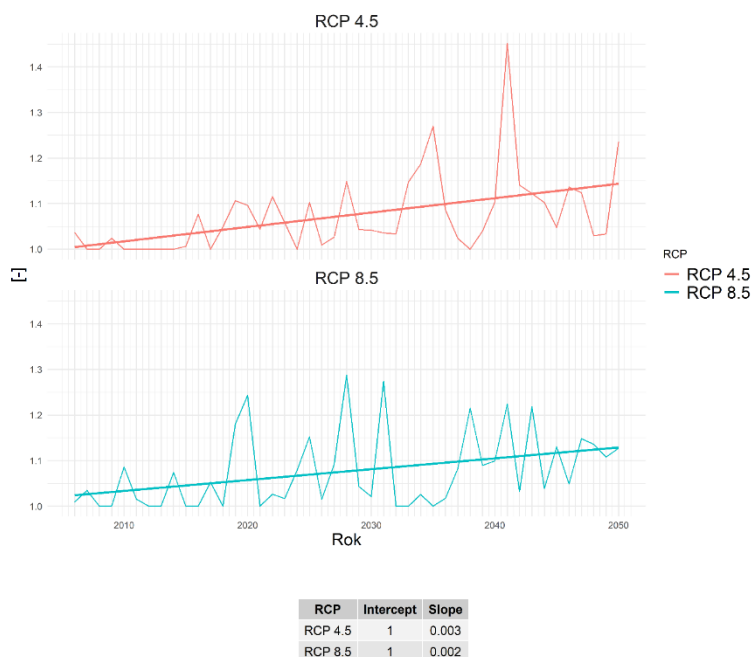
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm w dekadzie



Rys. 190. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z opadem powyżej 50 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 190). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w obu scenariuszach, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,5 dni.

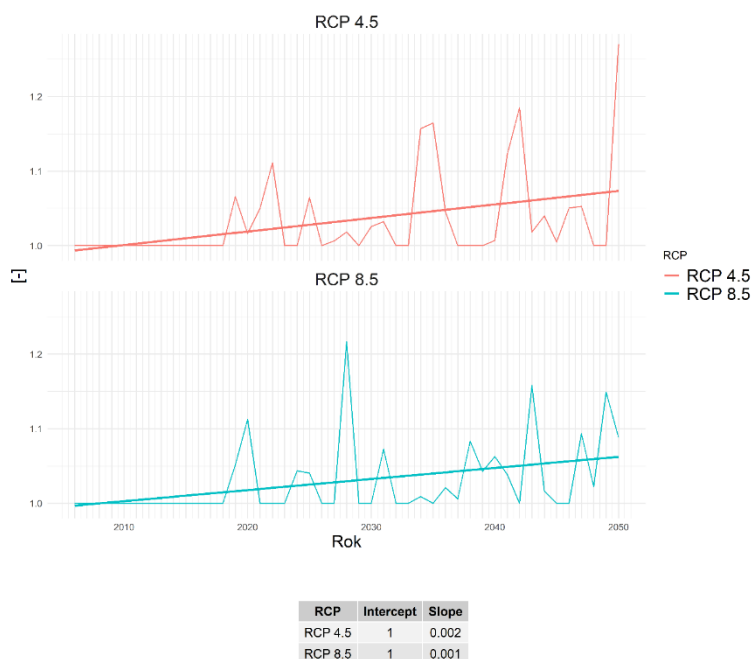
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm w dekadzie



Rys. 191. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z opadem powyżej 60 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje podobną tendencję wzrostową (rys. 191). W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,45 dni w scenariuszu RCP 4.5 oraz od 1 do 1,28 dni w scenariuszu RCP 8.5. Należy nadmienić, iż prognozowana częstotliwość występowania liczby dni z opadem powyżej 60 mm jest mniejsza niż innych wskaźników analizowanych w niniejszym raporcie, taki opad pojawia się raz na kilka lat.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm w dekadzie



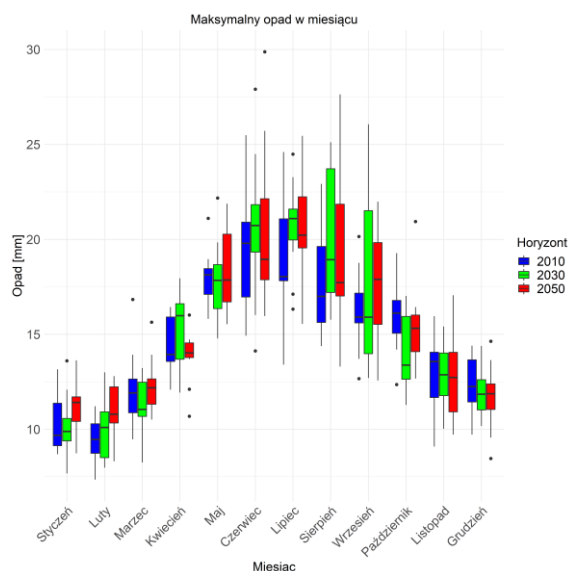
Rys. 192. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba dni z opadem powyżej 70 mm dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje podobną tendencję wzrostową (rys. 192). W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, w obu scenariuszach liczba dni z opadem powyżej 70 mm

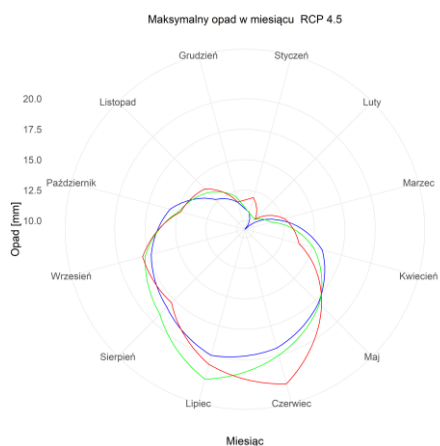
nie przekroczy wartości 1,3 dnia. Należy nadmienić, iż prognozowana częstotliwość występowania liczby dni z opadem powyżej 70 mm jest mniejsza niż innych wskaźników analizowanych w niniejszym raporcie, taki opad pojawia się raz na kilka lat.

Maksymalny opad dobowy w miesiącu

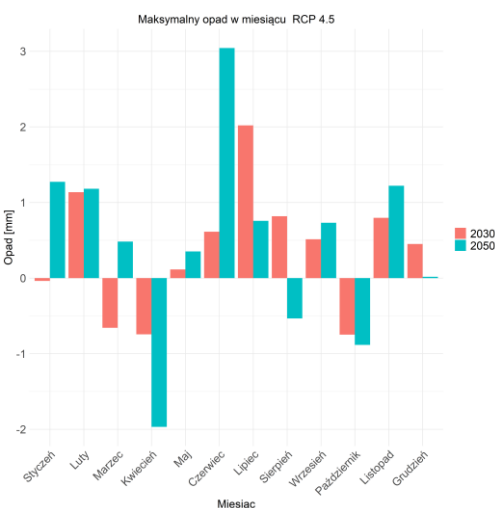
Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 4.5



Rys. 193. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



Rys. 194. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



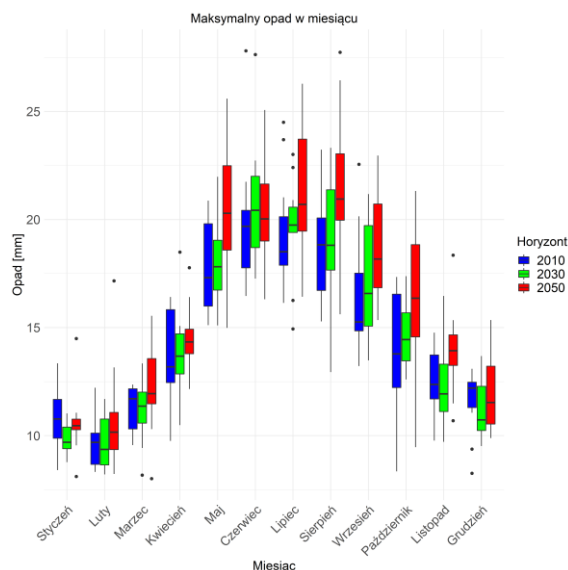
Rys. 195. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5

Na rysunkach od 193 do 195 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.

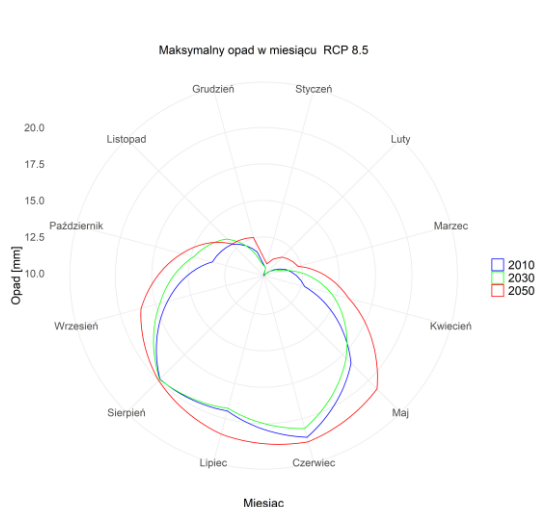
Maksymalny opad dobowy w miesiącu

Na rysunkach od 196 do 188 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.

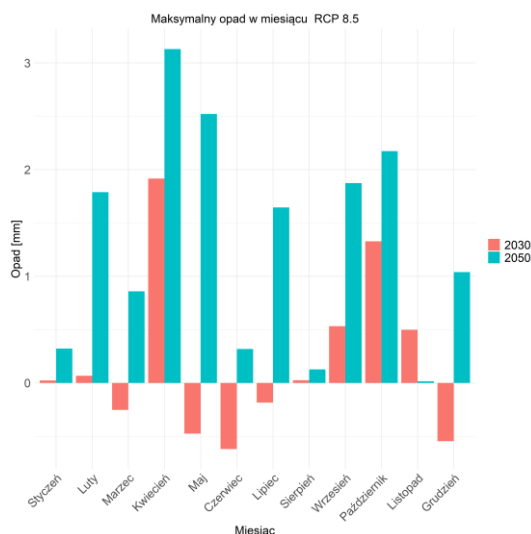
Prognozę maksymalnego opadu dobowego w miesiącu charakteryzuje wysoka zmienność w analizowanych dekadach, o czym świadczy wielkość diagramów pudełkowych prezentowanych na wykresach nr 193 i 196. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla sierpnia i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla września i października w scenariuszu RCP 8.5 (wykresy 195 oraz 198). Spadek wartości wskaźnika prognozuje się dla kwietnia i grudnia w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla stycznia i kwietnia w scenariuszu RCP 8.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost maksymalnego opadu dobowego prawie w każdym miesiącu.



Rys. 196. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 197. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu

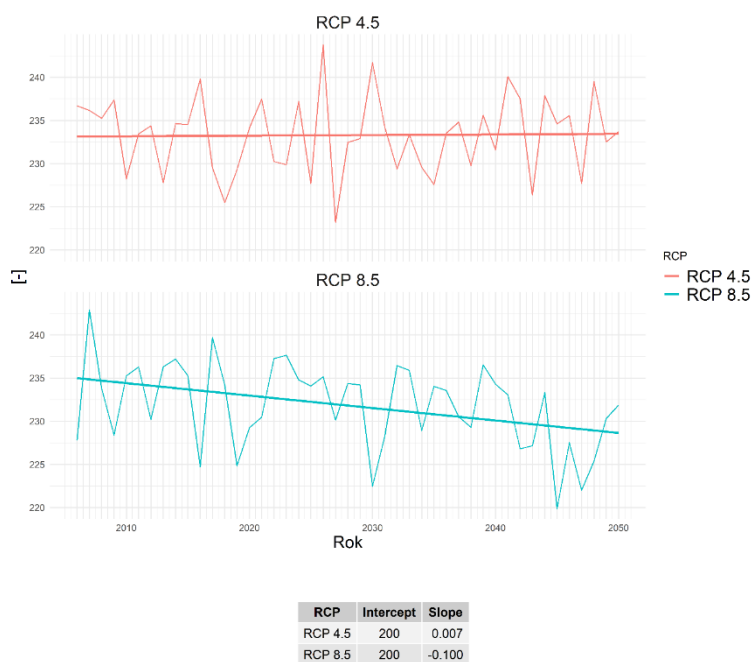


Rys. 198. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5

północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i
 2050; scenariusz RCP 8.5

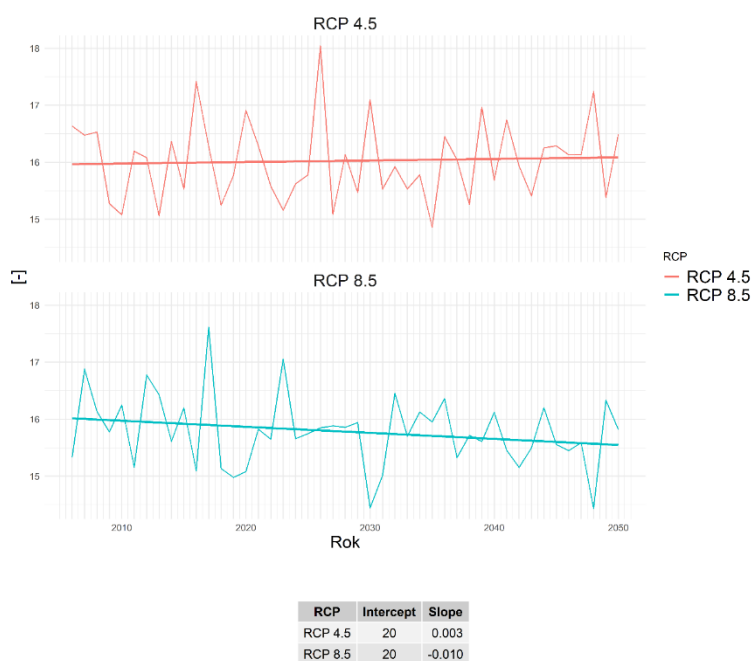
2.2.3 Wskaźniki suszy

Liczba dni bez opadu



Rys. 199. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni w dekadzie

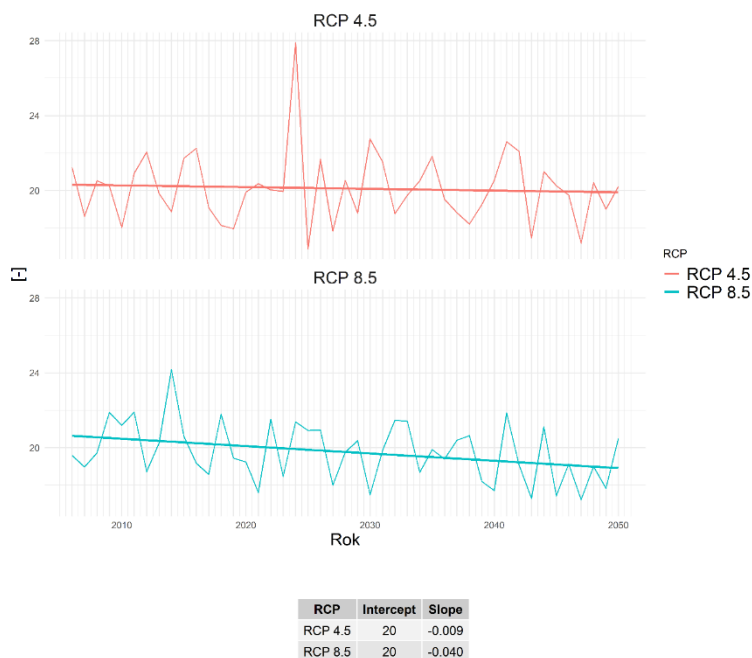


Rys. 200. Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu północnego

Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni dla subregionu północnego w zależności od scenariusza emisyjnego charakteryzuje się inną tendencją rozwojową (rys. 200). W scenariuszu

RCP 4.5 prognozowany jest trend minimalnie rosnący, a scenariuszu RCP 8.5 – malejący. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 14,85 do 18 dni, w RCP 8.5 natomiast od 14,4 do 17,6 dni.

Najdłuższy okres bez opadu



Rys. 201. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu północnego

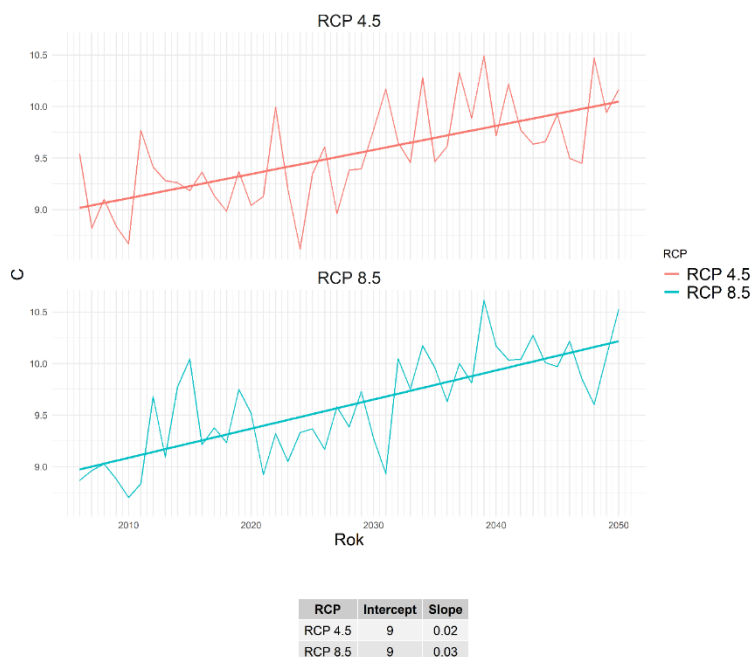
Długość najdłuższego okresu bez opadu dla subregionu północnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję spadkową. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 16,87 do 27,88 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 17,2 do 24,17 dni.

2.3 Subregion centralny

2.3.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza

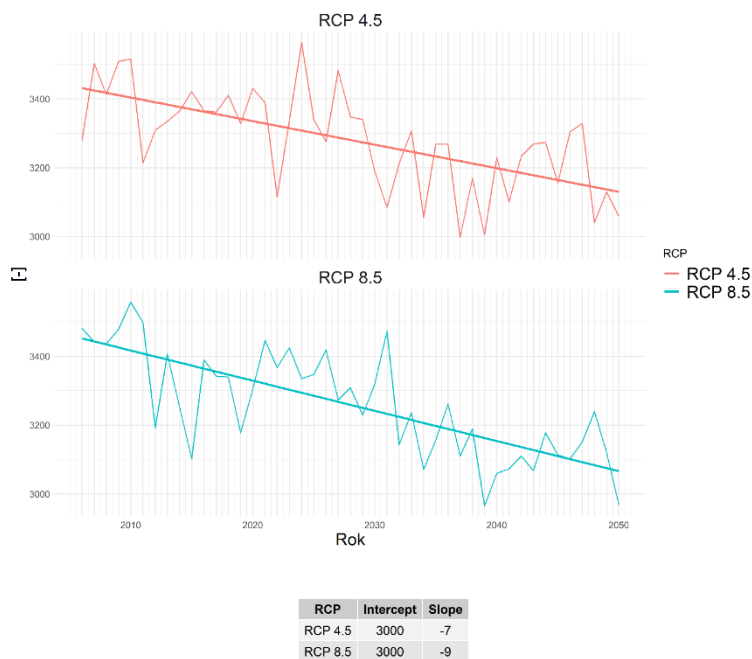
Z prognozy wynika, iż dla wartości temperatury średniej rocznej w obu scenariuszach występuje trend wzrostowy. Jak wskazują proste regresji, wzrost temperatur szybszy będzie w RCP 8.5. Ma on w scenariuszu ekstrapolacyjnym wynieść w ciągu analizowanego okresu około 1,25°C wobec 1,0°C w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 202. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego

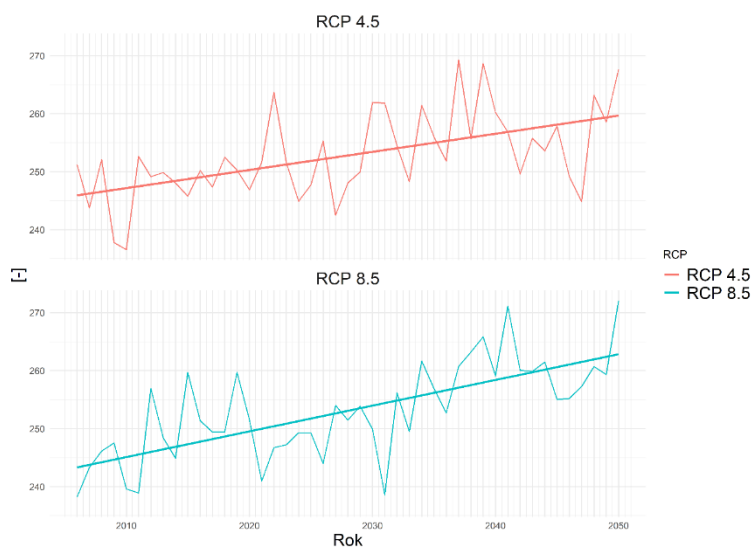
HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C

Prognoza stopniodni dla średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 18°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową, która silniejsza jest w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Do roku 2050 spadek HDD wynieść ma około 300 w RCP 4.5, w RCP 8.5 zaś około 380, co stanowi odpowiednio 9% i 11% wartości początkowej.



Rys. 203. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$)



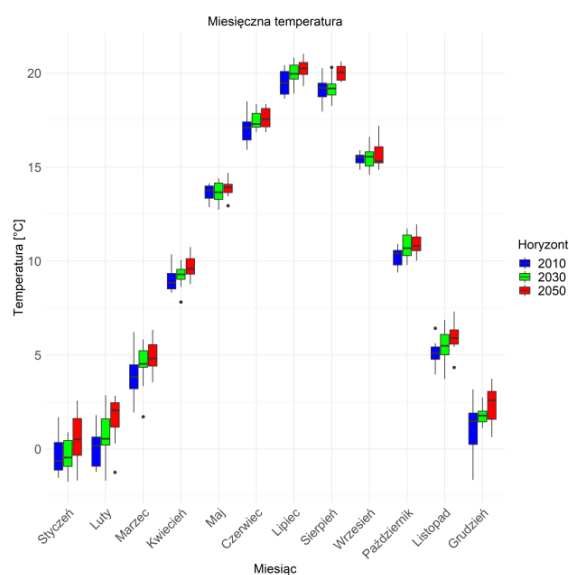
Rys. 204. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni wegetacyjnych, ze średniodobową temperaturą powietrza powyżej 5°C , wykazuje w perspektywie kolejnych dekad tendencję wzrostową. Ma ona być silniejsza w RCP 8.5. Do 2050 roku nastąpić ma wzrost o około 14 dni w scenariuszu umiarkowanym, w ekstrapolacyjnym zaś o około 20. Stanowi to odpowiednio 6% i 8% wartości na początku analizy.

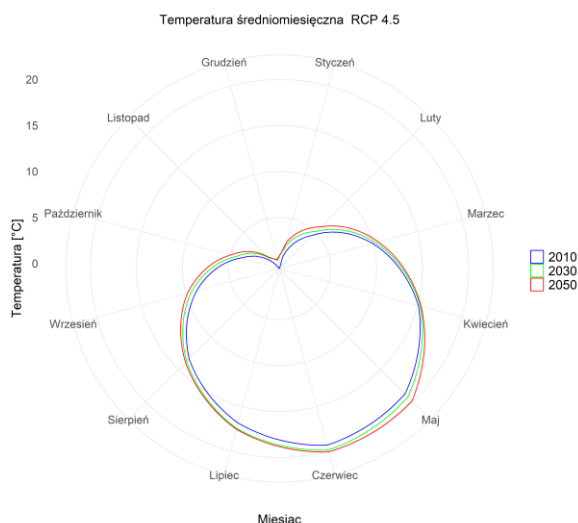
Temperatura średniomiesięczna

Temperatura średniomiesięczna RCP 4.5

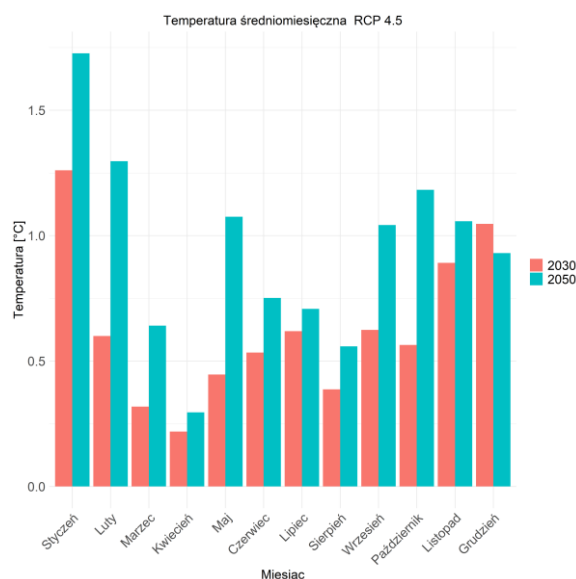
Na rysunkach od 205 do 207 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 205. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



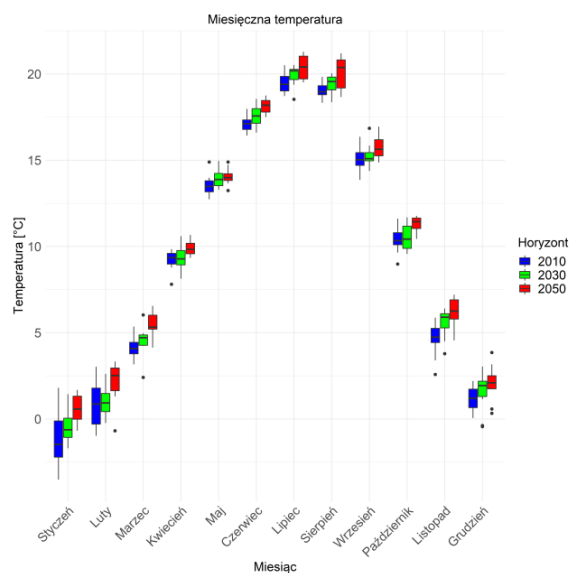
Rys. 206. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5



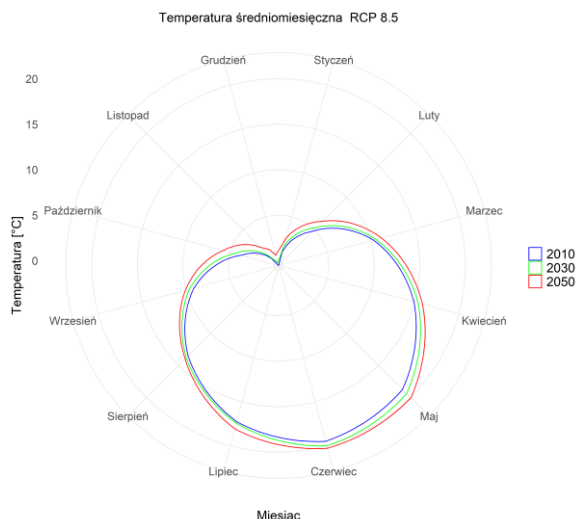
Rys. 207. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5

Temperatura średniomiesięczna RCP 8.5

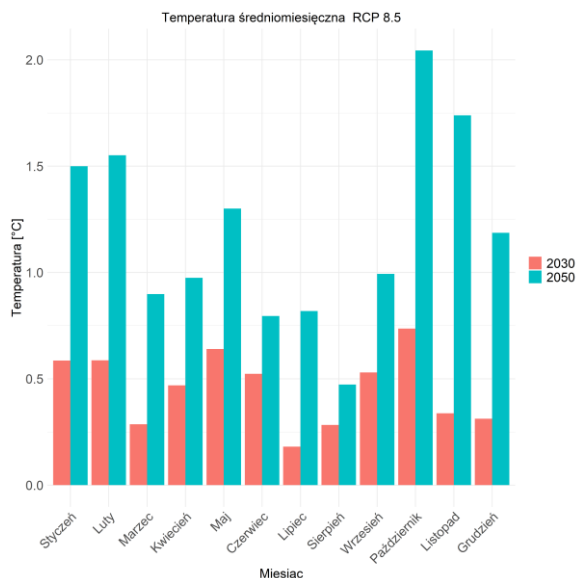
Na rysunkach od 208 do 210 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 208. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 209. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5



Rys. 210. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5

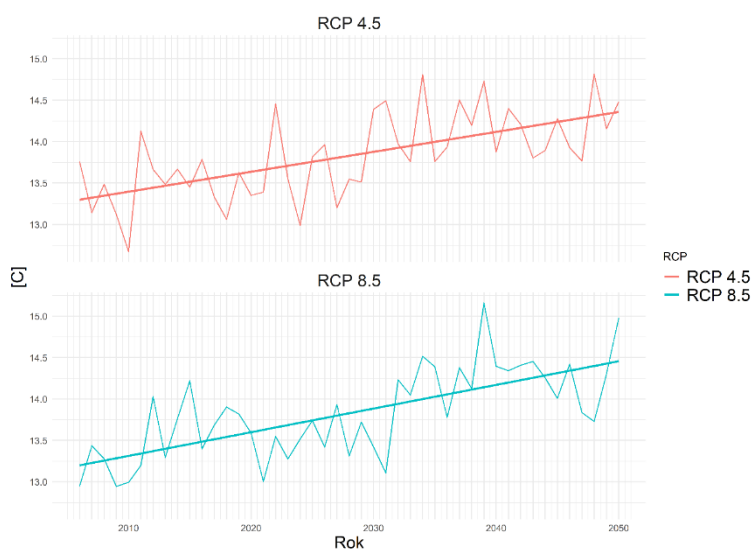
Z wykresów na rys. 206 i rys. 209 wynika, że w obu scenariuszach klimatycznych następowało będzie ocieplenie we wszystkich porach roku. Wielkości tych zmian lepiej widoczne są na diagramach na rys. 205 i rys. 208, z których odczytać można także zmienność temperatur średniomiesięcznych w kolejnych latach badanych dekad. Pudełka z wąsami obrazują wartości środkowe – mediany (pozioma linia wewnątrz pudełka), kwartyle dolne i górne (rozpiętość pudełka), percentyle 5. i 95. (zasięg wąsów) oraz ewentualne wartości odstające (kropki oddalone). Wynika z nich, że bardziej zmienne w regionie centralnym województwa śląskiego są i będą zimy niż miesiące ciepłe, choć w RCP 8.5 w horyzoncie roku 2050 także lipiec i sierpień wykazują znaczne rozstępy międzykwartylowe. Oznacza to, że temperatury w zimie mogą bardziej różnić się w kolejnych latach.

Same anomalie, czyli różnice między dekadami horyzontów 2030 i 2050 a dekadą bazową (2010), w kolejnych miesiącach roku najlepiej widoczne są na diagramach słupkowych na rys. 207 i rys. 210. Wynika z nich, że większy wzrost temperatur następować będzie w miesiącach chłodnych niż ciepłych, co wiąże się ze złagodzeniem zim większym niż zaostrenie lata. Różnice w większości miesięcy większe są w scenariuszu ekstrapolacyjnym, w którym widoczne jest ponadto, jak rozpędzają się one w ciągu analizowanego okresu. O ile w RCP 4.5 w większości miesięcy wzrost jest większy (nieraz znacznie) w ciągu pierwszych 20 lat niż kolejnych, o tyle w RCP 8.5 jest odwrotnie. W październiku, kiedy w horyzoncie 2050 roku nastąpić ma największe podwyższenie temperatury średniej aż o 2°C, wzrost w horyzoncie roku 2030 wynosi 0,75°C. Jeszcze większe różnice widoczne są w niektórych innych miesiącach; w listopadzie na drugą połowę analizowanego okresu przypada około 83% wzrostu temperatury średniomiesięcznej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost średnich temperatur w każdym miesiącu, a szczególnie w miesiącach zimowych.

Fale upałów

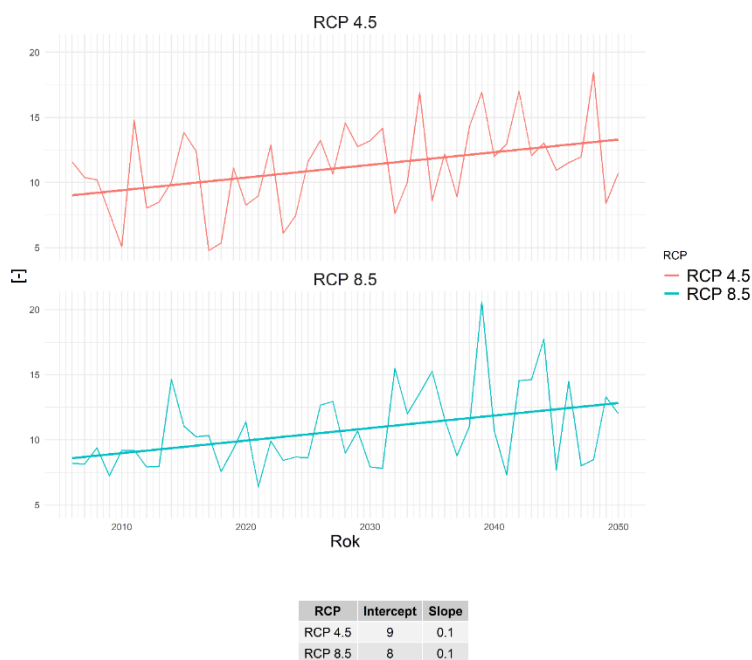
Średnia roczna temperatura maksymalna



Rys. 211. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu centralnego

Prognoza w obu scenariuszach klimatycznych wskazuje na wzrost dobowych temperatur maksymalnych w nadchodzących dekadach (rys. 211). Linie trendu wskazują, że w scenariuszu ekstrapolacyjnym ma on być nieco szybszy i wynieść w ciągu okresu analizy blisko 1,3°C wobec około 1,1°C w scenariuszu umiarkowanym.

Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w roku

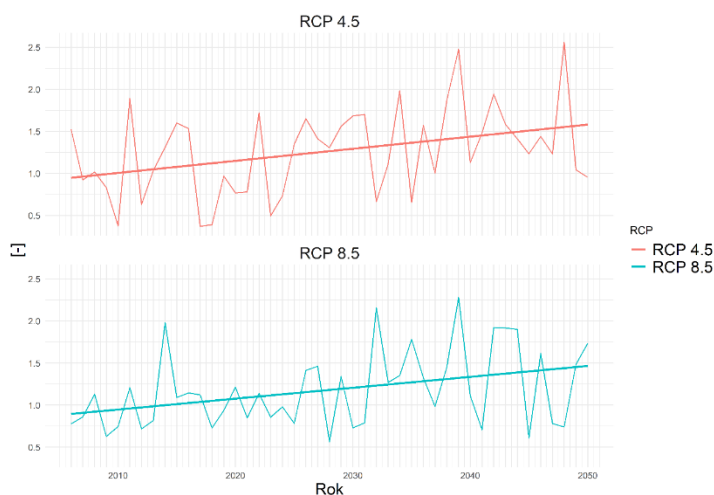


Rys. 212. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni upalnych o temperaturze maksymalnej przekraczającej 30°C, mimo znacznych różnic między kolejnymi latami, wykazuje wyraźną tendencję wzrostową (rys. 212). W przypadku tego

indeksu nie ma znaczących różnic pomiędzy scenariuszami klimatycznymi. W RCP 4.5 w ciągu analizowanego okresu liczba dni upalnych w ciągu roku wzrosnąć ma zgodnie z prostą regresji o około 4, w RCP 8.5 zaś o około 4,5, czyli mniej więcej o połowę w stosunku do wartości początkowej.

Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

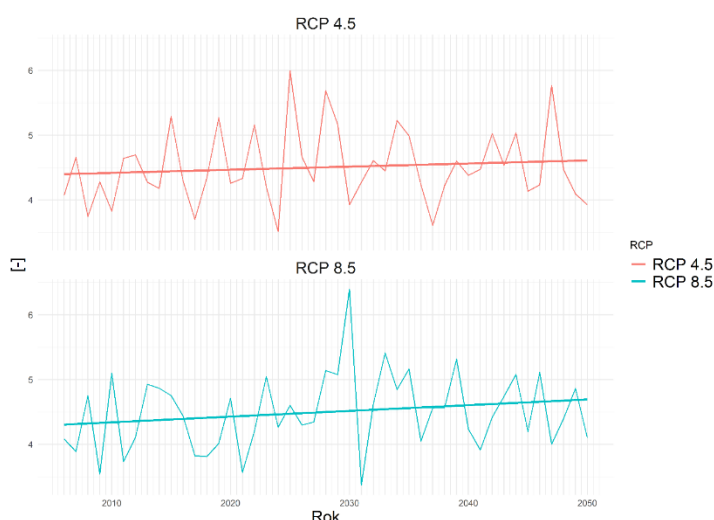


Rys. 213. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	0.9	0.01
RCP 8.5	0.9	0.01

Zgodnie z prognozą w subregionie centralnym województwa śląskiego w klimacie bieżącym okres co najmniej trzech kolejnych dni z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C występuje przeciętnie raz w dekadzie (rys. 213). W obu scenariuszach widoczna jest podobna tendencja do wzrostu liczby takich zdarzeń, który wyniesie ma w ciągu okresu analizy około 60%.

Średnia długość trwania fal upałów



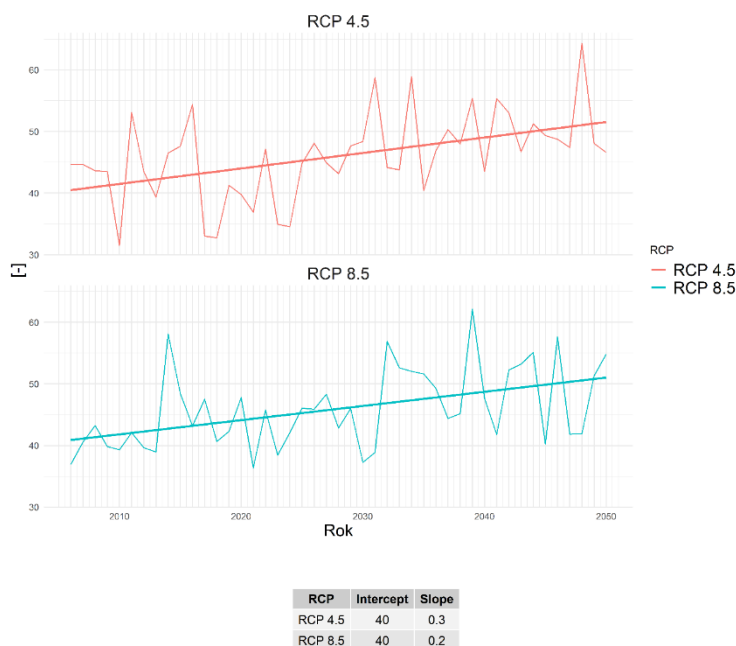
Rys. 214. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu centralnego

RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	4	0.005
RCP 8.5	4	0.009

Średnia długość fal upałów wykazuje w obu scenariuszach klimatycznych dużą zmienność między

kolejnymi latami, co związane jest z bardzo niską częstotliwością występowania tych epizodów, przeciętnie raz na dziesięć lat, jak wykazano wyżej (rys. 214). Linie trendu wskazują na tendencję wzrostową, która jest dwukrotnie większa w scenariuszu ekstrapolacyjnym niż w umiarkowanym, w obu jednak bardzo nieznaczna, tak że oczekiwana długość fali upałów pozostaje na poziomie 4 lub 5 dni.

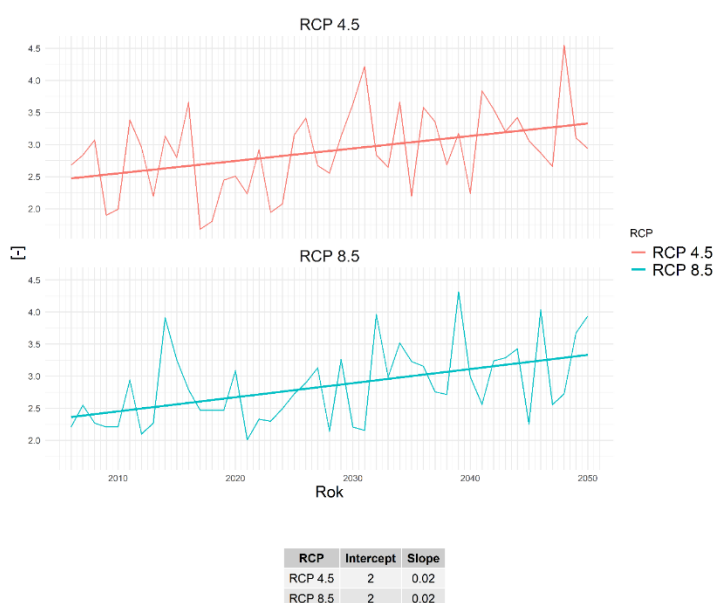
Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 215. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni gorących z maksymalną temperaturą powietrza przekraczającą 25°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję wzrostową o podobnej wartości (rys. 215). Jak wskazują proste regresji, w ciągu analizowanego okresu w RCP 8.5 nastąpić ma wzrost o około 10, a w RCP 4.5 o około 11 dni, co stanowi jedną czwartą wartości początkowej.

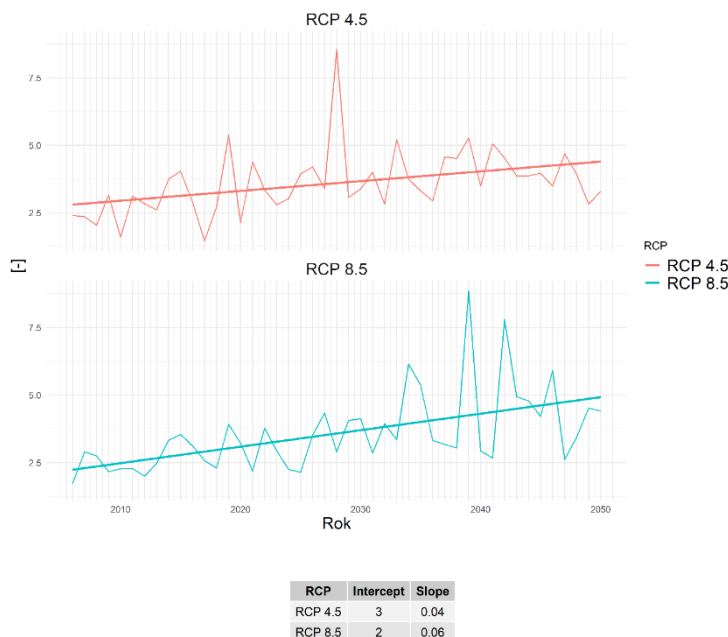
Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ w dekadzie



Rys. 216. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu centralnego

W obu scenariuszach klimatycznych widoczna jest tendencja wzrostowa liczby okresów co najmniej pięciu następujących po sobie dni gorących z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C w ciągu dekady (rys. 216). Jak wskazują linie trendu, szybszy wzrost następuje w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Wynieść on ma w ciągu analizowanego okresu około 1,0, w scenariuszu umiarkowanym zaś około 0,8 w stosunku do wartości około 2,5 w klimacie bieżącym.

Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



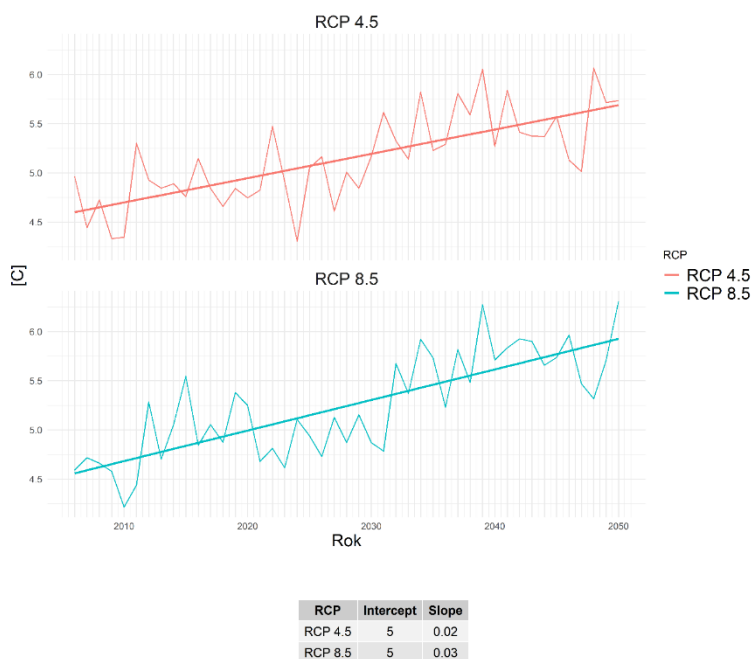
Rys. 217. Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Prognoza wskazuje, że liczba nocy tropikalnych z temperaturą minimalną powyżej 20°C będzie rosła (rys. 217). Dotyczy to obu scenariuszy klimatycznych, choć linie trendu wskazują, że wzrost będzie szybszy w RCP 8.5. Podczas gdy w RCP 4.5 liczba takich przypadków wzrosnąć ma w ciągu analizowanego okresu z poniżej 3 w ciągu dekady do ponad 4, w scenariuszu ekstrapolacyjnym wzrost jest około dwukrotny.

Fale chłodu

Średnia roczna temperatura minimalna

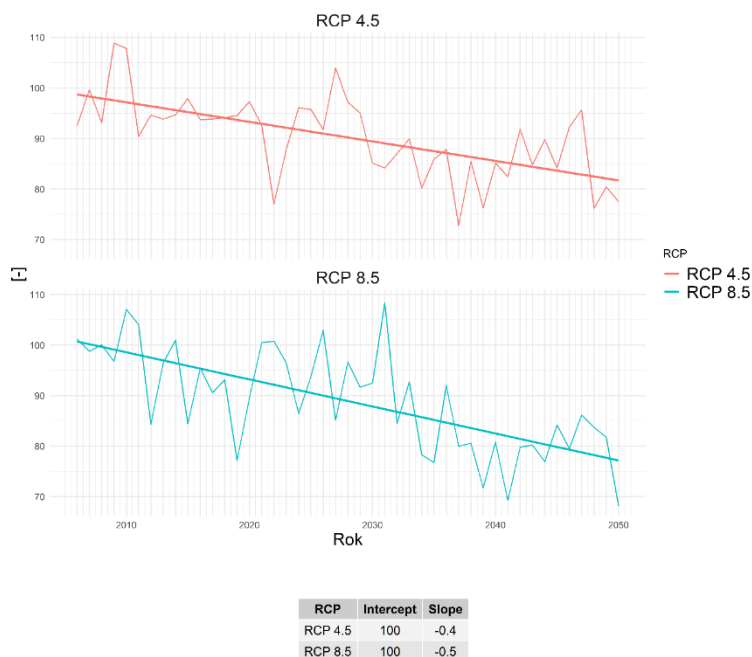
Średnia roczna temperatura minimalna wykazuje w analizowanym okresie w obu scenariuszach wyraźną tendencję wzrostową (rys. 218). Jak wskazują proste regresji, jest ona nieco większa w RCP 8.5. Średnia roczna temperatura minimalna ma zgodnie ze scenariuszem ekstrapolacyjnym wzrosnąć o około 1,4°C wobec 1,1°C w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 218. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu centralnego

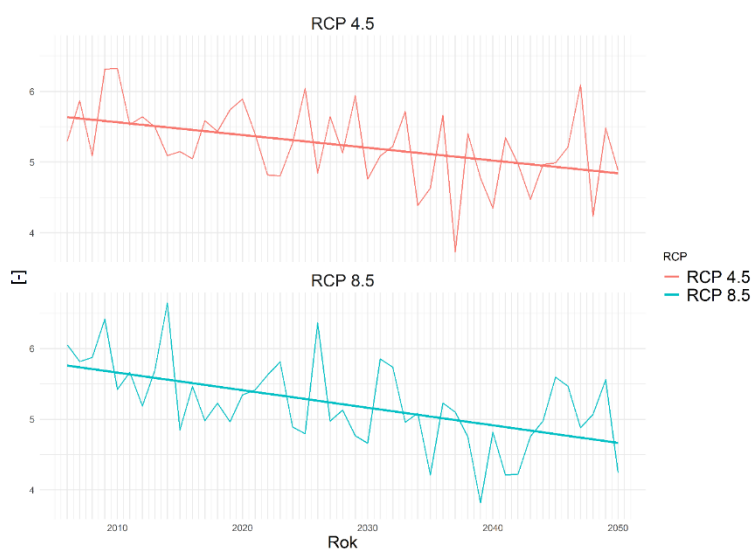
Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku

W analizowanym okresie w obu scenariuszach prognozowany jest wyraźny spadek liczby dni przymrozkowych. Jak wynika z linii trendu, ma on być szybszy w scenariuszu ekstrapolacyjnym (rys. 219). Z początkowej wartości około 100 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C zgodnie z RCP8.5 na końcu analizowanego okresu pozostać ma nieco ponad 75, co oznacza ubytek o 25%. W RCP4.5 ma on wynieść około 17 dni.



Rys. 219. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

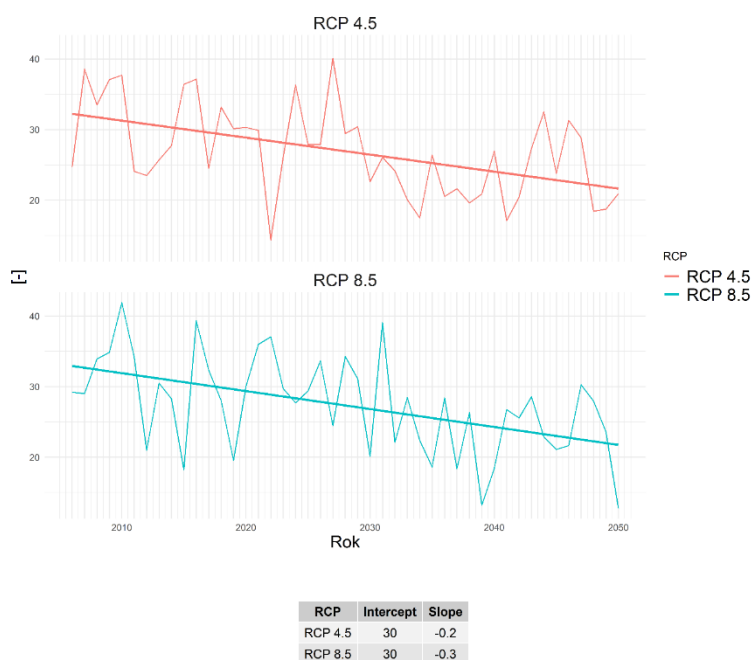
Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 220. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba okresów przymrozkowych, definiowanych jako ciąg co najmniej 5 dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C , dla obu scenariuszy wykazuje w analizowanym okresie tendencję spadkową (rys. 220). Jak wskazują linie trendu, szybszy spadek nastąpić ma w RCP 8.5. Wyniesie on w ciągu analizowanego okresu około 1,1 w skali dekady wobec około 0,8 w RCP 4.5, co stanowi odpowiednio około 19% i 14%.

Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 221. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C , w obu scenariuszach wykazuje w analizowanym okresie wyraźną tendencję spadkową (rys. 221). W przypadku tego indeksu nie ma widocznych różnic pomiędzy oboma scenariuszami klimatycznymi.

Tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 liczba dni mroźnych w roku spada z początkowej wartości około 33 do około 22 na końcu okresu analizy. Stanowi to ubytek o jedną trzecią.

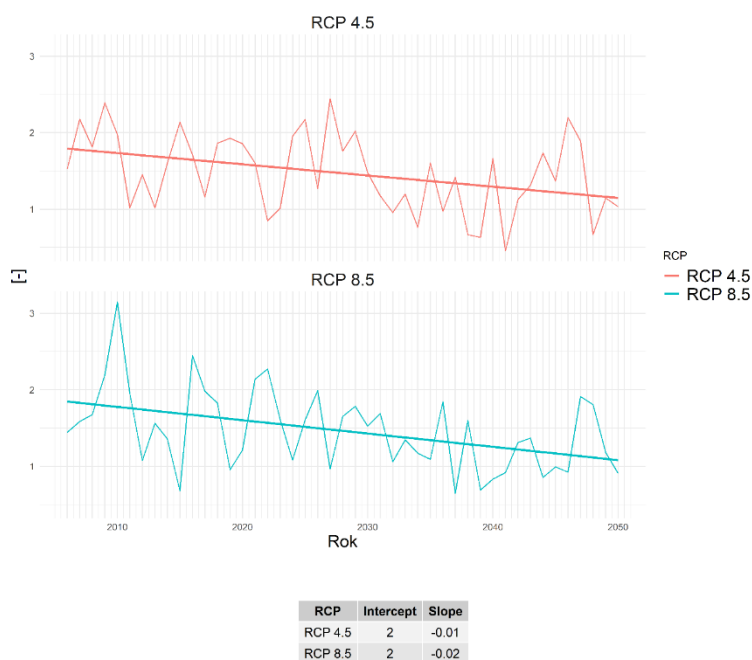
Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 222. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni bardzo mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 222). Proste regresji w obu scenariuszach są do siebie zbliżone, choć nieznacznie szybszy spadek następuje jednak w RCP 8.5. Ma on w ciągu analizowanego okresu wynieść w tym scenariuszu około 5 dni, co stanowi jedną trzecią początkowej wartości 15 dni w roku. W RCP 4.5 liczba dni bardzo mroźnych zmniejszy się o około 4 w roku.

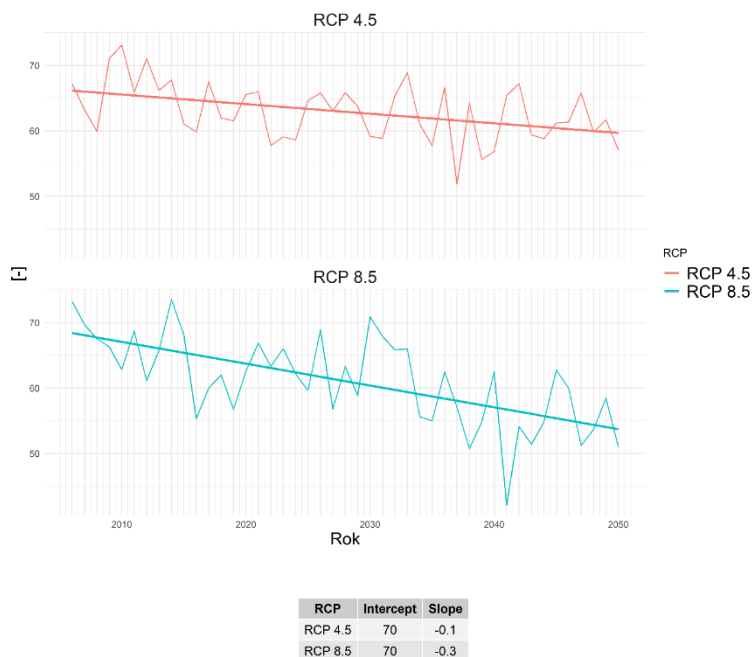
Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 223. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba fal chłodu, definiowana jako liczba okresów długości co najmniej trzech dni z dobową temperaturą minimalną niższą niż -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 223). Linie trendu w RCP 4.5 i RCP 8.5 są do siebie w przypadku tego indeksu bardzo zbliżone. Z początkowej wartości nieco niższej niż 2 przypadki w ciągu dekady ubywać ma około jednej trzeciej.

Liczba dni z przejściem przez 0°C w roku



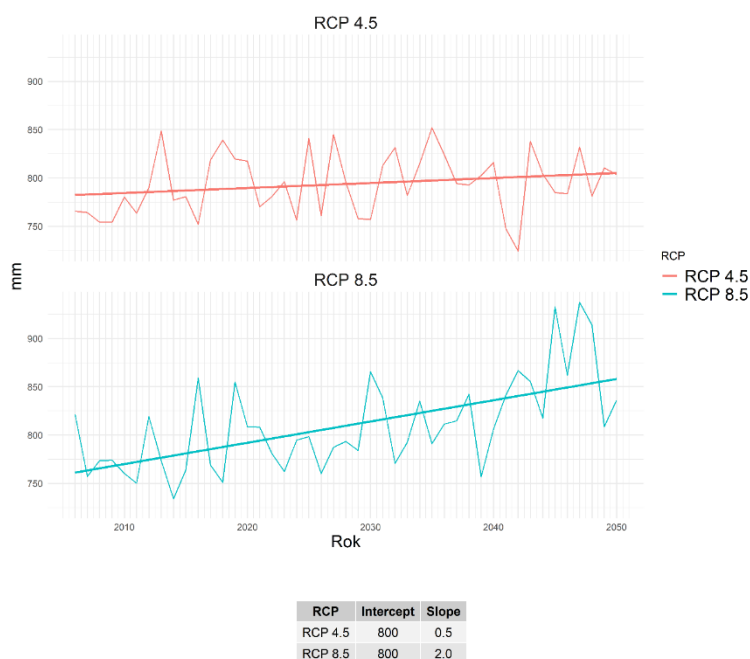
Rys. 224. Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z przejściem przez 0°C , w których temperatura dobową minimalną jest niższa od 0°C , maksymalna zaś wyższa od tej wartości, wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową (rys. 224). Ma ona być wyraźnie silniejsza w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Jak wskazują proste regresji, w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba takich dni zmniejszy się o około 15, w RCP 4.5 zaś o około 6, co stanowi odpowiednio około 22% i około 9% wartości początkowej.

2.3.2 Warunki opadowe

Roczna suma opadu

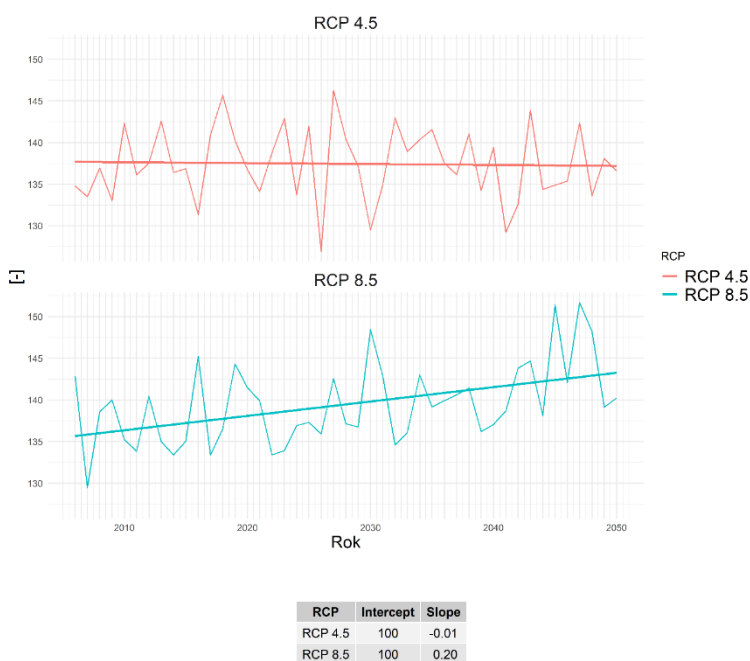
Roczna suma opadu dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową. W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanej sumy opadu będzie się zmieniał od 724,4 mm do 851,9 mm, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 734 do 937,5 mm.



Rys. 225. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu centralnego

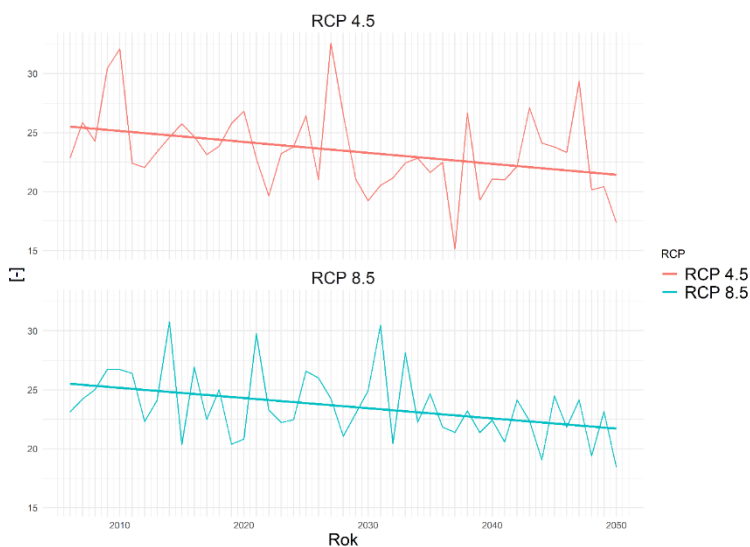
Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm

Liczba dni z opadem, definiowana jako liczba dni, w których prognozowany jest opad wyższy od 1 mm, dla subregionu centralnego wykazuje w scenariuszu RCP 8.5 trend wzrostowy, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 widoczny jest trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta) – rys. 226. Wzrost w scenariuszu RCP 8.5 jest bardzo dynamiczny. W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 prognozowana jest zmienność od 126,9 do 146,2 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 129,4 do 151,6 dni.



Rys. 226. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C

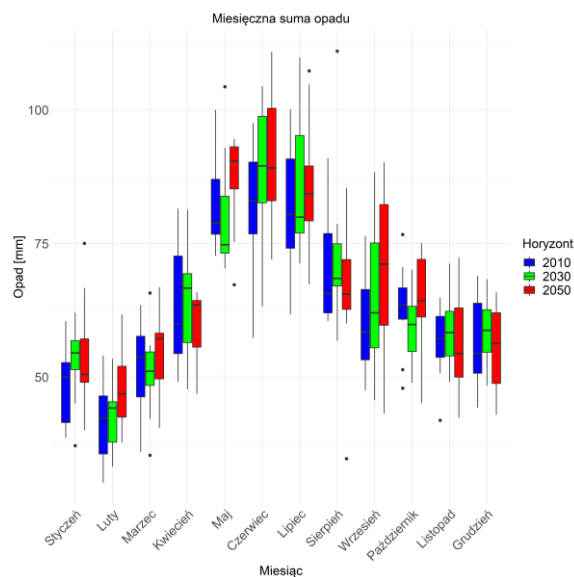


Rys. 227. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C, uśredniona dla subregionu centralnego

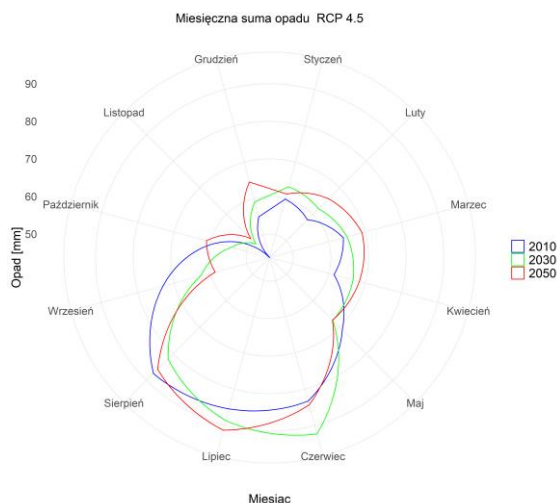
Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C dla subregionu centralnego w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 227). W scenariuszu RCP 8.5 prognozowany jest bardziej dynamiczny spadek niż w scenariuszu RCP 4.5. W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 wartość tego wskaźnika waha się od 15,13 do 32,58 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 18,41 do 30,76 dni.

Miesięczna suma opadu

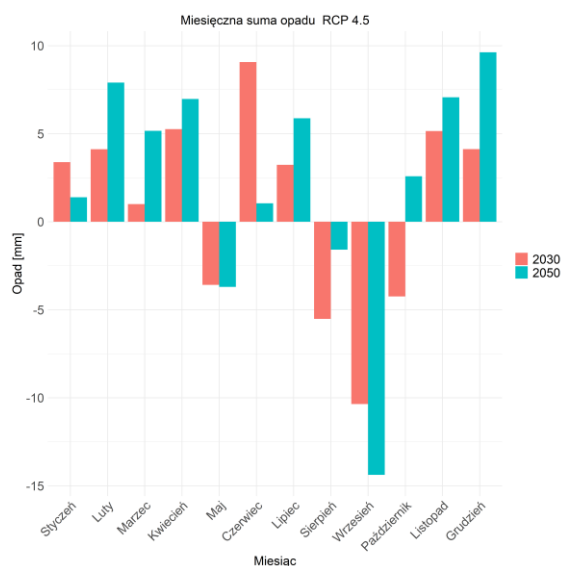
Miesięczna suma opadu RCP 4.5



Rys. 228. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



Rys. 229. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5

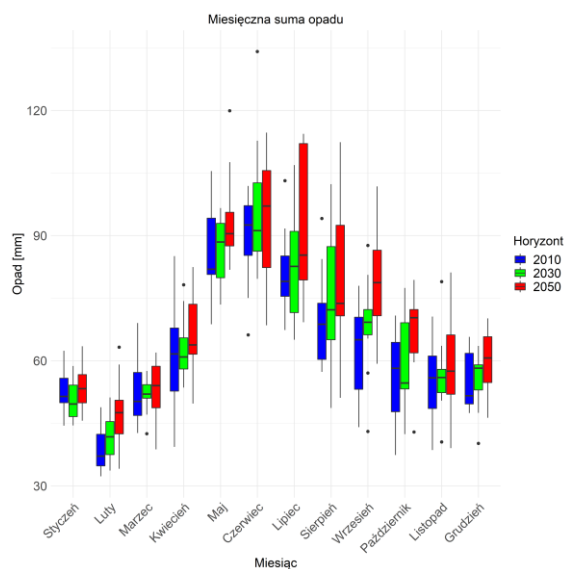


Rys. 230. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5

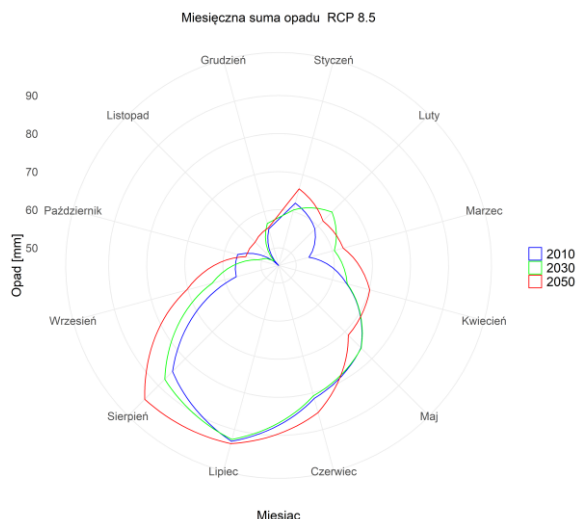
Na rysunkach od 228 do 230 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.

Miesięczna suma opadu RCP 8.5

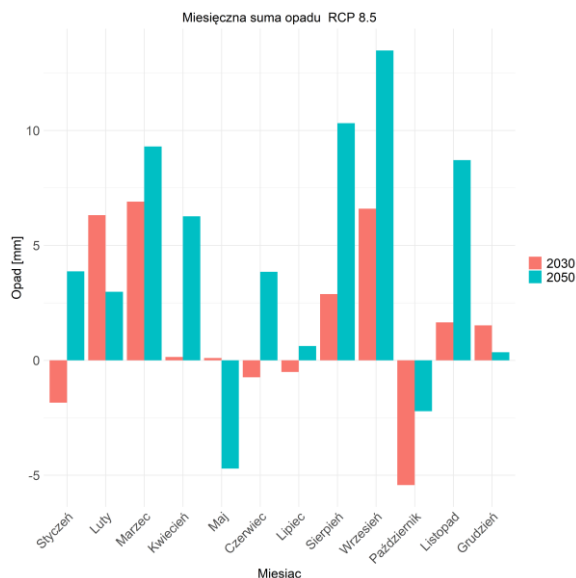
Na rysunkach od 231 do 233 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 231. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 232. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5



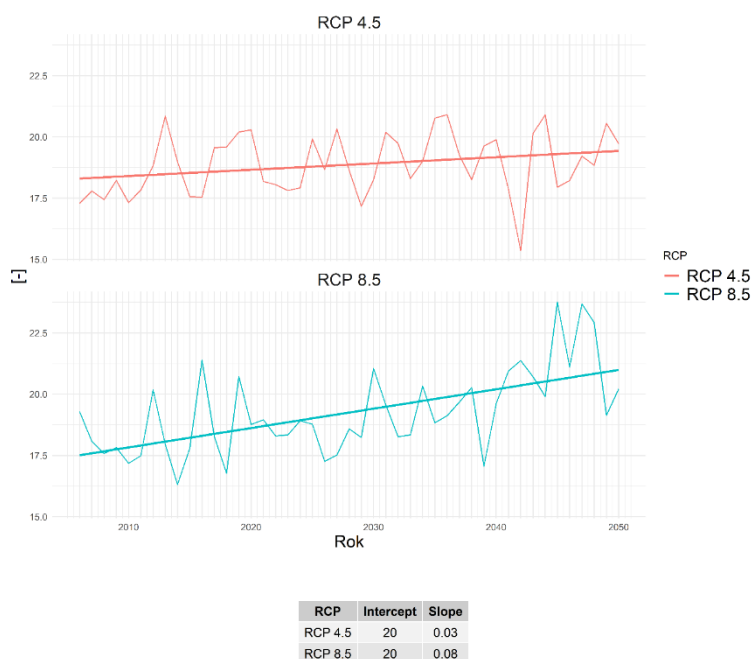
Rys. 233. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza średniej miesięcznej sumy opadu zmienia się w zależności od pory roku. Prawie we wszystkich miesiącach w obu scenariuszach dane charakteryzuje tendencja wzrostowa (poziome linie na diagramach pudełkowych – mediany, wykresy nr 228 oraz 231). Wyjątek stanowi miesiąc kwiecień, sierpień i grudzień w scenariuszu RCP 4.5. W scenariuszu RCP 8.5 w miesiącach: styczniu, marcu, kwietniu, maju, listopadzie i grudniu w horyzoncie do 2030 roku prognozowany jest spadek względem roku 2010, a następnie, w horyzoncie 2050, wzrost, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 takie zmiany wystąpiły w lutym, marcu, maju, sierpniu i październiku. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla czerwca i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla lipca i października w scenariuszu RCP 8.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost sum opadów w prawie każdym miesiącu.

Opad ekstremalny

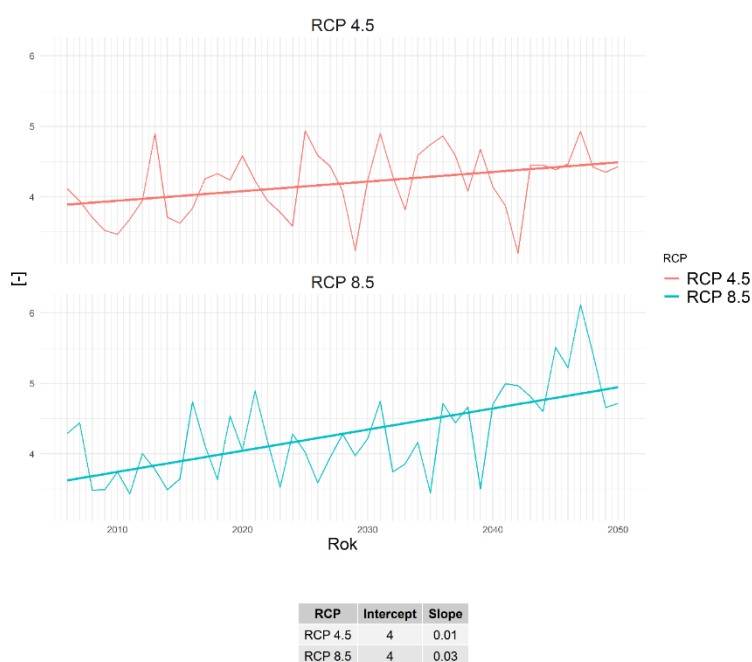
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm w dekadzie

Liczba dni z opadem powyżej 10 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową. W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5 (rys. 234). W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 15,35 do 20,9, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 16,3 do 23,75 dni.



Rys. 234. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

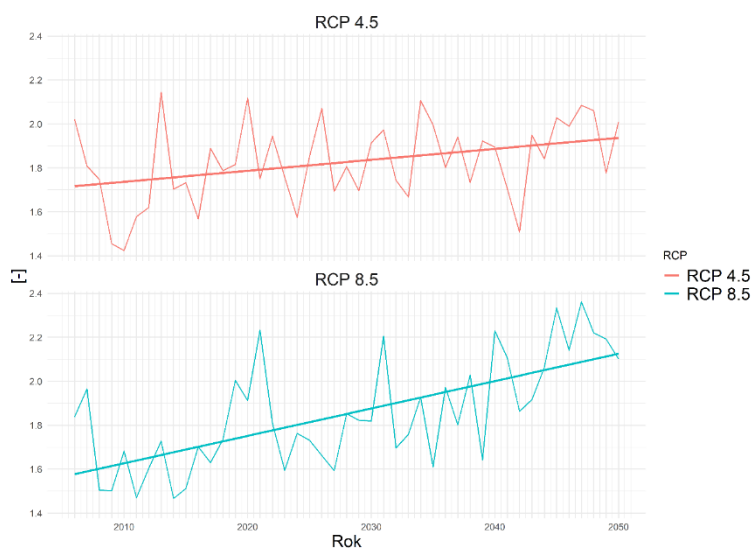
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm w dekadzie



Rys. 235. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 20 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 235). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 3,19 do 4,93, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 3,43 do 6,11 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm w dekadzie

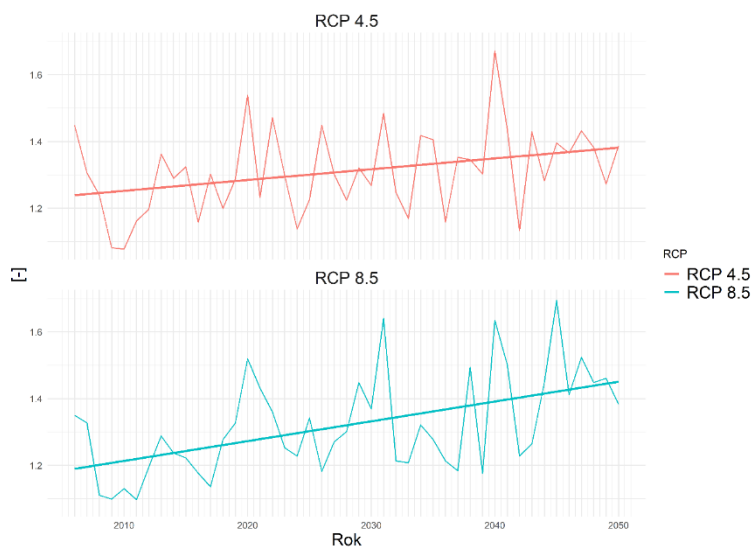


RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	2	0.005
RCP 8.5	2	0.010

Rys. 236. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 30 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 236). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 8.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 2,38 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1 do 2,07 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm w dekadzie



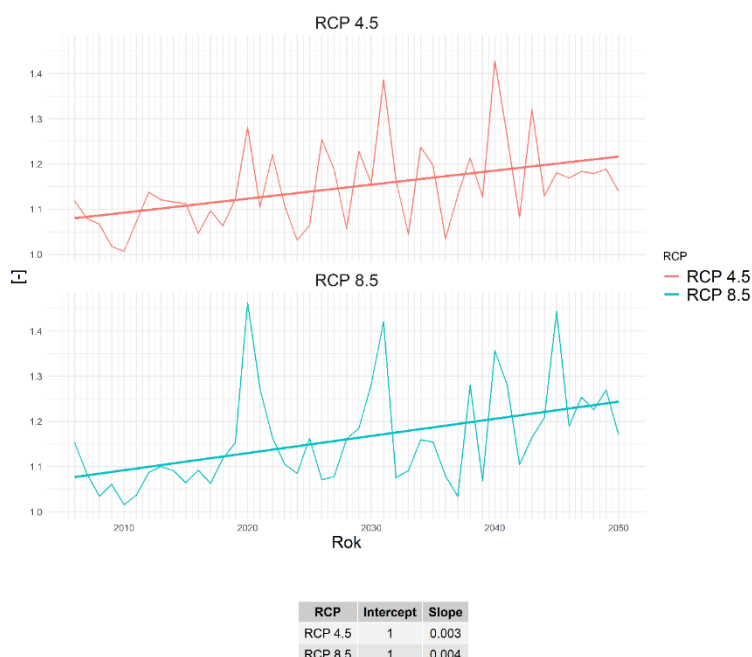
RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	1	0.003
RCP 8.5	1	0.006

Rys. 237. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 40 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 237). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości

średniorocznych w obu scenariuszach zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,7 dni.

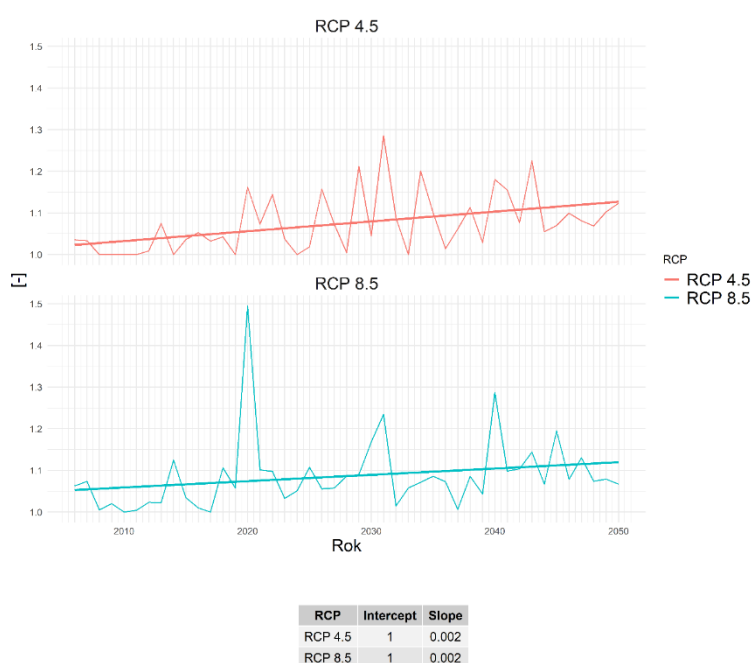
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm w dekadzie



Rys. 238. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 50 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 238). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w obu scenariuszach, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,46 dni.

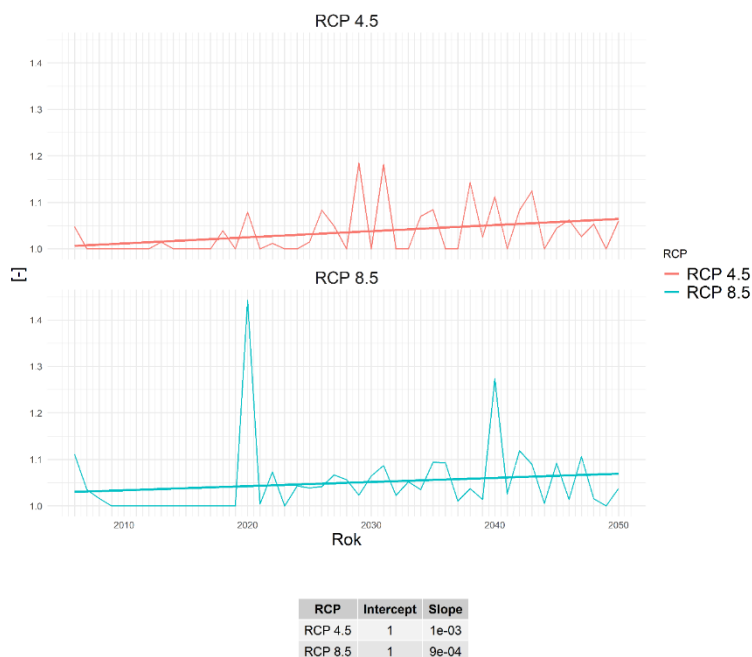
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm w dekadzie



Rys. 239. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 60 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 239). W analizowanym okresie w obu scenariuszach prognozowany wzrost ma zbliżony trend. W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,28 dni w scenariuszu RCP 4.5 oraz od 1 do 1,5 dni w scenariuszu RCP 8.5.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm w dekadzie



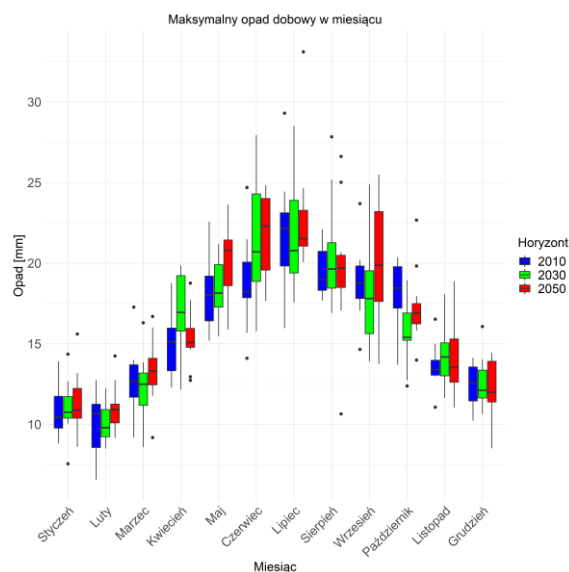
Rys. 240. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni z opadem powyżej 70 mm dla subregionu centralnego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu charakteryzuje się trendem rosnącym (rys. 240). W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, w obu scenariuszach liczba dni z opadem powyżej 70 mm nie przekroczy wartości 1,44 dnia. W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,18 dni w scenariuszu RCP 4.5 oraz od 1 do 1,44 dni w scenariuszu RCP 8.5. Należy nadmienić, iż prognozowana częstotliwość występowania liczby dni z opadem powyżej 70 mm jest mniejsza niż innych wskaźników analizowanych w niniejszym raporcie.

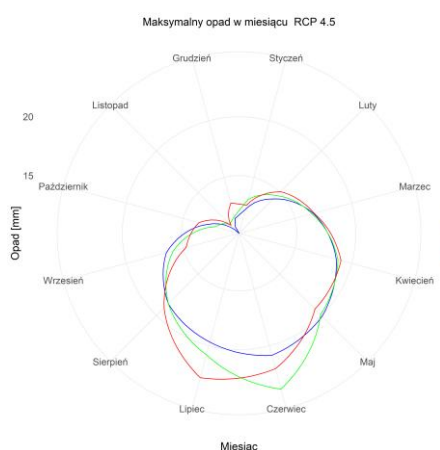
Maksymalny opad dobowy w miesiącu

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 4.5

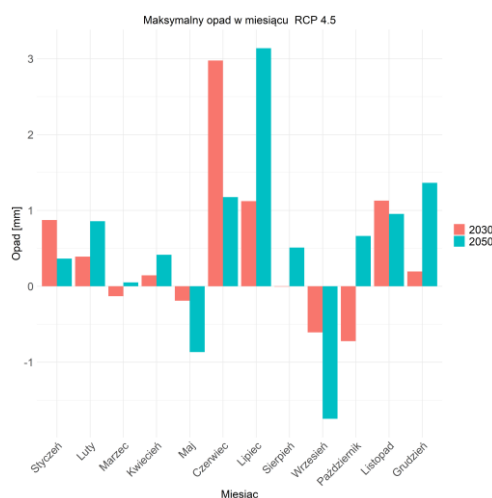
Na rysunkach od 241 do 243 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 241. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



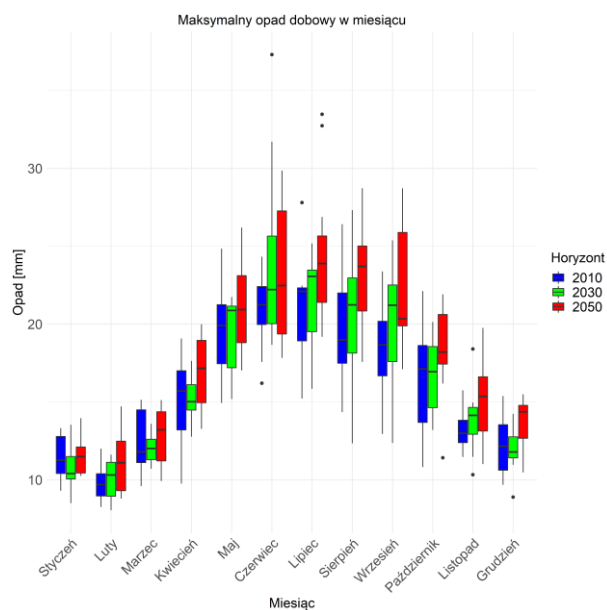
Rys. 242. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



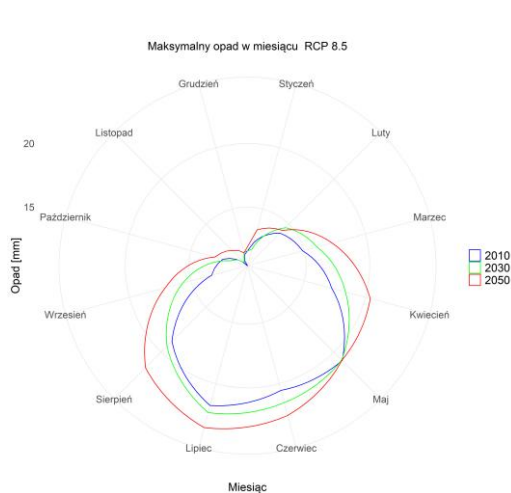
Rys. 243. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 8.5

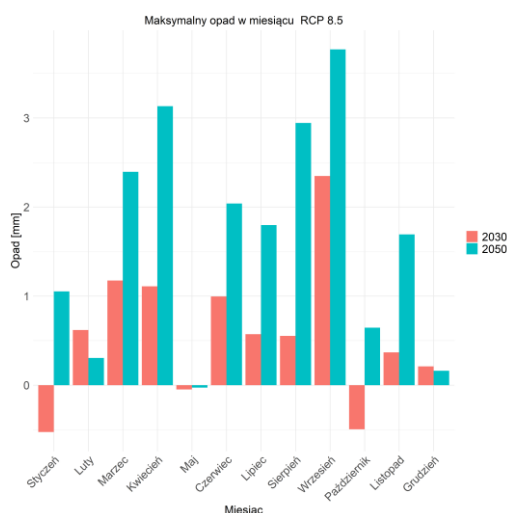
Na rysunkach od 244 do 246 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 244. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 245. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5

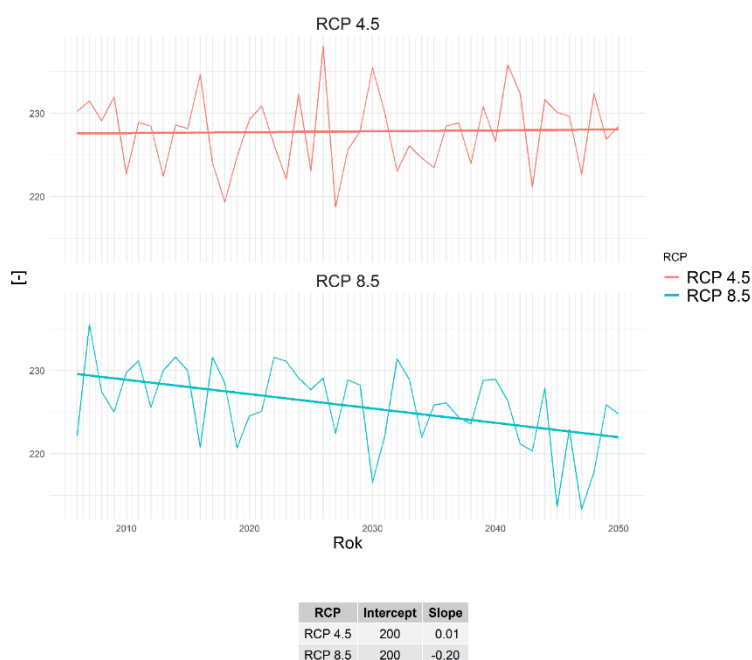


Rys. 246. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza maksymalnego opadu dobowego w miesiącu charakteryzuje wysoka zmienność w analizowanych dekadach, o czym świadczy wielkość diagramów pudełkowych prezentowanych na wykresach nr 241 i 244. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla kwietnia, czerwca i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla czerwca i września w scenariuszu RCP 8.5 (wykresy 242 oraz 245). Spadek wartości wskaźnika prognozuje się dla października w scenariuszu RCP 4.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost maksymalnego opadu dobowego prawie w każdym miesiącu.

2.3.3 Wskaźniki suszy

Liczba dni bez opadu



Rys. 247. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba dni bez opadu dla subregionu centralnego w scenariuszu RCP 8.5 dla analizowanego okresu wykazuje tendencję spadkową, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 widoczny jest trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta) – rys. 247. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 218,72 do 238 dni, w RCP 8.5 natomiast od 213,3 do 235,5 dni.

Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni w dekadzie

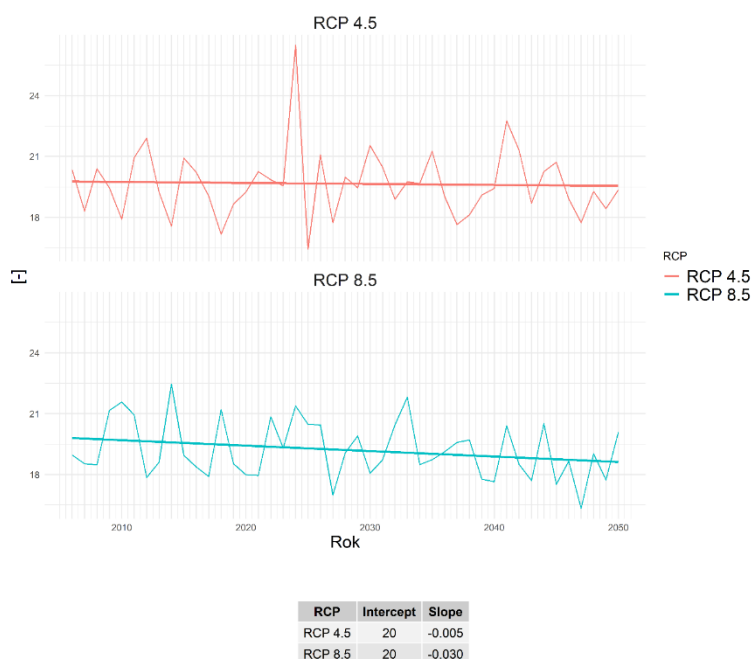


Rys. 248. Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu centralnego

Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni dla subregionu centralnego w zależności od

scenariusza emisyjnego charakteryzuje się inną tendencją rozwojową (rys. 248). W scenariuszu RCP 4.5 prognozowany jest trend minimalnie rosnący, a scenariuszu RCP 8.5 malejący. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 14,15 do 17,34 dni, w RCP 8.5 natomiast od 13,86 do 16,4 dni.

Najdłuższy okres bez opadu



Rys. 249. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu centralnego

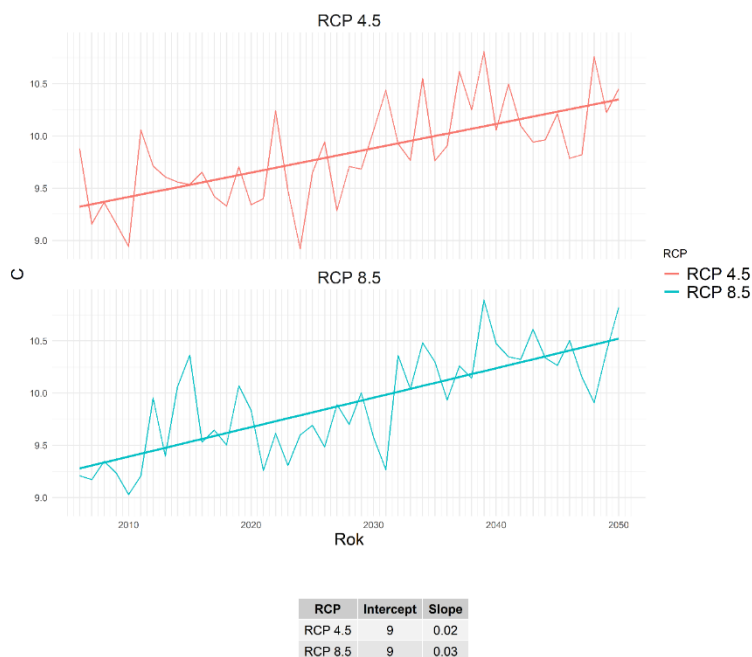
Długość najdłuższego okresu bez opadu dla subregionu centralnego w scenariuszu RCP 8.5 dla analizowanego okresu wykazuje tendencję spadkową, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 widoczny jest trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta) – rys. 249. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 16,42 do 26,47 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 16,33 do 22,44 dni.

2.4 Subregion zachodni

2.4.1 Warunki termiczne

Średnia roczna temperatura powietrza

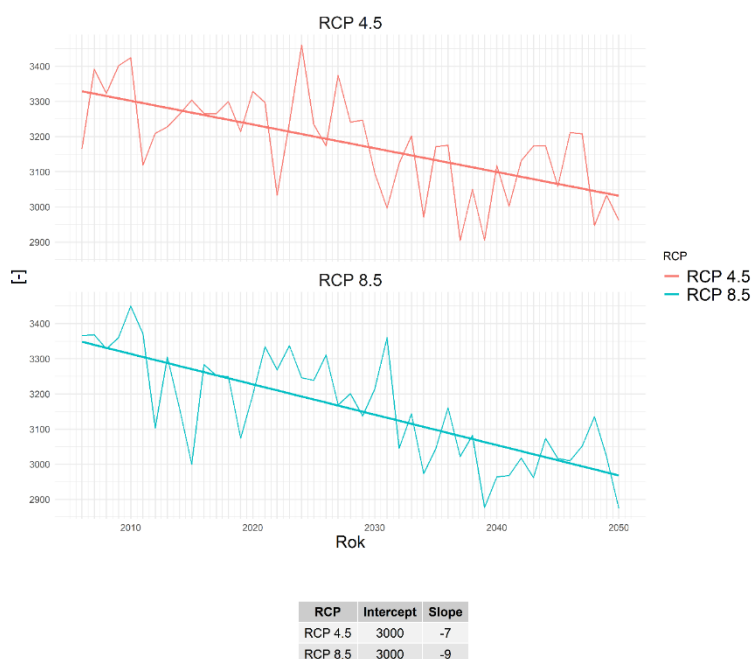
Z prognozy wynika, iż dla wartości temperatury średniej rocznej w obu scenariuszach występuje trend wzrostowy (rys. 250). Jak wskazują proste regresji, wzrost temperatur szybszy będzie w RCP 8.5. Ma on w scenariuszu ekstrapolacyjnym wynieść w ciągu analizowanego okresu około 1,25°C wobec 1,0°C w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 250. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego

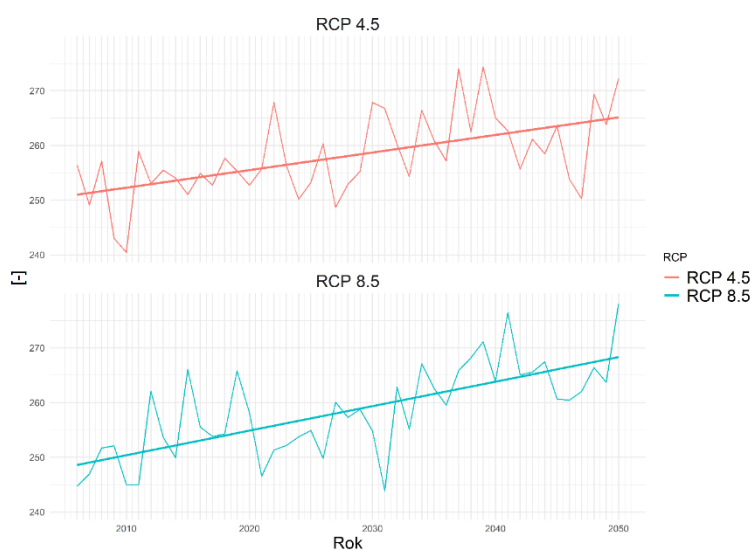
HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C

Proгноza stopniodni dla średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 18°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową, która silniejsza jest w scenariuszu ekstrapolacyjnym (rys. 251). Do roku 2050 spadek HDD wynieść ma około 300 w RCP 4.5, w RCP 8.5 zaś około 380, co stanowi odpowiednio 9% i 11% wartości początkowej.



Rys. 251. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$)



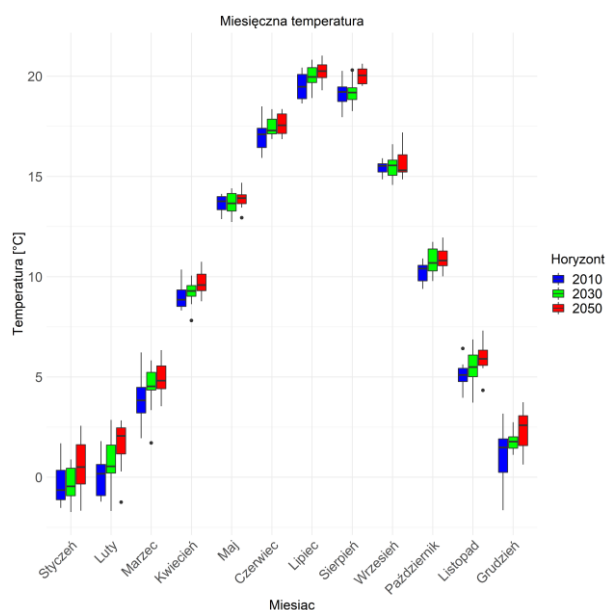
RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	300	0.3
RCP 8.5	200	0.4

Rys. 252. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

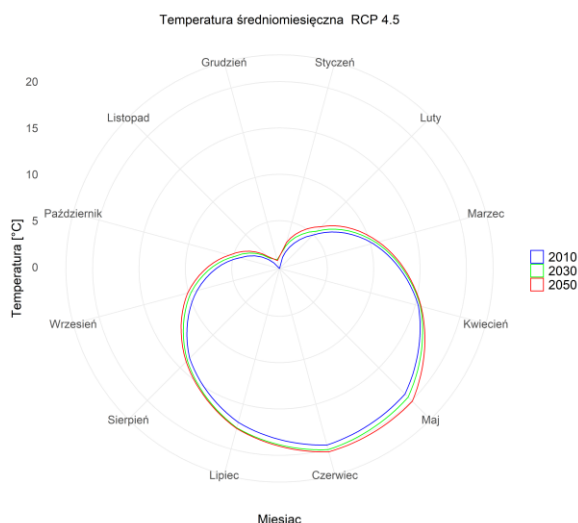
Liczba dni wegetacyjnych, ze średniodobową temperaturą powietrza powyżej 5°C , wykazuje w perspektywie kolejnych dekad tendencję wzrostową (rys. 252). Ma ona być silniejsza w RCP 8.5. Do 2050 roku nastąpić ma wzrost o około 14 dni w scenariuszu umiarkowanym, w ekstrapolacyjnym zaś o około 20. Stanowi to odpowiednio 6% i 8% wartości na początku analizy.

Temperatura średniomiesięczna

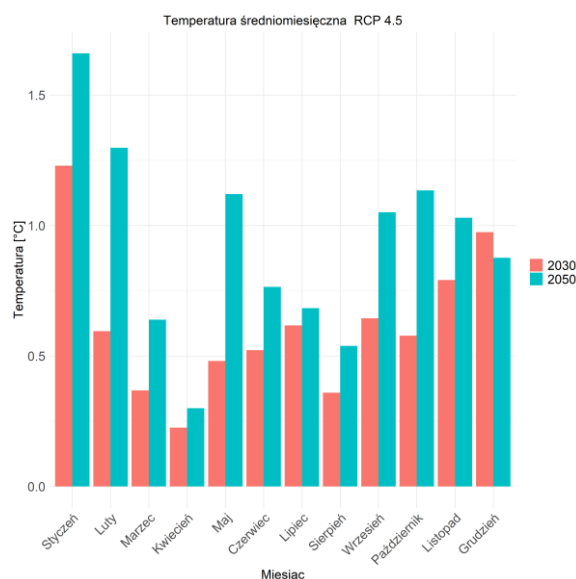
Temperatura średniomiesięczna RCP 4.5



Rys. 253. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



Rys. 254. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5

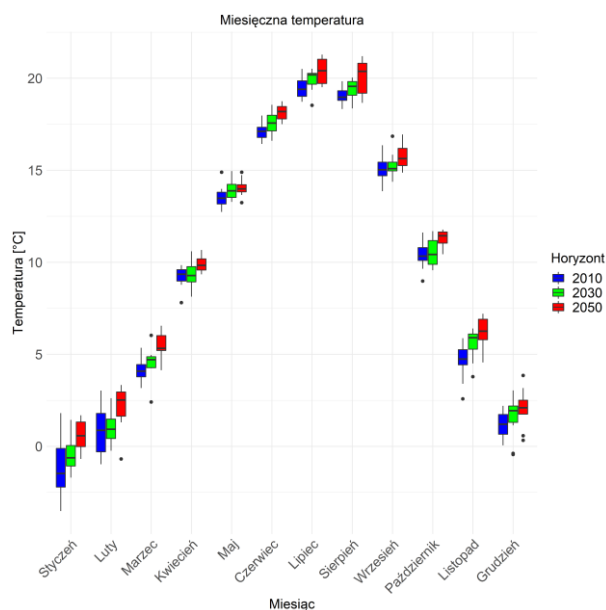


Rys. 255. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 4.5

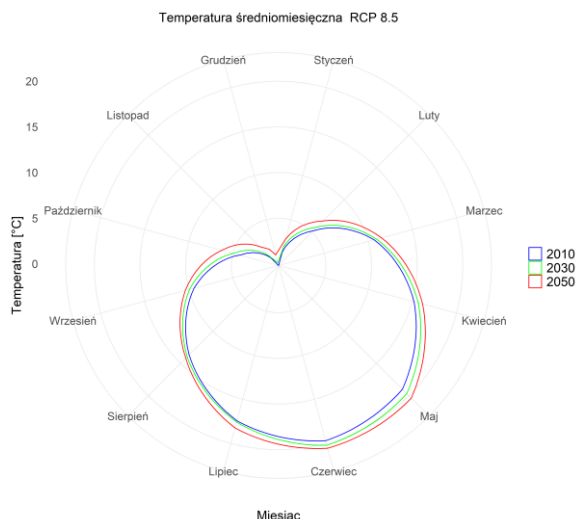
Na rysunkach od 253 do 255 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.

Temperatura średniomiesięczna RCP 8.5

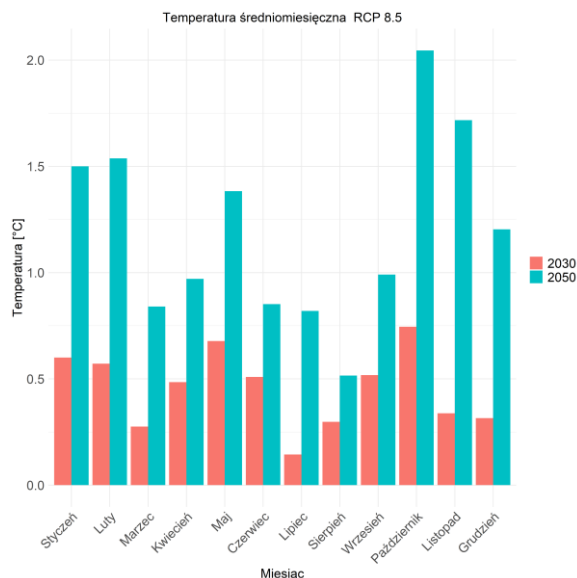
Na rysunkach od 256 do 258 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 256. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 257. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5



Rys. 258. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 8.5

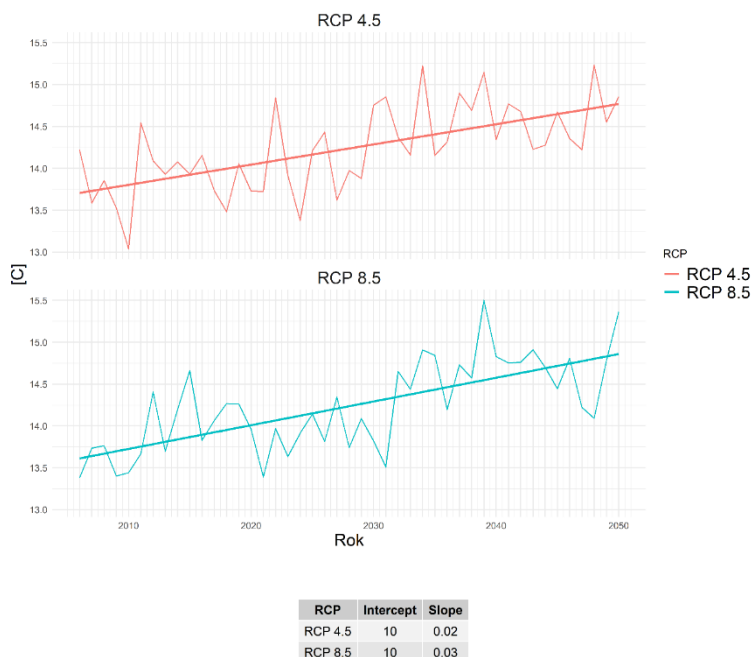
Z wykresów na rys. 254 i rys. 257 wynika, że w obu scenariuszach klimatycznych następowało będzie ocieplenie we wszystkich porach roku. Wielkości tych zmian lepiej widoczne są na diagramach na rys. 253 i rys. 256, z których odczytać można także zmienność temperatur średniomiesięcznych w kolejnych latach badanych dekad. Pudełka z wąsami obrazują wartości środkowe – mediany (pozioma linia wewnątrz pudełka), kwartyle dolne i górne (rozpiętość pudełka), percentyle 5. i 95. (zasięg wąsów) oraz ewentualne wartości odstające (kropki oddalone). Wynika z nich, że bardziej zmienne w regionie zachodnim województwa śląskiego są i będą zimy niż miesiące ciepłe, choć w RCP 8.5 w horyzoncie roku 2050 także lipiec i sierpień wykazują znaczne rozstępy międzykwartylowe. Oznacza to, że temperatury w zimie mogą bardziej różnić się w kolejnych latach.

Same anomalie, czyli różnice między dekadami horyzontów 2030 i 2050 a dekadą bazową (2010), w kolejnych miesiącach roku najlepiej widoczne są na diagramach słupkowych na rys. 255 i rys. 258. Wynika z nich, że większy wzrost temperatur następować będzie w miesiącach chłodnych niż ciepłych, co wiąże się ze złagodzeniem zim większym niż zaostrenie lata. Różnice większe są w scenariuszu ekstrapolacyjnym, w którym widoczne jest ponadto, jak rozpędzają się one w ciągu analizowanego okresu. O ile w RCP 4.5 w większości miesięcy wzrost jest większy (nieraz znacznie) w ciągu pierwszych 20 lat niż kolejnych, o tyle w RCP 8.5 jest odwrotnie. W październiku, kiedy w horyzoncie 2050 roku nastąpić ma największe podwyższenie temperatury średniej aż o 2°C, wzrost w horyzoncie roku 2030 wynosi 0,75°C. Jeszcze większe różnice widoczne są w niektórych innych miesiącach; w listopadzie na drugą połowę analizowanego okresu przypada około 82% wzrostu temperatury średniomiesięcznej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost średnich temperatur w każdym miesiącu, a szczególnie w miesiącach zimowych.

Fale upałów

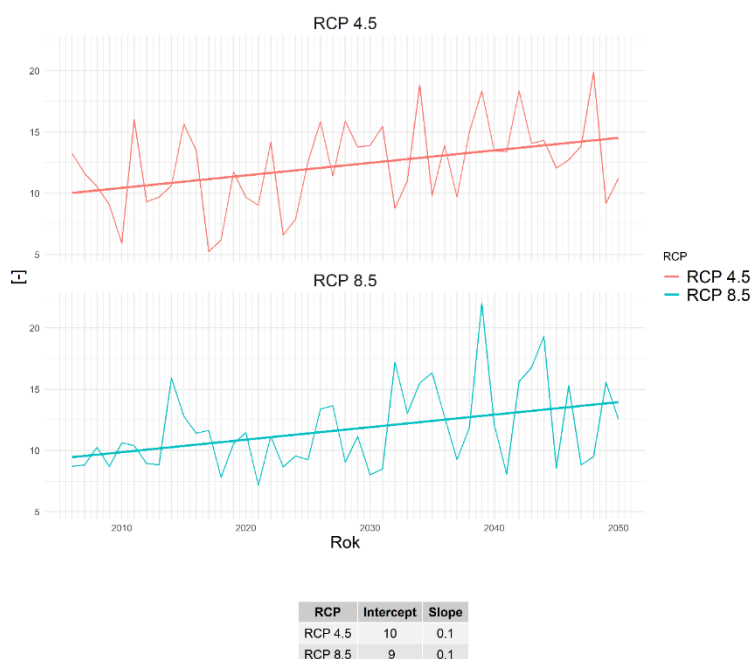
Średnia roczna temperatura maksymalna



Rys. 259. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu zachodniego

Prognoza w obu scenariuszach klimatycznych wskazuje na wzrost dobowych temperatur maksymalnych w nadchodzących dekadach (rys. 259). Linie trendu wskazują, że w scenariuszu ekstrapolacyjnym ma on być nieco szybszy i wynieść w ciągu okresu analizy około 1,2°C wobec nieco ponad 1°C w scenariuszu umiarkowanym.

Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 260. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni upalnych o temperaturze maksymalnej przekraczającej 30°C, mimo znacznych różnic między kolejnymi latami, wykazuje wyraźną tendencję wzrostową (rys. 260). W przypadku tego indeksu nie ma zauważalnych różnic pomiędzy scenariuszami klimatycznymi. Tak w RCP 4.5, jak

w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba dni upalnych w ciągu roku wzrosnąć ma zgodnie z prostą regresji o blisko 5, czyli o połowę w stosunku do wartości początkowej.

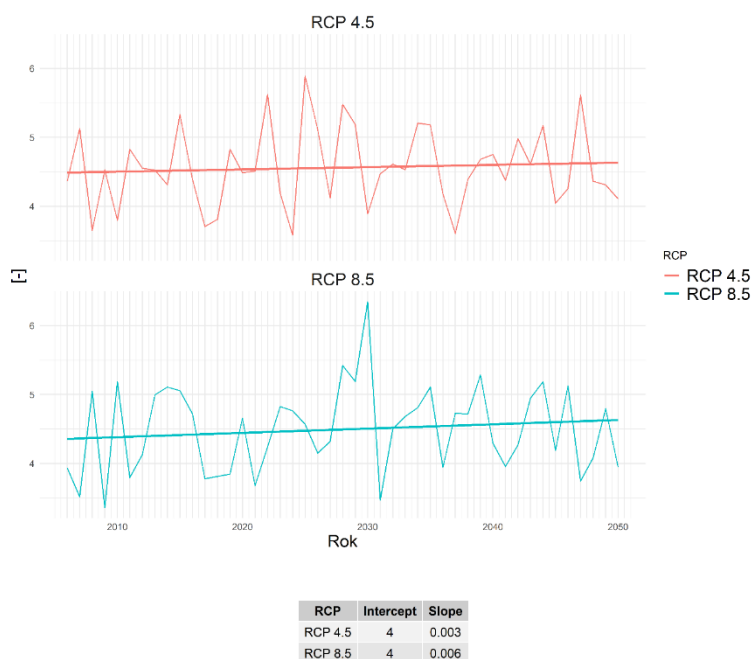
Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 261. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Zgodnie z prognozą w regionie zachodnim województwa śląskiego w klimacie bieżącym okres co najmniej trzech kolejnych dni z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C występuje przeciętnie raz w dekadzie (rys. 261). W obu scenariuszach widoczna jest podobna tendencja do wzrostu liczby takich zdarzeń, który wyniesie ma w ciągu okresu analizy około 60%.

Średnia długość trwania fal upałów

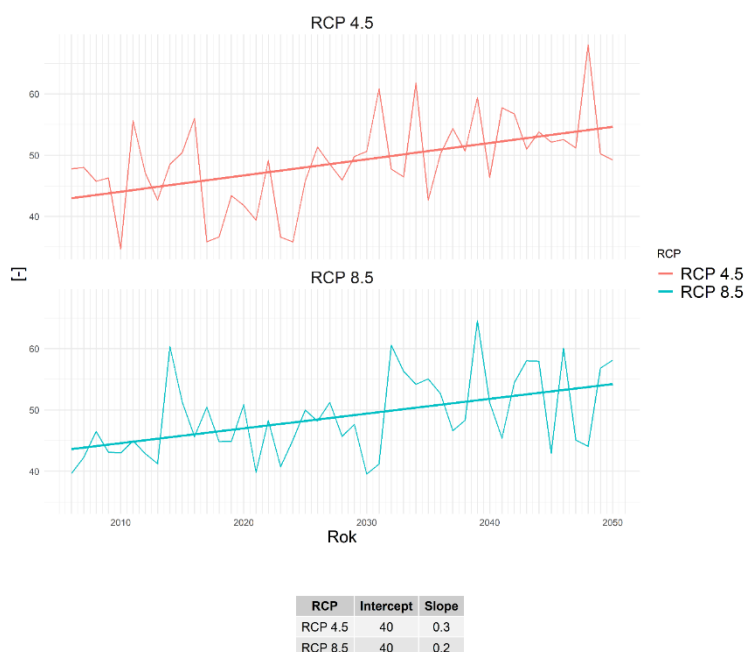


Rys. 262. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu zachodniego

Średnia długość fal upałów wykazuje w obu scenariuszach klimatycznych dużą zmienność między kolejnymi latami, co związane jest z bardzo niską częstotliwością występowania tych epizodów,

przeciętnie raz na dziesięć lat, jak wykazano wyżej (rys. 262). Linie trendu wskazują na tendencję wzrostową, która jest dwukrotnie większa w scenariuszu ekstrapolacyjnym niż w umiarkowanym, w obu jednak bardzo nieznaczna, tak że oczekiwana długość fali upałów pozostaje na poziomie 4 lub 5 dni.

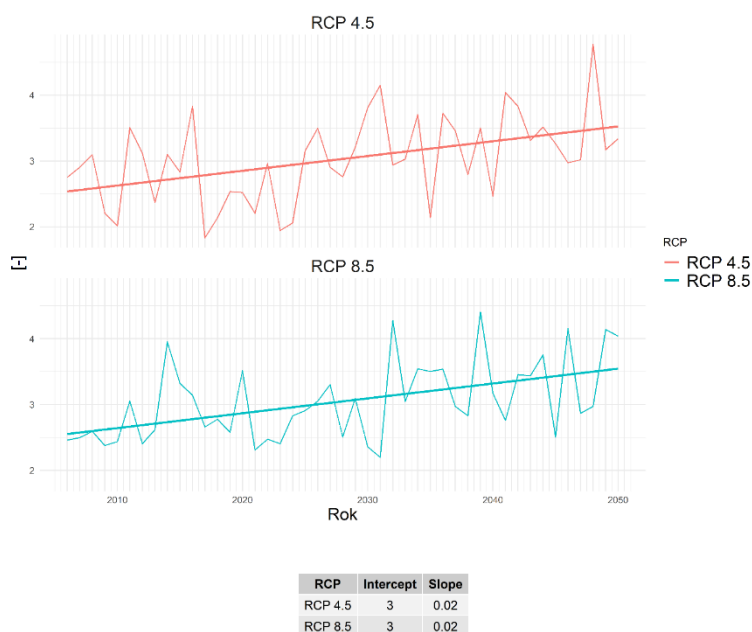
Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 263. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni gorących z maksymalną temperaturą powietrza przekraczającą 25°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję wzrostową o podobnej wartości (rys. 263). Jak wskazują proste regresji, w ciągu analizowanego okresu w RCP 8.5 nastąpić ma wzrost o około 11, a w RCP 4.5 o około 12 dni, co stanowi jedną czwartą wartości początkowej.

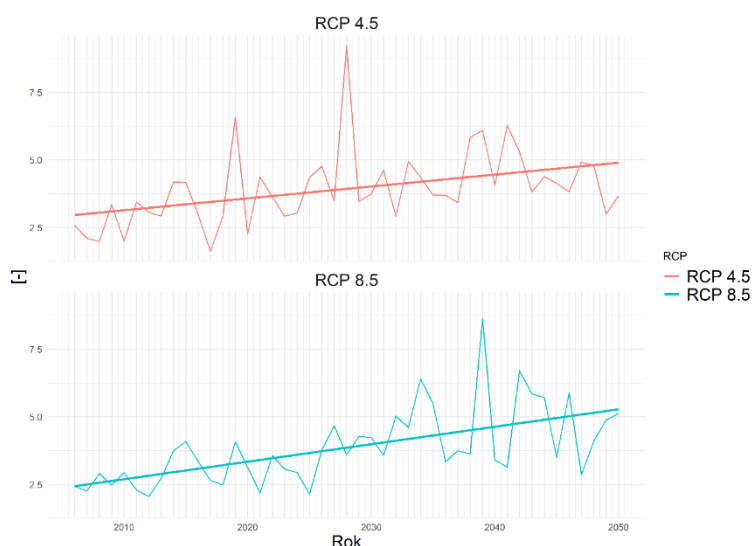
Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ w dekadzie



Rys. 264. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu zachodniego

W obu scenariuszach klimatycznych widoczna jest tendencja wzrostowa liczby okresów co najmniej pięciu następujących po sobie dni gorących z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C w ciągu dekady (rys. 264). Jak wskazują linie trendu, tempo wzrostu w RCP 4.5 i RCP 8.5 jest do siebie bardzo zbliżone. Wynieść on ma w ciągu analizowanego okresu około 1,0 w stosunku do wartości około 2,5 w klimacie bieżącym.

Liczba nocy tropikalnych ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



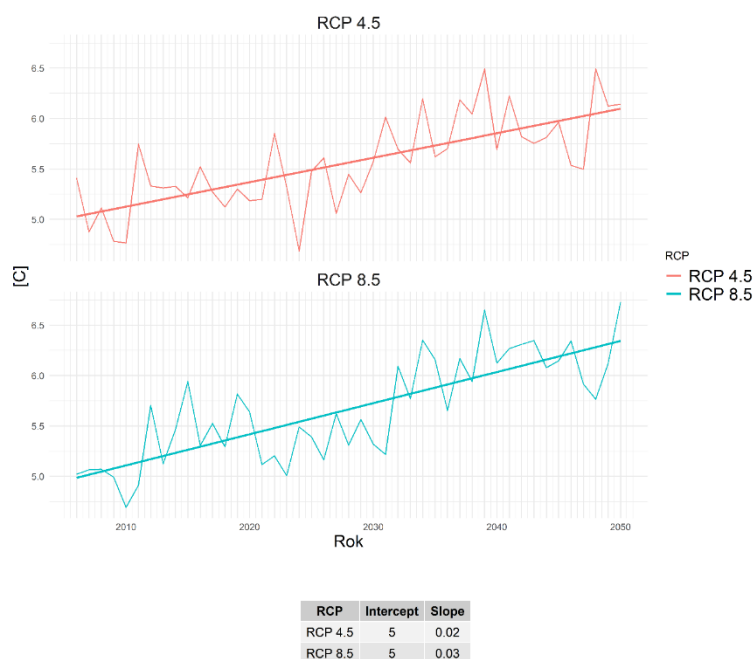
Rys. 265. Liczba nocy tropikalnych ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Prognoza wskazuje, że liczba nocy tropikalnych z temperaturą minimalną powyżej 20°C będzie rosła (rys. 265). Dotyczy to obu scenariuszy klimatycznych, choć linie trendu wskazują, że wzrost szybszy będzie w RCP 8.5. Podczas gdy w RCP 4.5 liczba takich przypadków wzrosnąć ma w ciągu analizowanego okresu z około 3 w ciągu dekady do 5, w scenariuszu ekstrapolacyjnym wzrost jest ponad dwukrotny.

Fale chłodu

Średnia roczna temperatura minimalna

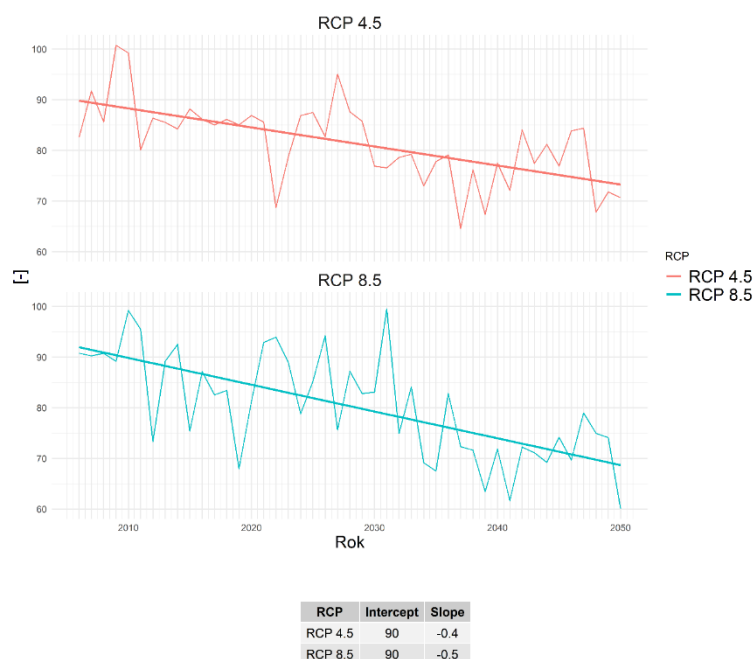
Średnia roczna temperatura minimalna wykazuje w analizowanym okresie w obu scenariuszach wyraźną tendencję wzrostową (rys. 266). Jak wskazują proste regresji, jest ona nieco większa w RCP 8.5. Średnia roczna temperatura minimalna ma zgodnie ze scenariuszem ekstrapolacyjnym wzrosnąć o około 1,3°C wobec 1,1°C w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 266. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu zachodniego

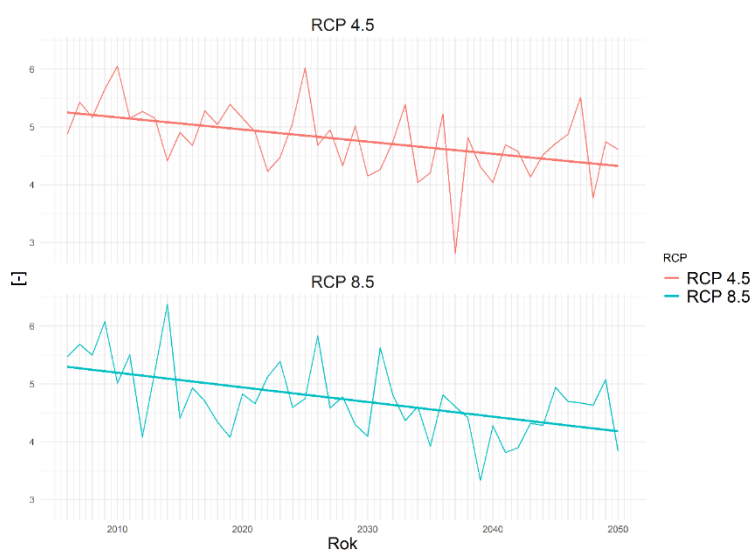
Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku

W analizowanym okresie w obu scenariuszach prognozowany jest wyraźny spadek liczby dni przymrozkowych (rys. 267). Jak wynika z linii trendu, ma on być szybszy w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Z początkowej wartości około 90 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C zgodnie z RCP8.5 na końcu analizowanego okresu pozostać ma mniej niż 70, co oznacza ubytek o 25%. W RCP4.5 ma on wynieść około 17 dni.



Rys. 267. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

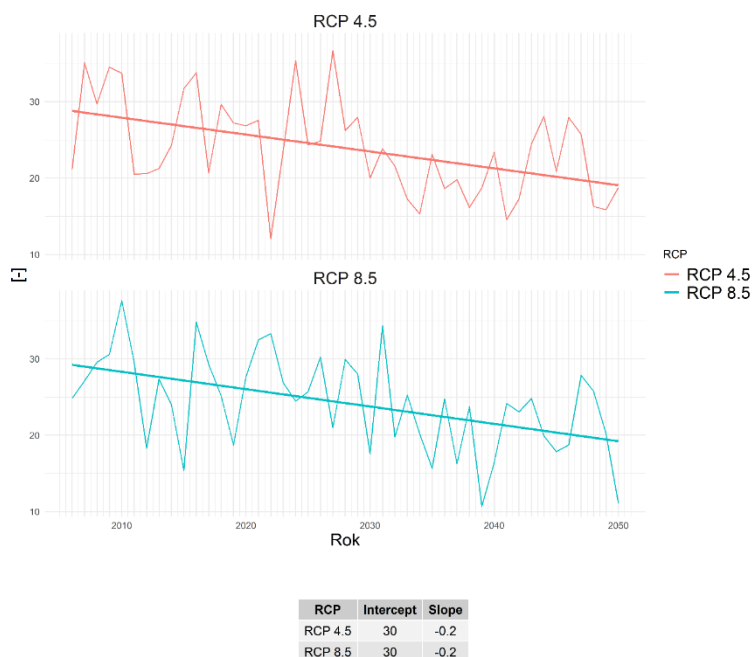
Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 268. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba okresów przymrozkowych, definiowanych jako ciąg co najmniej 5 dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C , dla obu scenariuszy wykazuje w analizowanym okresie tendencję spadkową (rys. 268). Jak wskazują linie trendu, nieco szybszy spadek nastąpić ma w RCP 8.5. Wyniesie on w ciągu analizowanego okresu około 1,1 w skali dekady wobec około 0,9 w RCP 4.5, co stanowi odpowiednio około 21% i 17%.

Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku

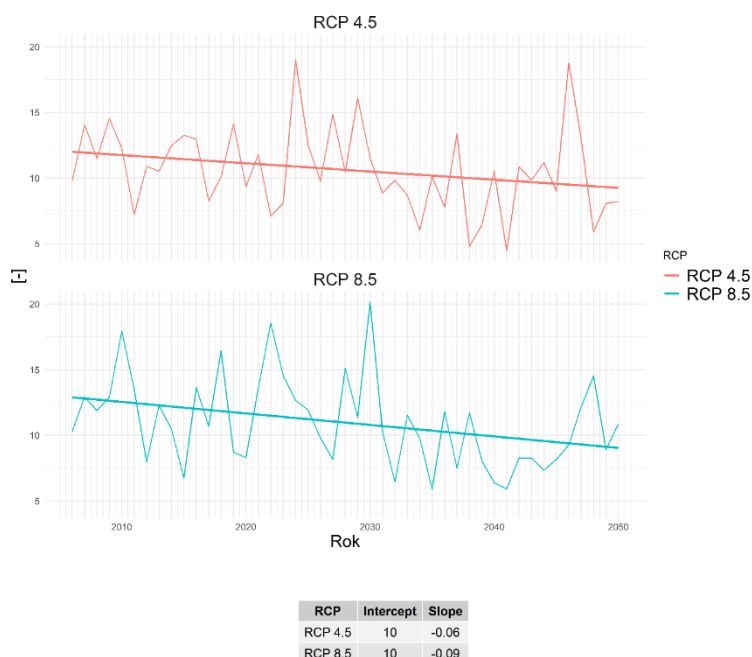


Rys. 269. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C , w obu scenariuszach wykazuje w analizowanym okresie wyraźną tendencję spadkową (rys. 269). W przypadku tego indeksu nie ma widocznych różnic pomiędzy oboma scenariuszami klimatycznymi.

Tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 liczba dni mroźnych w roku spada z początkowej wartości około 29 do około 19 na końcu okresu analizy. Stanowi to ubytek o jedną trzecią.

Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 270. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni bardzo mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 270). Proste regresji wskazują, że szybszy spadek nastąpi w RCP 8.5. Ma on w ciągu analizowanego okresu wynieść w tym scenariuszu około 4 dni, co stanowi jedną trzecią początkowej wartości 13 dni w roku. W RCP 4.5 liczba dni bardzo mroźnych zmniejszy się o około 3 w roku.

Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

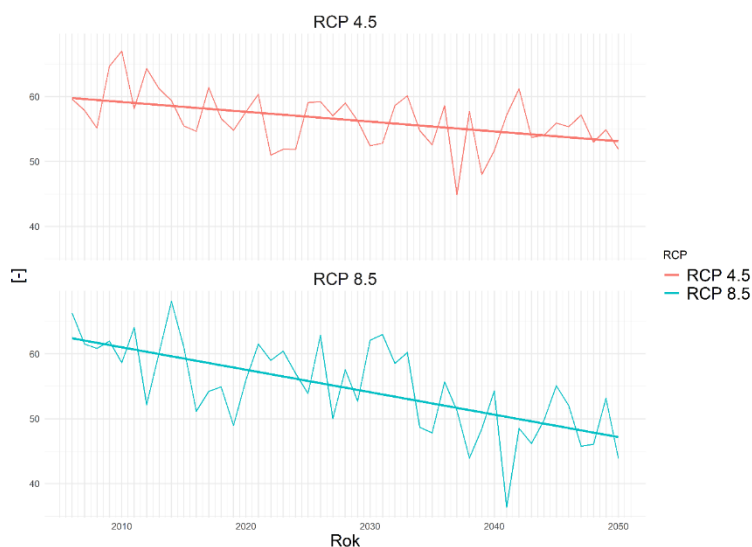


Rys. 271. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba fal chłodu, definiowana jako liczba okresów długości co najmniej trzech dni z dobową temperaturą minimalną niższą niż -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 271). Proste regresji w RCP 4.5 i RCP 8.5 są do siebie w przypadku tego indeksu zbliżone, choć w RCP 8.5 trend jest mimo wszystko nieco silniejszy. Początkowa wartość około 1,5 w skali dekady w scenariuszu umiarkowanym spaść ma w ciągu analizowanego okresu do 1 (ubytek o jedną trzecią), w ekstrapolacyjnym zaś nawet poniżej tej wartości.

Liczba dni z przejściem przez 0°C w roku

Liczba dni z przejściem przez 0°C , w których temperatura dobową minimalną jest niższa od 0°C , maksymalna zaś wyższa od tej wartości, wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową (rys. 272). Ma ona być wyraźnie silniejsza w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Jak wskazują proste regresji, w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba takich dni zmniejszy się o około 15, w RCP 4.5 zaś o około 7, co stanowi odpowiednio około 24% i około 12% wartości początkowej.



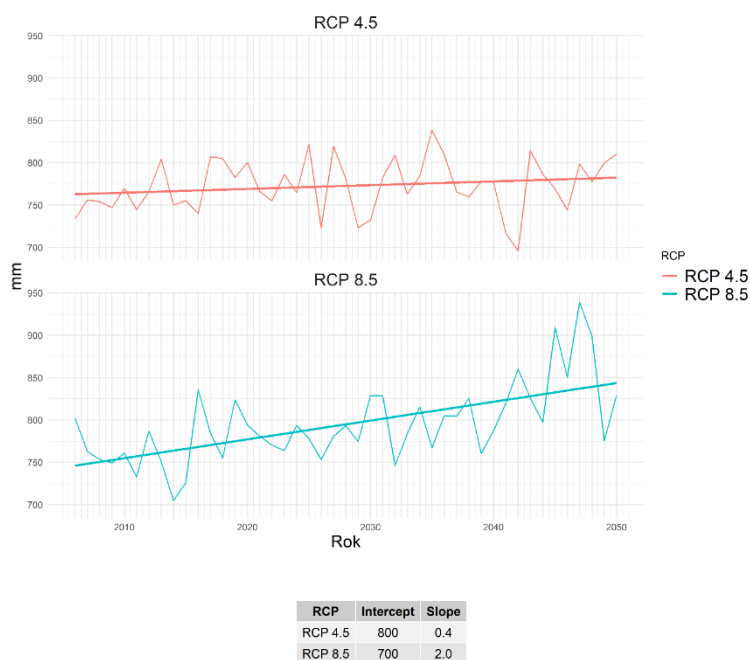
Rys. 272. Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu zachodniego

RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	60	-0.2
RCP 8.5	60	-0.3

2.4.2 Warunki opadowe

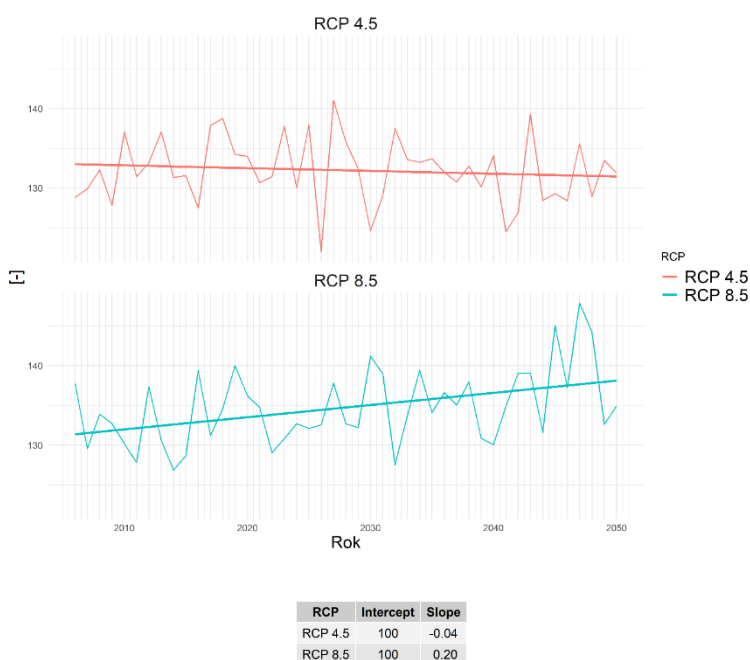
Roczna suma opadu

Roczna suma opadu dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 273). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanej sumy opadu będzie się zmieniał od 695,9 mm do 838,6 mm, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 704,7 do 939 mm.



Rys. 273. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm



Rys. 274. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem, definiowana jako liczba dni, w których prognozowany jest opad wyższy od 1 mm, dla subregionu zachodniego wykazuje w scenariuszu RCP 8.5 trend wzrostowy, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 trend malejący (rys. 274). Wzrost w scenariuszu RCP 8.5 jest dynamiczny. W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 prognozowana jest zmienność od 122 do 141 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 126,8 do 147,8 dni.

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C

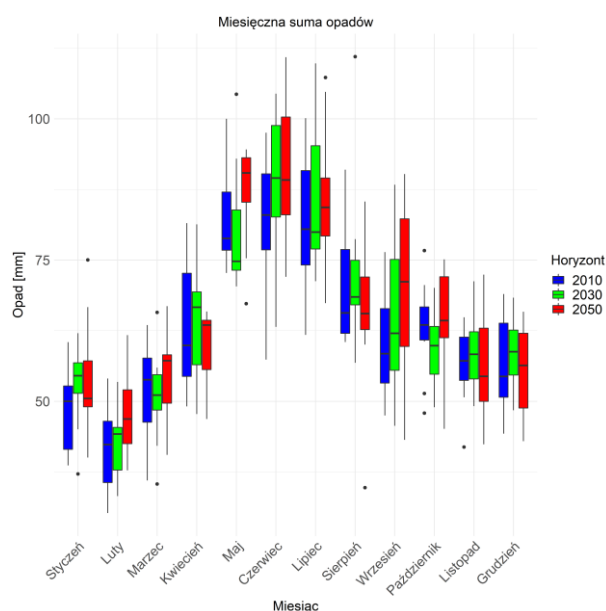


Rys. 275. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową o zbliżonej dynamice (rys. 275). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 wartość tego wskaźnika waha się od 10,2 do 28,5 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 14,3 do 25,7 dni.

Miesięczna suma opadu

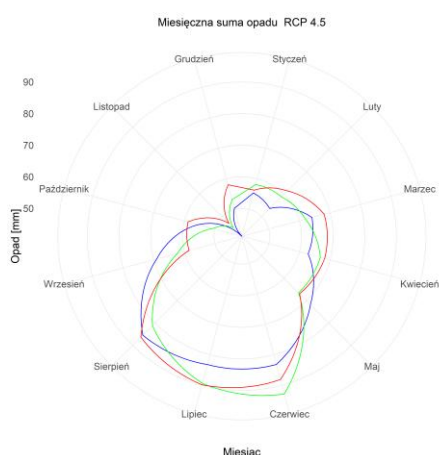
Miesięczna suma opadu RCP 4.5



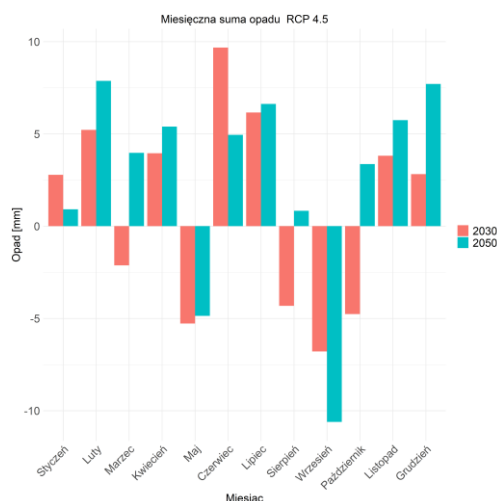
Rys. 276. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5

Na rysunkach od 276 do 278 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów

czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



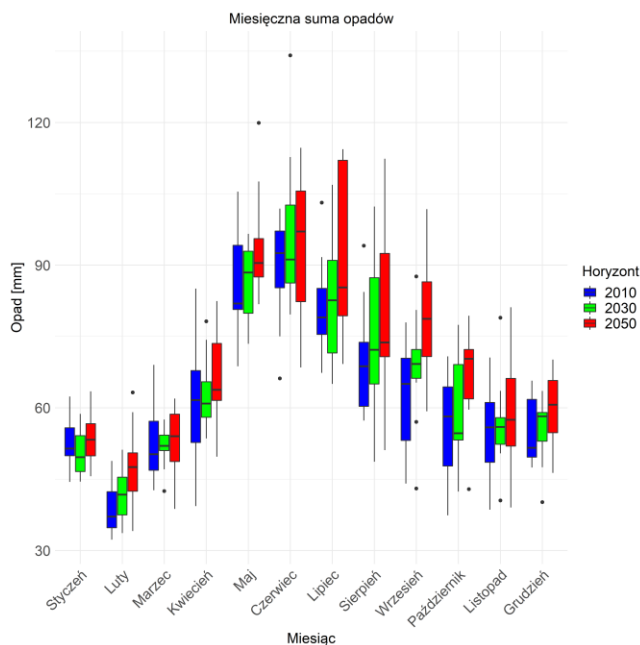
Rys. 277. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



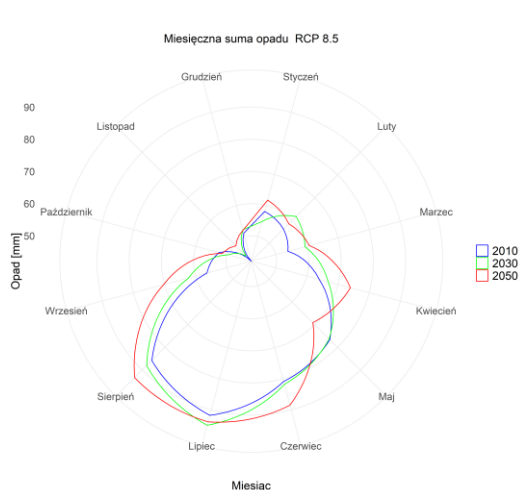
Rys. 278. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 4.5

Miesięczna suma opadu RCP 8.5

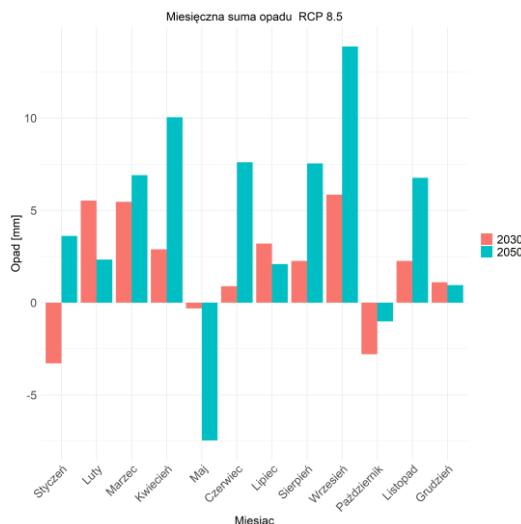
Na rysunkach od 279 do 281 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 279. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 280. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5



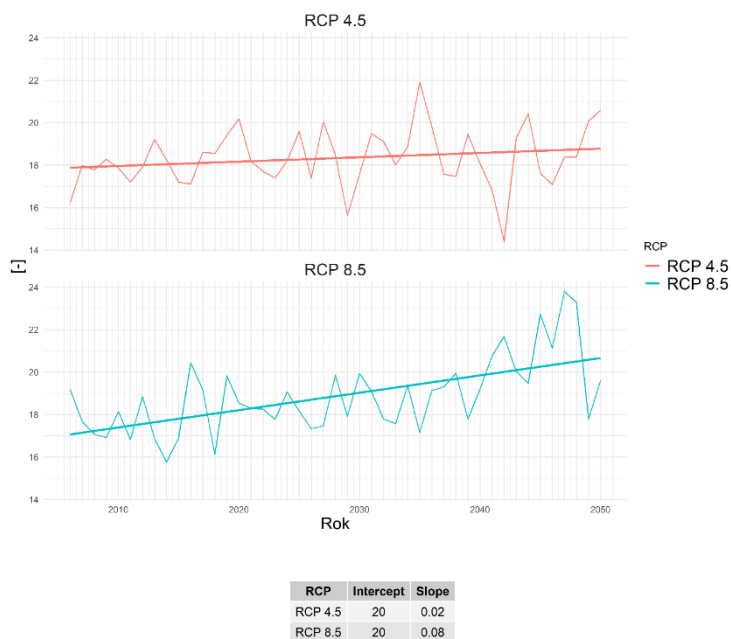
Rys. 281. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza średniej miesięcznej sumy opadu zmienia się w zależności od pory roku. Prawie we wszystkich miesiącach w obu scenariuszach dane charakteryzuje tendencja wzrostowa (poziome linie na diagramach pudełkowych – mediany, wykresy nr 276 oraz 279). Wyjątek stanowi miesiąc kwiecień, sierpień i grudzień w scenariuszu RCP 4.5. W scenariuszu RCP 8.5 w miesiącach: styczniu, marcu, kwietniu, maju, listopadzie i grudniu w horyzoncie do 2030 roku prognozowany jest spadek względem roku 2010, a następnie, w horyzoncie 2050, wzrost, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 takie zmiany wystąpiły w lutym, marcu, maju i październiku. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla czerwca i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla lipca, sierpnia i września w scenariuszu RCP 8.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost sum opadów w prawie każdym miesiącu.

Opad ekstremalny

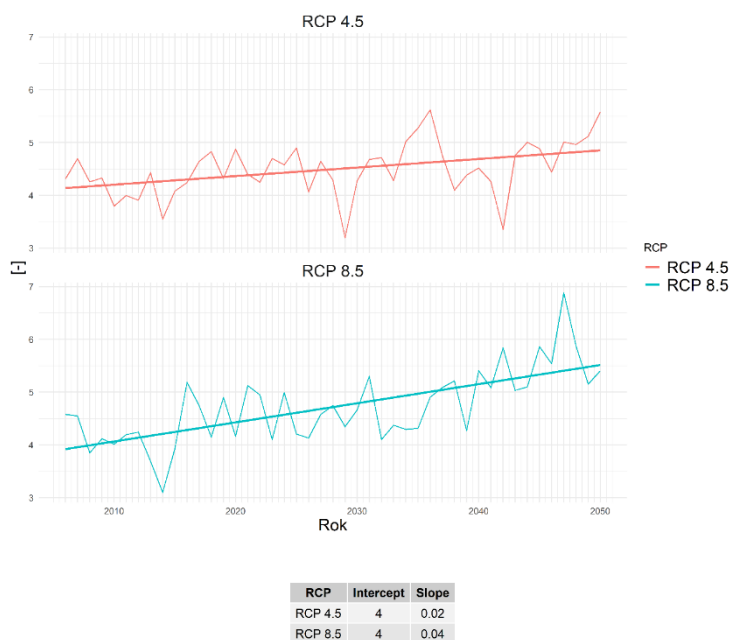
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm w dekadzie

Liczba dni z opadem powyżej 10 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 282). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 14,4 do 21,9, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 15,7 do 23,8 dni.



Rys. 282. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm w dekadzie



Rys. 283. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 20 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 283). W scenariuszu RCP 8.5 prognozuje się bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 3,2 do 5,6, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 3,1 do 6,9 dni.

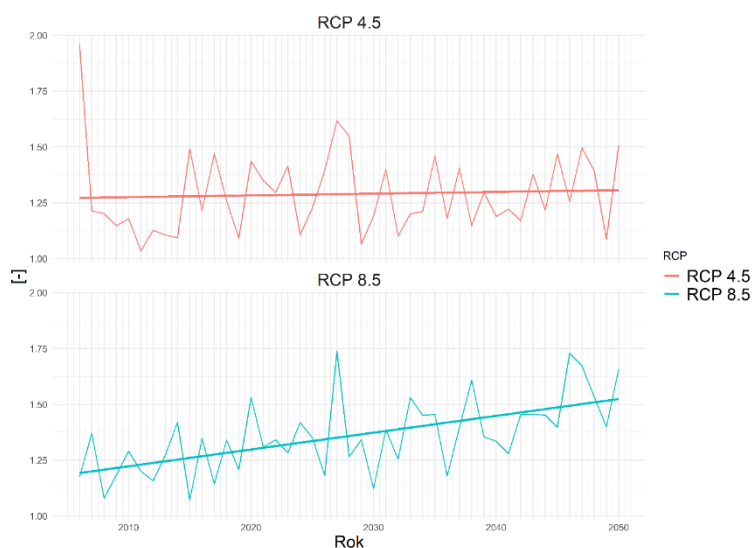
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm w dekadzie



Rys. 284. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 30 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 284). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1,4 do 2,28 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1,4 do 2,9 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm w dekadzie

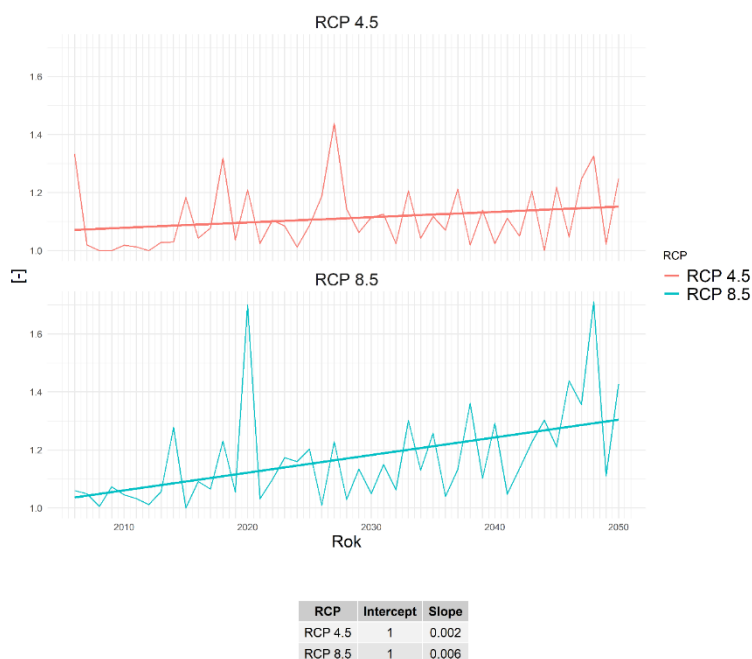


Rys. 285. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 40 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 285). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od

1 do 1,9 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1 do 1,7 dni.

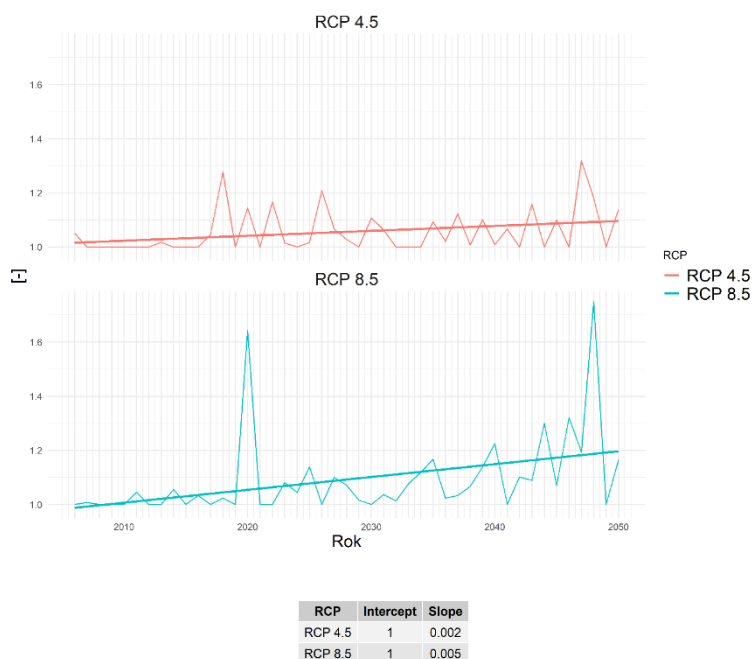
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm w dekadzie



Rys. 286. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 50 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 286). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,4 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1 do 1,7 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm w dekadzie

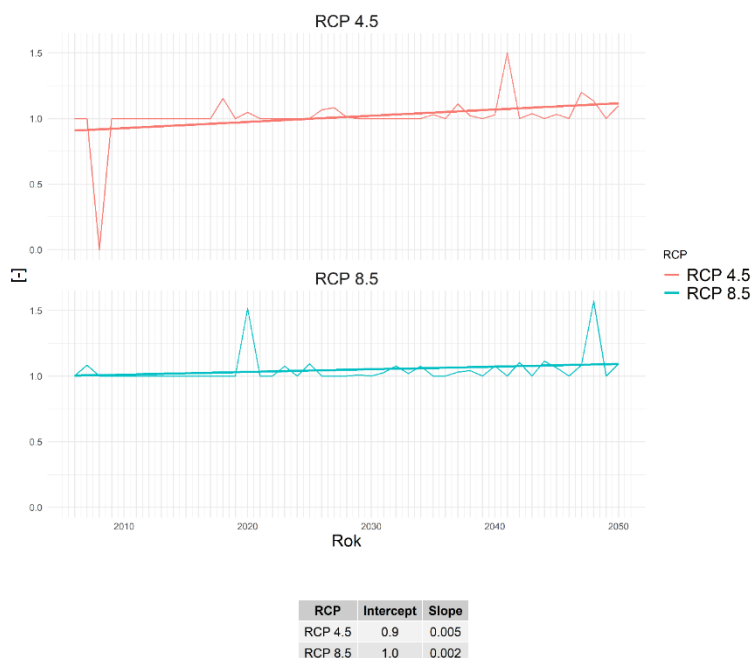


Rys. 287. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 60 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 287). W analizowanym okresie

w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1 do 1,3 dni w scenariuszu RCP 4.5 oraz od 1 do 1,7 dni w scenariuszu RCP 8.5.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm w dekadzie



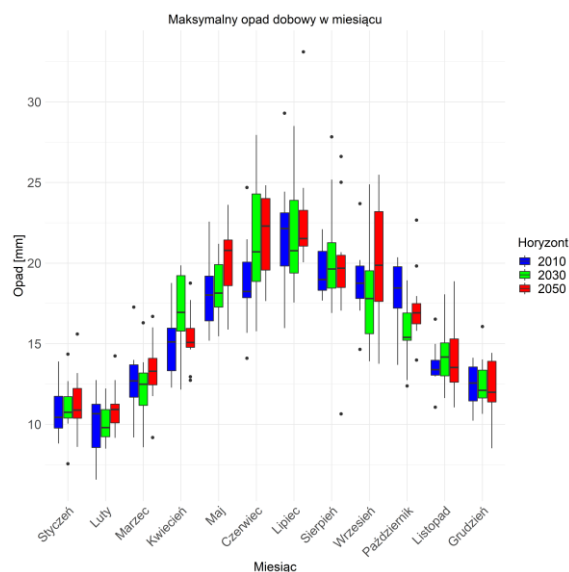
Rys. 288. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni z opadem powyżej 70 mm dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu charakteryzuje się trendem minimalnie rosnącym (rys. 288). W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, w obu scenariuszach liczba dni z opadem powyżej 70 mm nie przekroczy wartości 1,6 dni. Należy nadmienić, iż prognozowana częstotliwość występowania liczby dni z opadem powyżej 70 mm jest mniejsza niż innych wskaźników analizowanych w niniejszym raporcie.

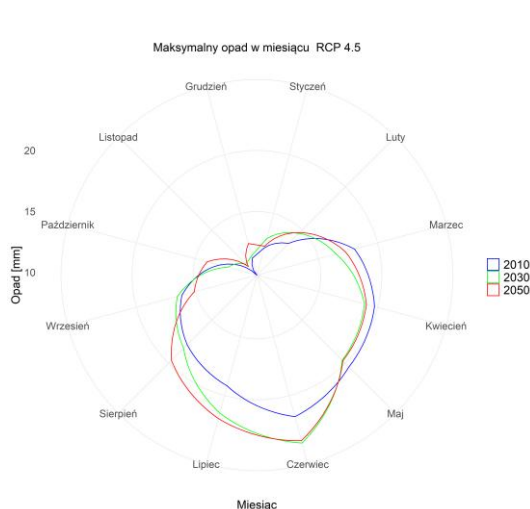
Maksymalny opad dobowy w miesiącu

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 4.5

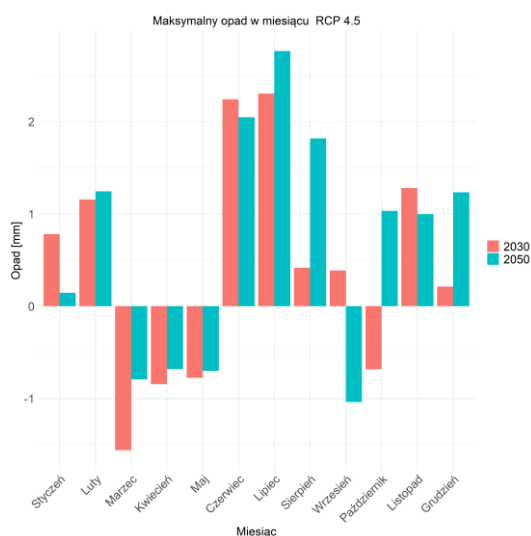
Na rysunkach od 289 do 291 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 289. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



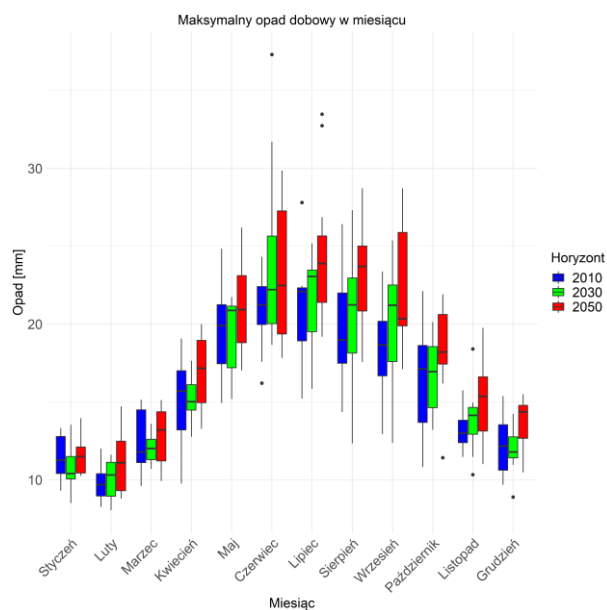
Rys. 290. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



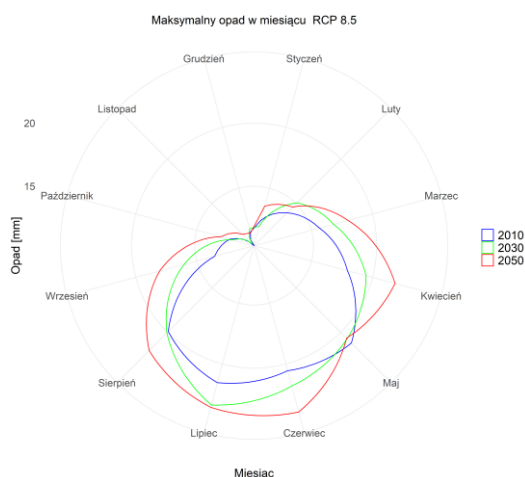
Rys. 291. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 4.5

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 8.5

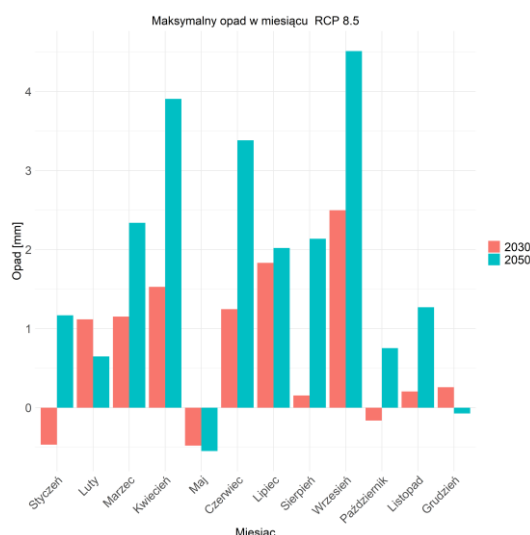
Na rysunkach od 292 do 294 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 292. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 293. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5

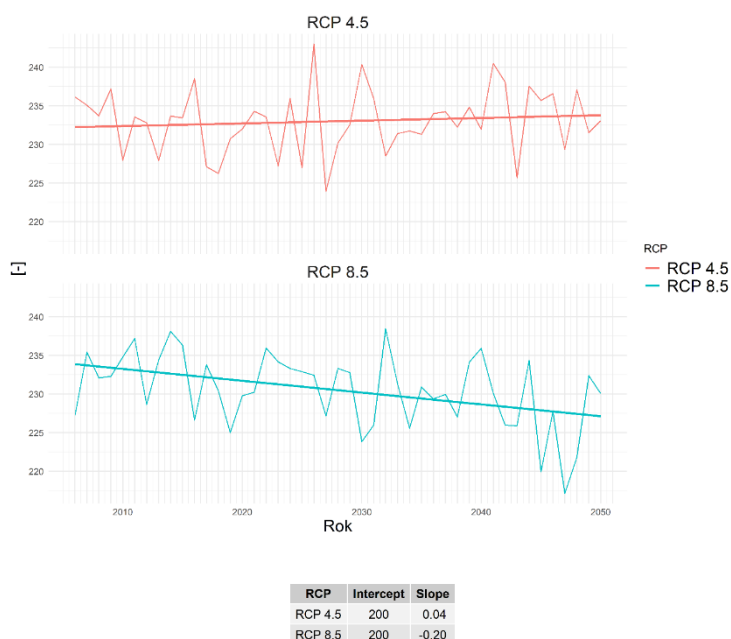


Rys. 294. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza maksymalnego opadu dobowego w miesiącu charakteryzuje wysoka zmienność w analizowanych dekadach, o czym świadczy wielkość diagramów pudełkowych prezentowanych na wykresach nr 289 i 292. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla kwietnia, czerwca i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla czerwca i września w scenariuszu RCP 8.5 (wykresy 290 oraz 293). Spadek wartości wskaźnika prognozuje się dla października w scenariuszu RCP 4.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost maksymalnego opadu dobowego prawie w każdym miesiącu.

2.4.3 Wskaźniki suszy

Liczba dni bez opadu



Rys. 295. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba dni bez opadu dla subregionu zachodniego dla analizowanego okresu w scenariuszu RCP 4.5 wykazuje tendencję rosnącą, natomiast w scenariuszu RCP 8.5 tendencję malejącą (rys. 295). W scenariuszu RCP 4.5 prognozowany wzrost jest nieznaczny, w scenariuszu RCP 8.5 występuje dynamiczny spadek. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 223,9 do 243 dni, w RCP 8.5 natomiast od 217,2 do 238,5 dni.

Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni w dekadzie

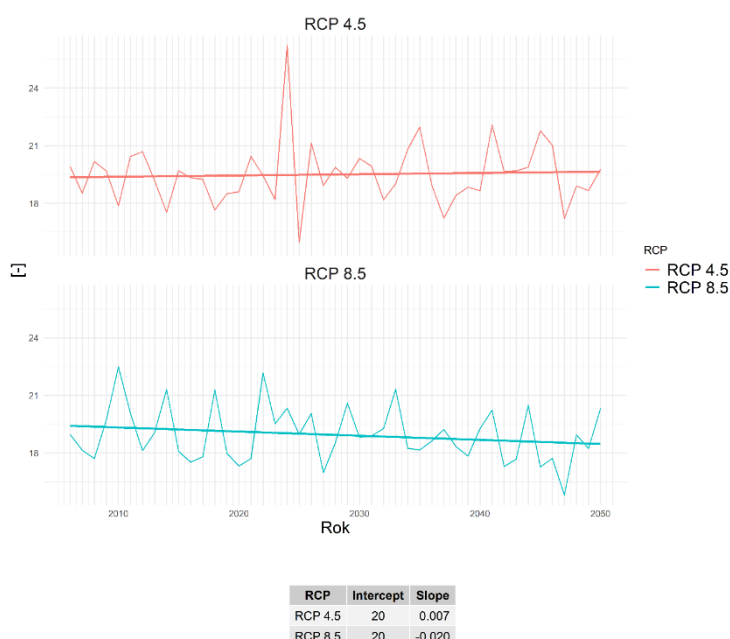


Rys. 296. Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu zachodniego

Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni dla subregionu zachodniego w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 296). W scenariuszu RCP 8.5 prognozowany jest bardziej dynamiczny spadek niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 13,9 do 17,3 dni, w RCP 8.5 natomiast od 13,8 do 16,1 dni.

Najdłuższy okres bez opadu

Długość najdłuższego okresu bez opadu dla subregionu zachodniego w scenariuszu RCP 4.5 wykazuje trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta), natomiast w scenariuszu RCP 8.5 tendencję malejącą (rys. 297). W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 15,98 do 26,2 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 15,8 do 22,48 dni.



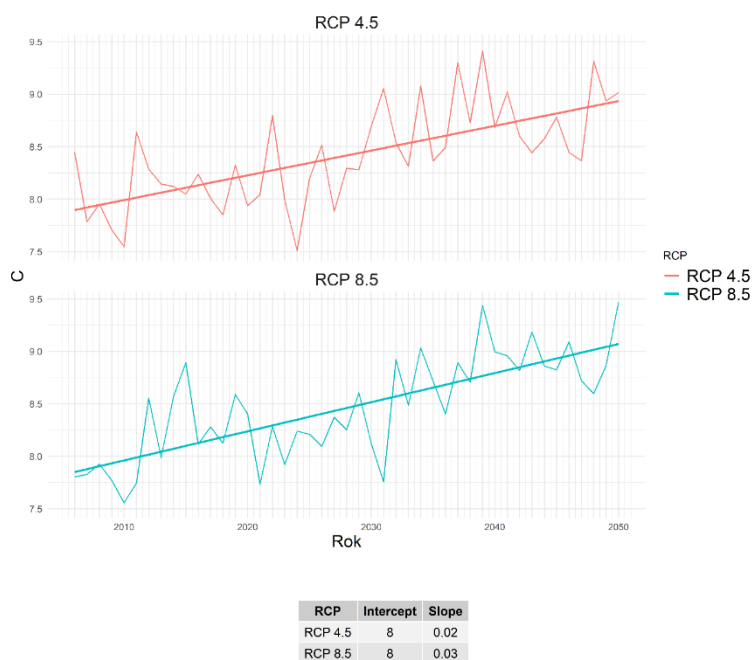
Rys. 297. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu zachodniego

2.5 Subregion południowy

2.5.1 Warunki termiczne

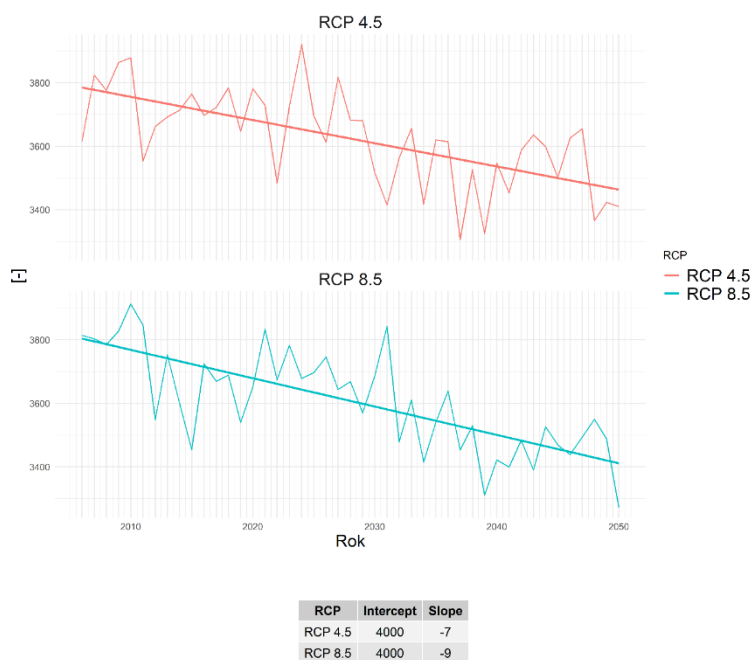
Średnia roczna temperatura powietrza

Z prognozy wynika, iż dla wartości temperatury średniej rocznej w obu scenariuszach występuje trend wzrostowy (rys. 298). Jak wskazują proste regresji, wzrost temperatur szybszy będzie w RCP 8.5. Ma on w scenariuszu ekstrapolacyjnym wynieść w ciągu analizowanego okresu około 1,2°C wobec 1,0°C w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 298. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego

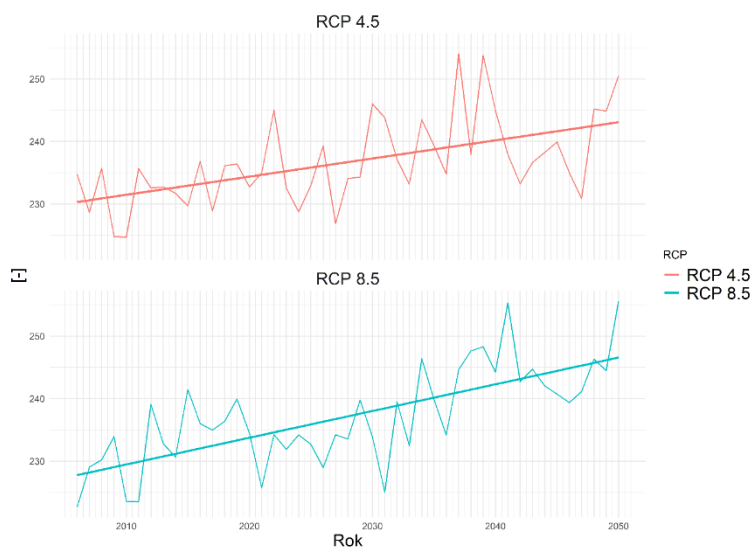
HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C



Rys. 299. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu południowego

Prognoza stopniodni dla średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 18°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową, która silniejsza jest w scenariuszu ekstrapolacyjnym (rys. 299). Do roku 2050 spadek HDD wynieść ma około 320 w RCP 4.5, w RCP 8.5 zaś około 390, co stanowi odpowiednio 8% i 10% wartości początkowej.

Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$)



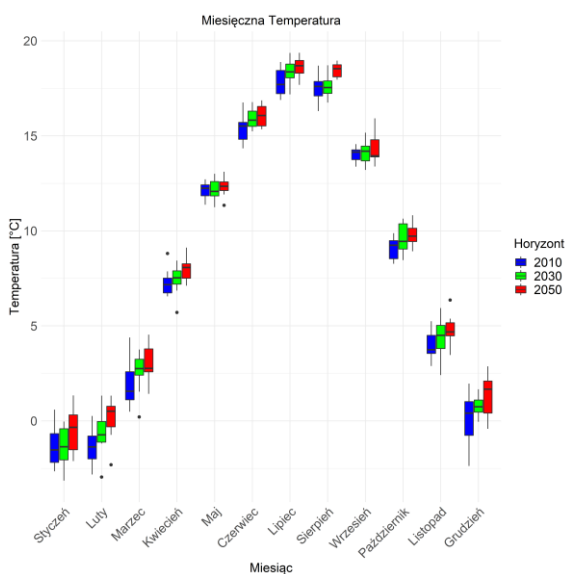
Rys. 300. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni wegetacyjnych, ze średniodobową temperaturą powietrza powyżej 5°C , wykazuje w perspektywie kolejnych dekad tendencję wzrostową (rys. 300). Ma ona być silniejsza w RCP 8.5. Do 2050 roku nastąpić ma wzrost o około 9 dni w scenariuszu umiarkowanym, w ekstrapolacyjnym zaś o około 15. Stanowi to odpowiednio 6% i 9% wartości na początku analizy.

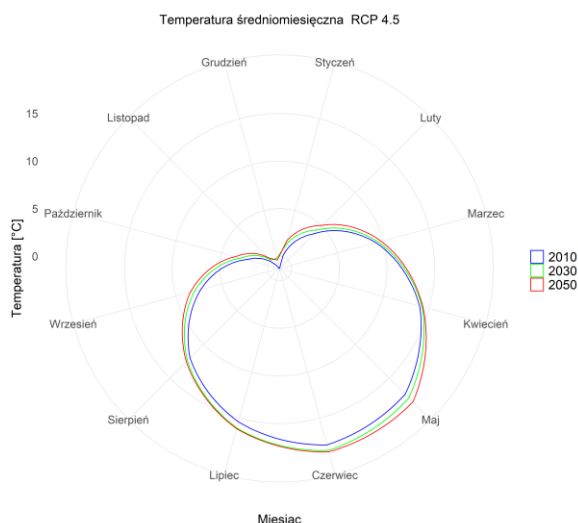
Temperatura średniomiesięczna

Temperatura średniomiesięczna RCP 4.5

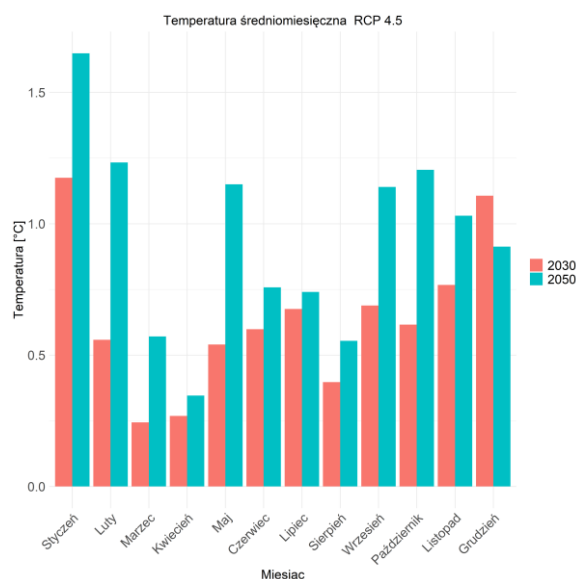
Na rysunkach od 301 do 303 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 301. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



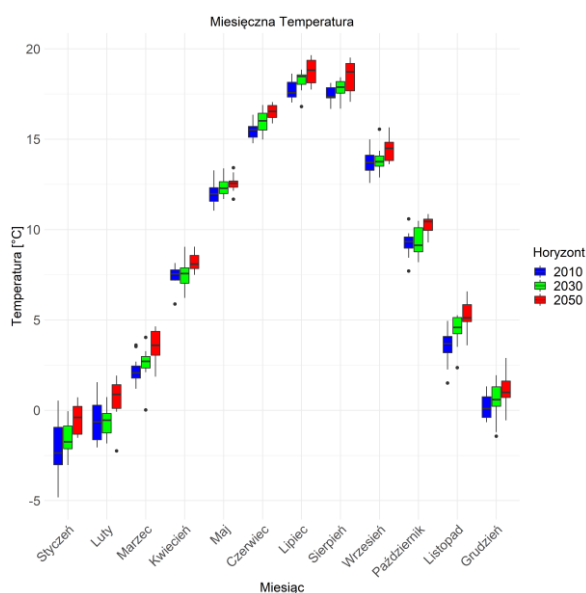
Rys. 302. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5



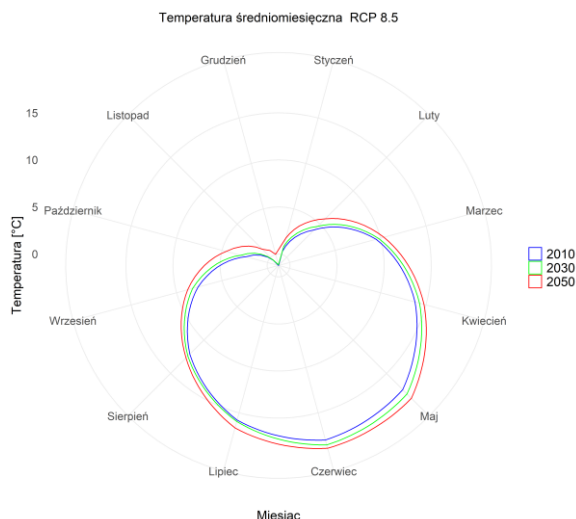
Rys. 303. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 4.5

Temperatura średniomiesięczna RCP 8.5

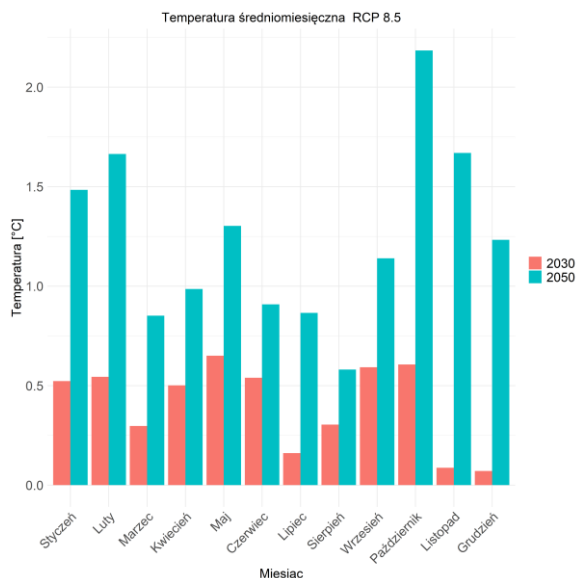
Na rysunkach od 304 do 306 przedstawiono wartości średniomiesięcznej temperatury dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 304. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 305. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5



Rys. 306. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 8.5

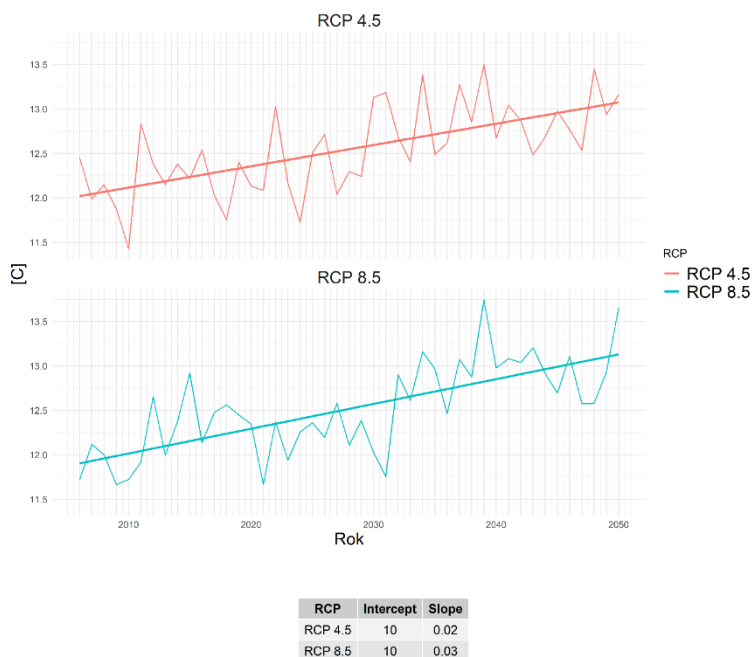
Z wykresów na rys. 302 i rys. 305 wynika, że w obu scenariuszach klimatycznych następowało będzie ocieplenie we wszystkich porach roku. Wielkości tych zmian lepiej widoczne są na diagramach na rys. 301 i rys. 304, z których odczytać można także zmienność temperatur średniomiesięcznych w kolejnych latach badanych dekad. Pudełka z wąsami obrazują wartości środkowe – mediany (pozioma linia wewnątrz pudełka), kwartyle dolne i górne (rozpiętość pudełka), percentyle 5. i 95. (zasięg wąsów) oraz ewentualne wartości odstające (kropki oddalone). Wynika z nich, że bardziej zmienne w regionie południowym województwa śląskiego są i będą zimy niż miesiące ciepłe, choć w RCP 8.5 w horyzoncie roku 2050 także lipiec i sierpień wykazują znaczne rozstępy międzykwartylowe. Oznacza to, że temperatury w zimie mogą bardziej różnić się w kolejnych latach.

Same anomalie, czyli różnice między dekadami horyzontów 2030 i 2050 a dekadą bazową (2010), w kolejnych miesiącach roku najlepiej widoczne są na diagramach słupkowych na rys. 303 i rys. 306. Wynika z nich, że większy wzrost temperatur następował będzie w miesiącach chłodnych niż ciepłych, co wiąże się ze złagodzeniem zim większym niż zaostrenie lata. Różnice większe są w scenariuszu ekstrapolacyjnym, w którym widoczne jest ponadto, jak rozpędzają się one w ciągu analizowanego okresu. O ile w RCP 4.5 w większości miesięcy wzrost jest większy (nieraz znacznie) w ciągu pierwszych 20 lat niż kolejnych, o tyle w RCP 8.5 jest odwrotnie. W październiku, kiedy w horyzoncie 2050 roku nastąpić ma największe podwyższenie temperatury średniej aż o około 2,2°C, wzrost w horyzoncie roku 2030 wynosi 0,6°C. Jeszcze większe różnice widoczne są w niektórych innych miesiącach; w listopadzie na drugą połowę analizowanego okresu przypada około 90% wzrostu temperatury średniomiesięcznej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost średnich temperatur w każdym miesiącu, a szczególnie w miesiącach zimowych.

Fale upałów

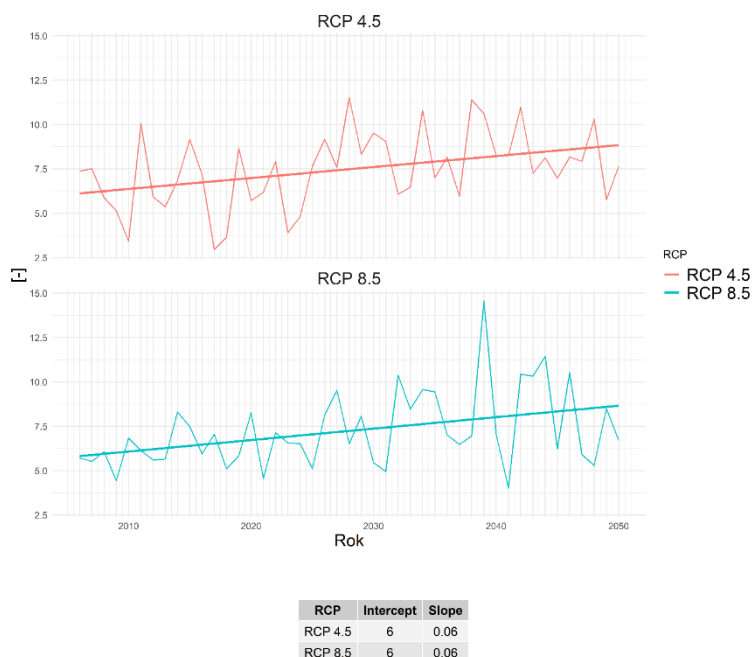
Średnia roczna temperatura maksymalna



Rys. 307. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu południowego

Prognoza w obu scenariuszach klimatycznych wskazuje na wzrost dobowych temperatur maksymalnych w nadchodzących dekadach (rys. 307). Linie trendu wskazują, że w scenariuszu ekstrapolacyjnym ma on być nieco szybszy i wynieść w ciągu okresu analizy około 1,2°C wobec nieco ponad 1°C w scenariuszu umiarkowanym.

Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w roku

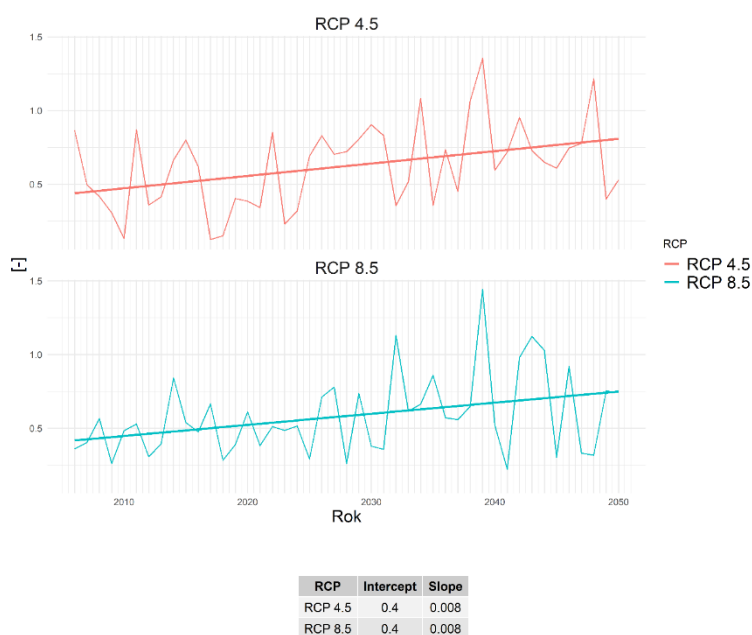


Rys. 308. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni upalnych o temperaturze maksymalnej przekraczającej 30°C, mimo znacznych różnic między kolejnymi latami, wykazuje wyraźną tendencję wzrostową (rys. 308). W przypadku tego indeksu nie ma zauważalnych różnic pomiędzy scenariuszami klimatycznymi. Tak w RCP 4.5, jak

w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba dni upalnych w ciągu roku wzrosnąć ma zgodnie z prostą regresji o około 3, czyli o połowę w stosunku do wartości początkowej.

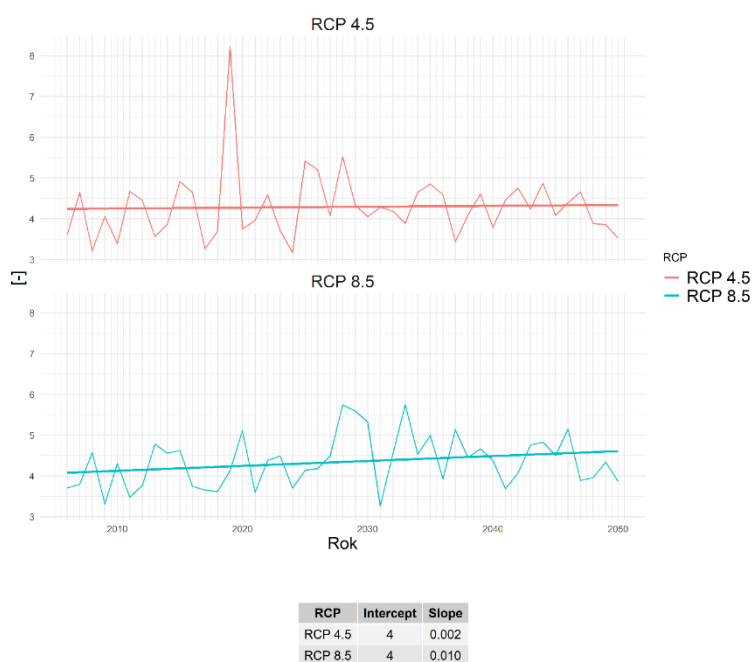
Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 309. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Zgodnie z prognozą w regionie południowym województwa śląskiego w klimacie bieżącym okres co najmniej trzech kolejnych dni z dobową temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C występuje przeciętnie raz na dwie dekady (rys. 309). W obu scenariuszach widoczna jest podobna tendencja do wzrostu liczby takich zdarzeń, który wyniesie ma w ciągu okresu analizy ponad 80%.

Średnia długość trwania fal upałów



Rys. 310. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu południowego

Średnia długość fal upałów wykazuje w obu scenariuszach klimatycznych dużą zmienność między kolejnymi latami, co związane jest z bardzo niską częstotliwością występowania tych epizodów, przeciętnie raz na dwadzieścia lat, jak wykazano wyżej (rys. 310). Linie trendu wskazują na brak

trendu w analizowanym okresie, zwłaszcza w scenariuszu umiarkowanym. W scenariuszu ekstrapolacyjnym widoczna jest pewna tendencja wzrostowa, jest ona jednak tak nieznaczna, że oczekiwana długość fali upałów pozostaje na poziomie 4 lub 5 dni.

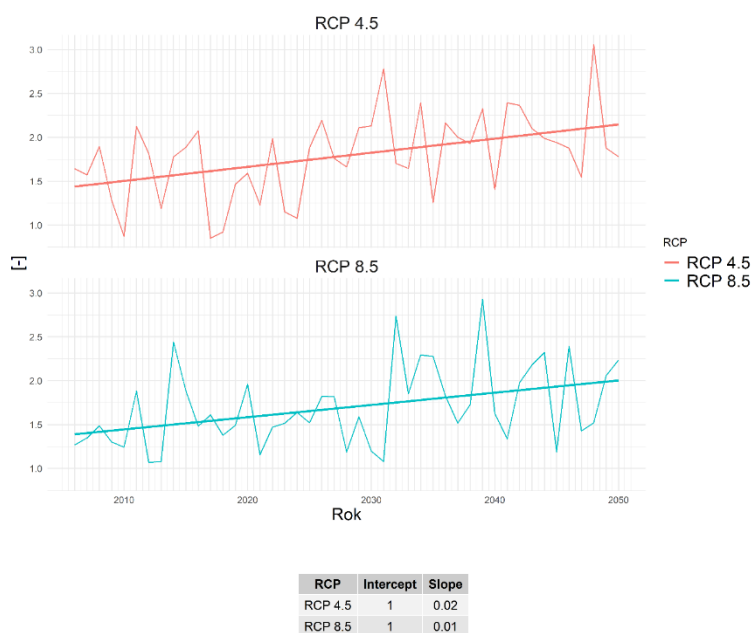
Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 311. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni gorących z maksymalną temperaturą powietrza przekraczającą 25°C wykazuje w obu scenariuszach tendencję wzrostową o podobnej wartości (rys. 311). Jak wskazują proste regresji, w ciągu analizowanego okresu w RCP 8.5 nastąpić ma wzrost o około 9, w RCP 4.5 zaś o około 10 dni, co stanowi jedną trzecią wartości początkowej.

Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ w dekadzie

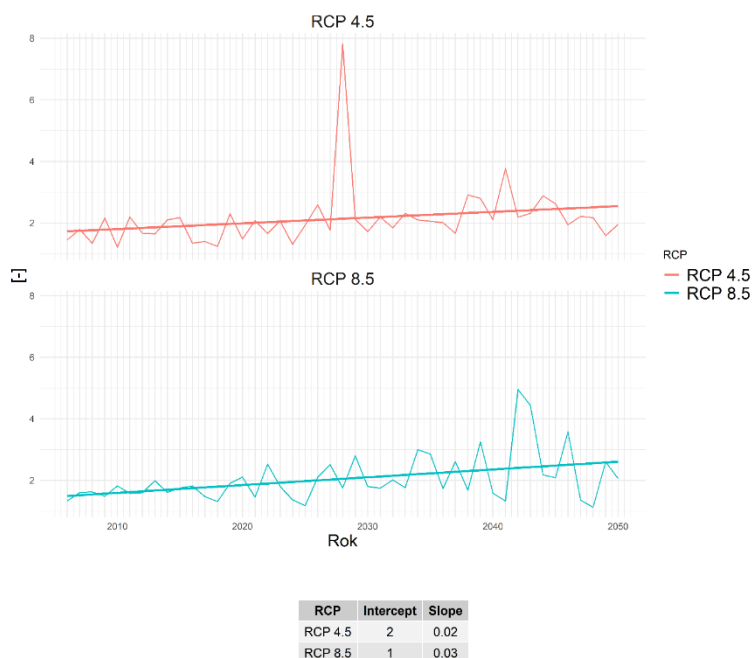


Rys. 312. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu południowego

W obu scenariuszach klimatycznych widoczna jest tendencja wzrostowa liczby okresów co najmniej pięciu następujących po sobie dni gorących z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C w ciągu

dekady (rys. 312). Jak wskazują linie trendu, wzrost w RCP 4.5 i w RCP 8.5 jest do siebie zbliżony. Wyniesień on ma w ciągu analizowanego okresu około 0,6 w scenariuszu ekstrapolacyjnym i około 0,7 w umiarkowanym w stosunku do wartości niecałe 1,5 w klimacie bieżącym.

Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



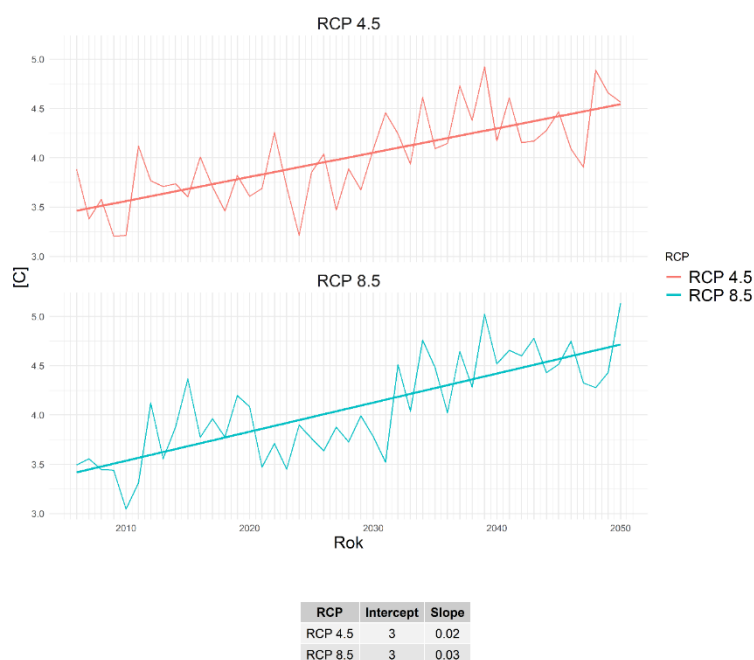
Rys. 313. Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Prognoza wskazuje, że w regionie południowym liczba nocy tropikalnych z temperaturą minimalną powyżej 20°C nie wzrośnie istotnie w ciągu analizowanego okresu (rys. 313). W obu scenariuszach klimatycznych da się dostrzec trend wzrostowy, jest on jednak tak nieznaczny, że wartość indeksu pozostaje na poziomie około 2 przypadków w dekadzie.

Fale chłodu

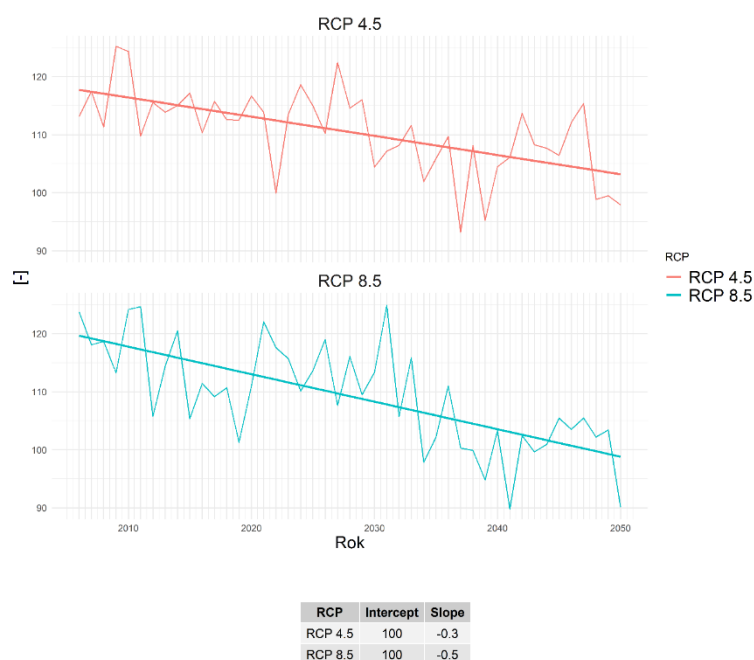
Średnia roczna temperatura minimalna

Średnia roczna temperatura minimalna wykazuje w analizowanym okresie w obu scenariuszach wyraźną tendencję wzrostową. Jak wskazują proste regresji, jest ona nieco większa w RCP 8.5 (rys. 314). Średnia roczna temperatura minimalna ma zgodnie ze scenariuszem ekstrapolacyjnym wzrosnąć o około $1,3^{\circ}\text{C}$ wobec $1,1^{\circ}\text{C}$ w scenariuszu umiarkowanym.



Rys. 314. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu południowego

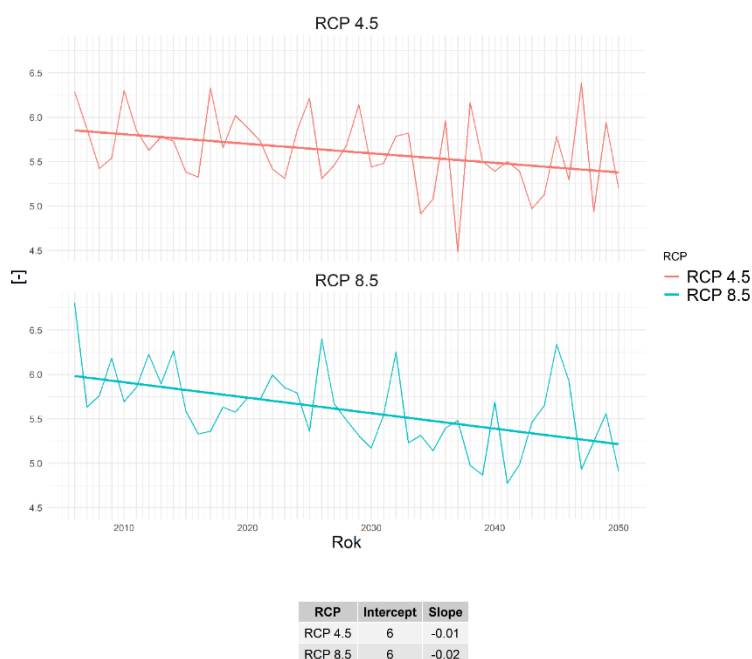
Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 315. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

W analizowanym okresie w obu scenariuszach prognozowany jest wyraźny spadek liczby dni przymrozkowych. Jak wynika z linii trendu, ma on być szybszy w scenariuszu ekstrapolacyjnym (rys. 315). Z początkowej wartości około 120 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C zgodnie z RCP8.5 na końcu analizowanego okresu pozostać ma niecałe 100, co oznacza ubytek o około 17%. W RCP4.5 ma on wynieść około 15 dni.

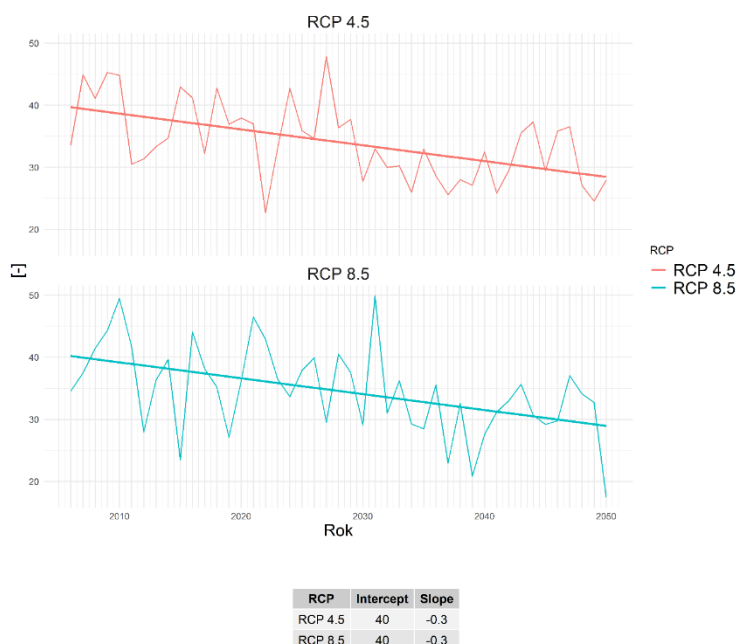
Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) w dekadzie



Rys. 316. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba okresów przymrozkowych, definiowanych jako ciąg co najmniej 5 dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C , dla obu scenariuszy wykazuje w analizowanym okresie tendencję spadkową (rys. 316). Jak wskazują linie trendu, szybszy spadek nastąpić ma w RCP 8.5. Wyniesie on w ciągu analizowanego okresu około 0,8 w skali dekady wobec około 0,5 w RCP 4.5, co stanowi odpowiednio około 13% i 9%.

Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) w roku

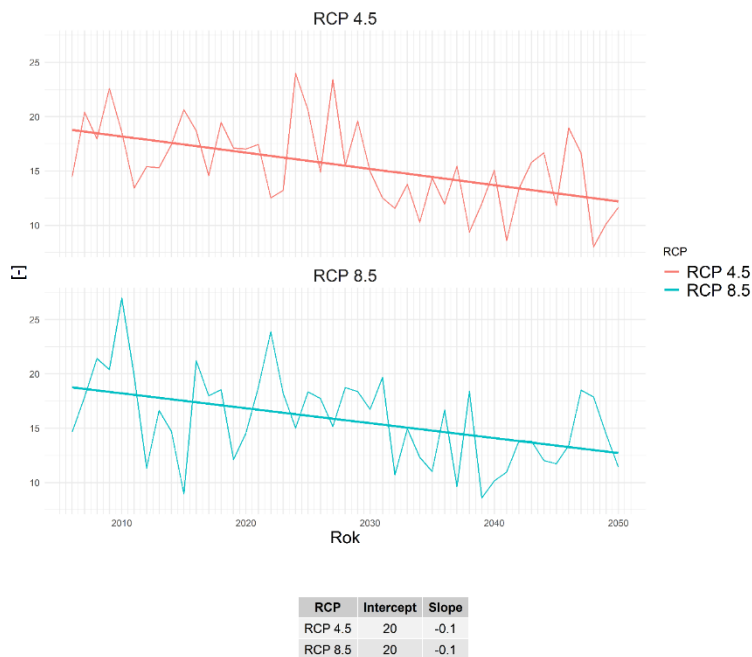


Rys. 317. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C , w obu scenariuszach wykazuje w analizowanym okresie wyraźną tendencję spadkową (rys. 317). W przypadku tego indeksu nie ma widocznych różnic pomiędzy oboma scenariuszami klimatycznymi. Tak w RCP 4.5, jak w RCP 8.5 liczba dni mroźnych w roku spada z początkowej wartości około 40 do

około 29 na końcu okresu analizy. Stanowi to ubytek o jedną czwartą.

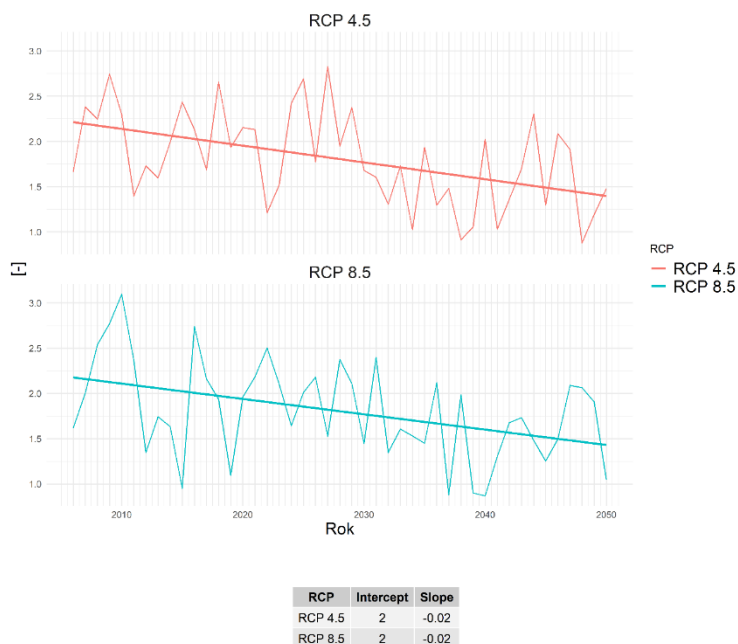
Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w roku



Rys. 318. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni bardzo mroźnych, definiowana jako liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 318). Proste regresji w RCP 4.5 i w RCP 8.5 są do siebie bardzo zbliżone. Z początkowej wartości około 19 dni bardzo mroźnych w roku w ciągu analizowanego okresu nastąpić ma spadek o około jedną trzecią, czyli 6 przypadków.

Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) w dekadzie

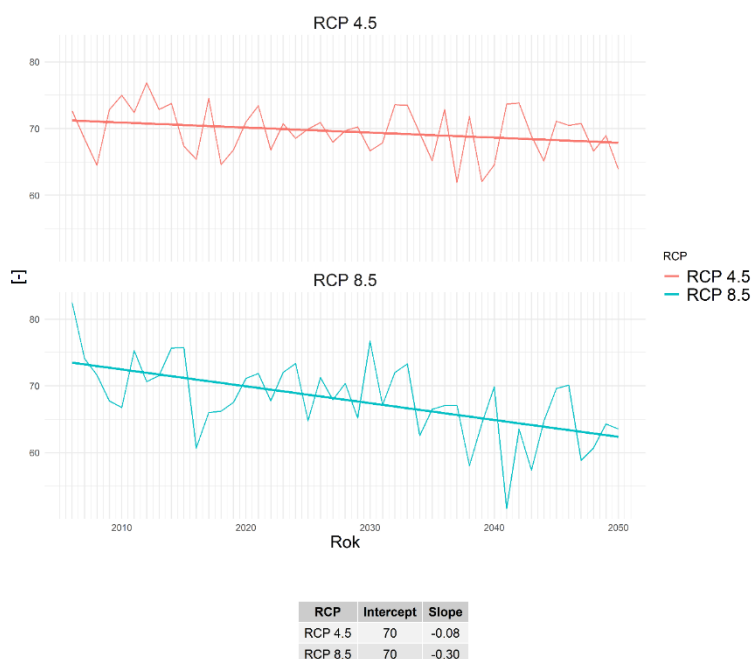


Rys. 319. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego

Liczba fal chłodu, definiowana jako liczba okresów długości co najmniej trzech dni z dobową temperaturą minimalną niższą niż -10°C , w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 319). Linie trendu w RCP 4.5 i RCP 8.5 są do siebie w przypadku tego indeksu bardzo zbliżone.

Z początkowej wartości nieco wyższej niż 2 przypadki w ciągu dekady ubywać ma około jednej trzeciej.

Liczba dni z przejściem przez 0°C w roku



Rys. 320. Liczba dni z przejściem przez 0°C, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z przejściem przez 0°C, w których temperatura dobową minimalną jest niższa od 0°C, maksymalna zaś wyższa od tej wartości, wykazuje w obu scenariuszach tendencję spadkową (rys. 320). W scenariuszu umiarkowanym ma ona być bardzo nieznaczna, wyraźnie silniejsza natomiast w scenariuszu ekstrapolacyjnym. Jak wskazują proste regresji, w RCP 8.5 w ciągu analizowanego okresu liczba takich dni zmniejszy się o około 11, w RCP 4.5 zaś o około 3, co stanowi odpowiednio około 15% i około 4% wartości początkowej.

2.5.2 Warunki opadowe

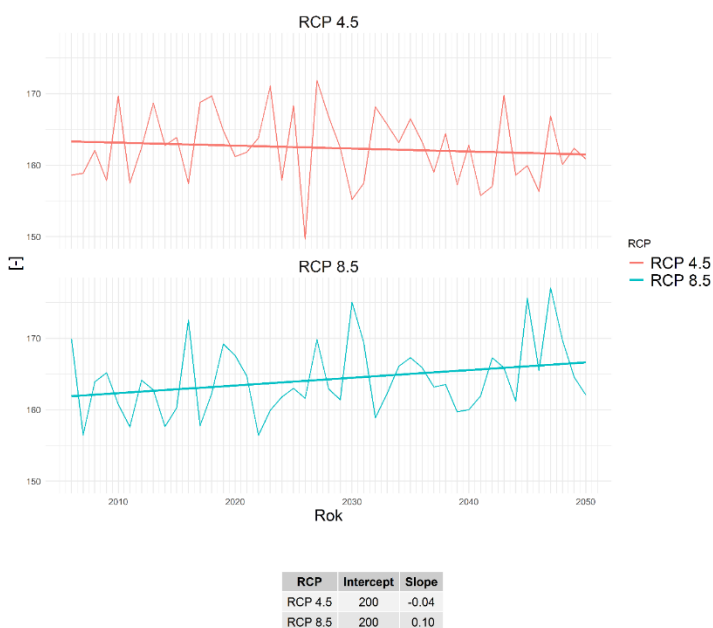
Roczna suma opadu

Roczna suma opadu dla subregionu południowego w scenariuszu RCP 4.5 wykazuje trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta), natomiast w scenariuszu RCP 8.5 widoczny jest dynamiczny wzrost (rys. 321). W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanej sumy opadu będzie się zmieniał od 1040 mm do 1226 mm, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1032,5 do 1313,8 mm.



Rys. 321. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm



Rys. 322. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem, definiowana jako liczba dni, w których prognozowany jest opad wyższy od 1 mm, dla subregionu południowego wykazuje w scenariuszu RCP 4.5 trend malejący, natomiast w scenariuszu RCP 8.5 trend wzrostowy (rys. 322). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 prognozowana jest zmienność od 149,6 do 171,8 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 156,4 do 177 dni.

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C



RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	30	-0.09
RCP 8.5	30	-0.07

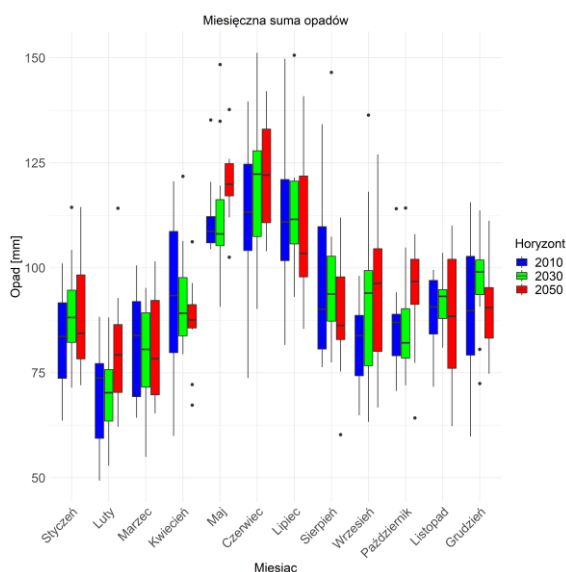
Rys. 323. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C dla subregionu południowego w obu scenariuszach wykazuje tendencję spadkową (rys. 323). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 wartość tego wskaźnika waha się od 24,7 do 39,6 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 26,9 do 39 dni.

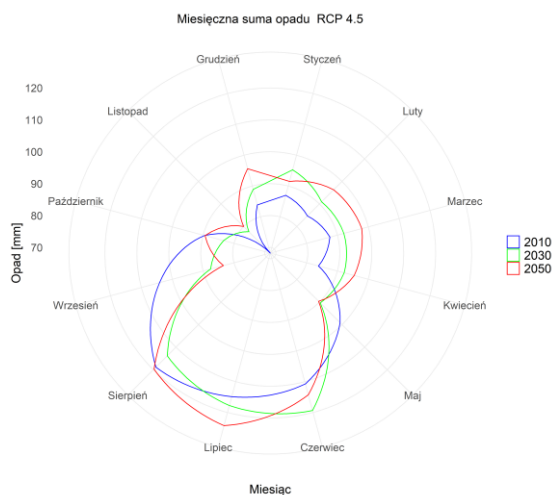
Miesięczna suma opadu

Miesięczna suma opadu RCP 4.5

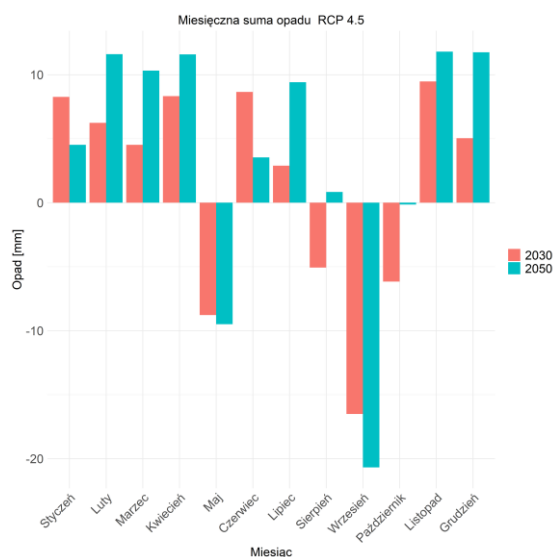
Na rysunkach od 324 do 326 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 324. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



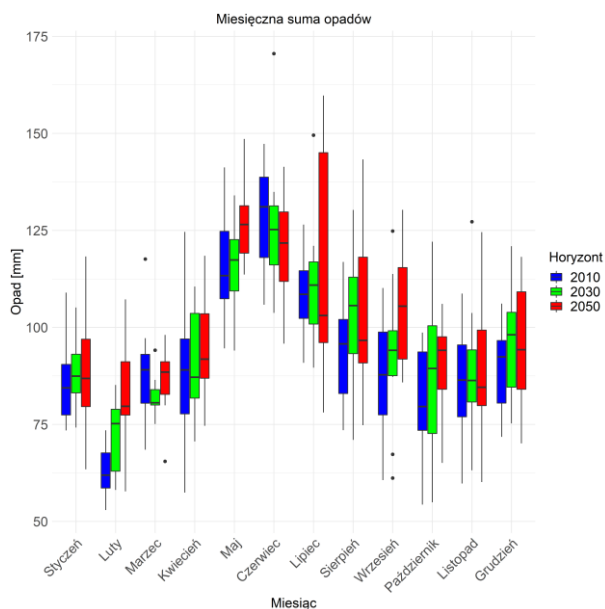
Rys. 325. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



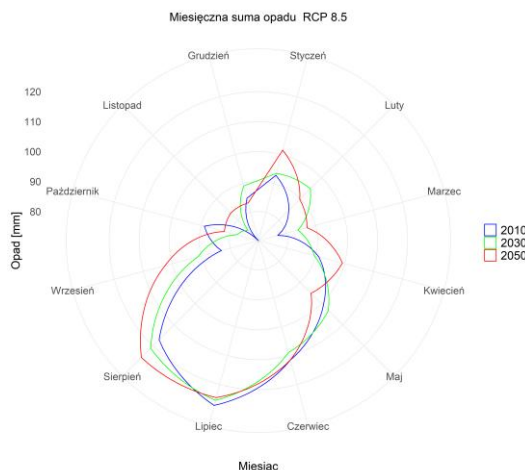
Rys. 326. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 4.5

Miesięczna suma opadu RCP 8.5

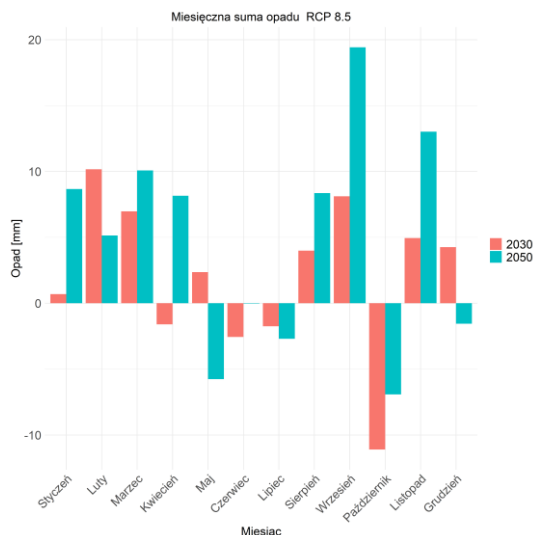
Na rysunkach od 327 do 329 przedstawiono wartości sumy miesięcznej opadu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 327. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 328. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5



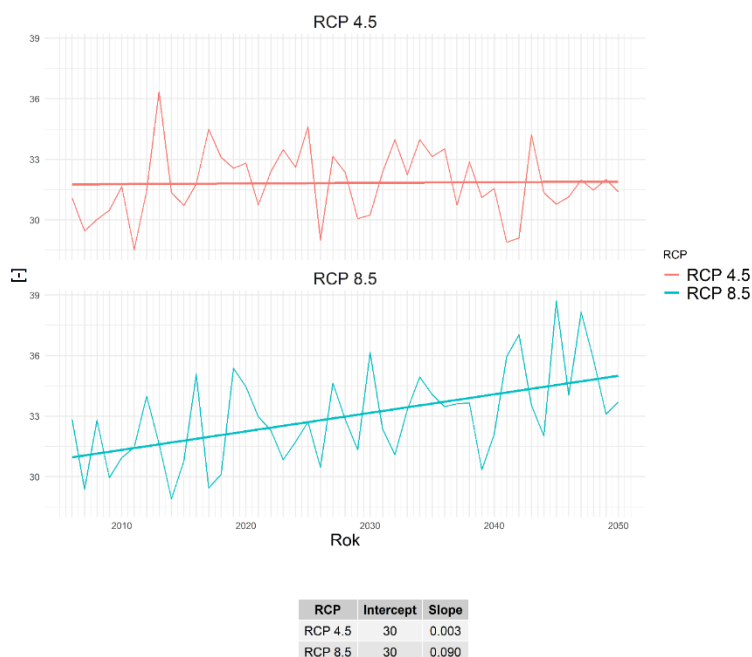
Rys. 329. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza średniej miesięcznej sumy opadu zmienia się w zależności od pory roku. Prawie we wszystkich miesiącach w obu scenariuszach dane charakteryzuje tendencja wzrostowa (poziome linie na diagramach pudełkowych – mediany, wykresy nr 324 oraz 327). Wyjątek stanowi miesiąc kwiecień, sierpień i grudzień w scenariuszu RCP 4.5. W scenariuszu RCP 8.5 w miesiącach: marcu, maju, listopadzie w horyzoncie do 2030 roku prognozowany jest spadek względem roku 2010, a następnie, w horyzoncie 2050, wzrost, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 takie zmiany wystąpiły w lutym, marcu, lipcu i listopadzie. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować w lutym i czerwcu w scenariuszu RCP 4.5 oraz w lutym i lipcu w scenariuszu RCP 8.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost sum opadów w prawie każdym miesiącu.

Opad ekstremalny

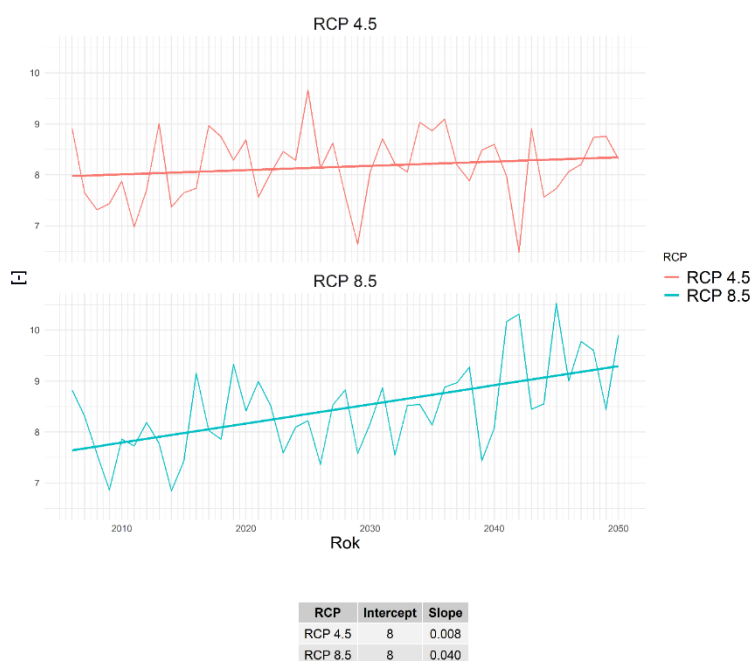
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm w dekadzie

Liczba dni z opadem powyżej 10 mm dla subregionu południowego dla analizowanego okresu w scenariuszu RCP 8.5 wykazuje tendencję wzrostową, natomiast w scenariuszu RCP 4.5 wykazuje trend silnie zbliżony do trendu bocznego (bardzo małe nachylenie kąta) – rys. 330. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 28,5 do 36,3 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 28,9 do 38,7 dni.



Rys. 330. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm w dekadzie



Rys. 331. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 20 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 331). W scenariuszu RCP 8.5 występuje bardziej dynamiczny wzrost niż w scenariuszu RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, na przestrzeni analizowanych 45 lat, w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 6,48 do 9,6, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 6,8 do 10,5 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm w dekadzie

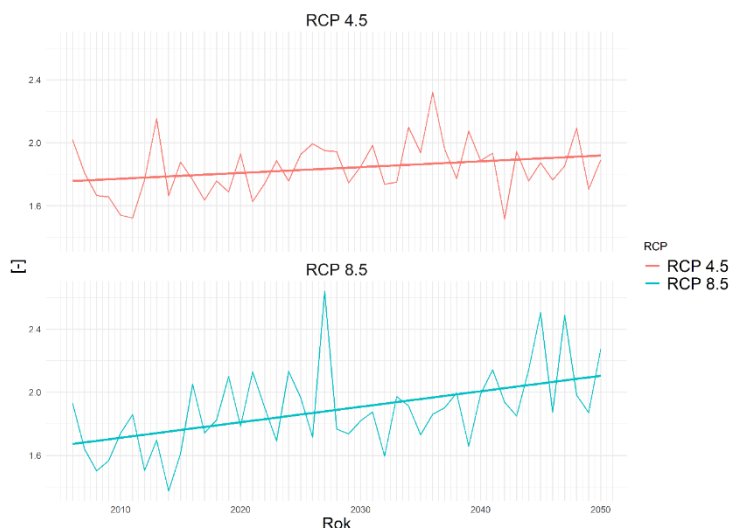


RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	3	0.005
RCP 8.5	3	0.020

Rys. 332. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 30 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 332). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 2,2 do 3,6 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 2,1 do 4,2 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm w dekadzie



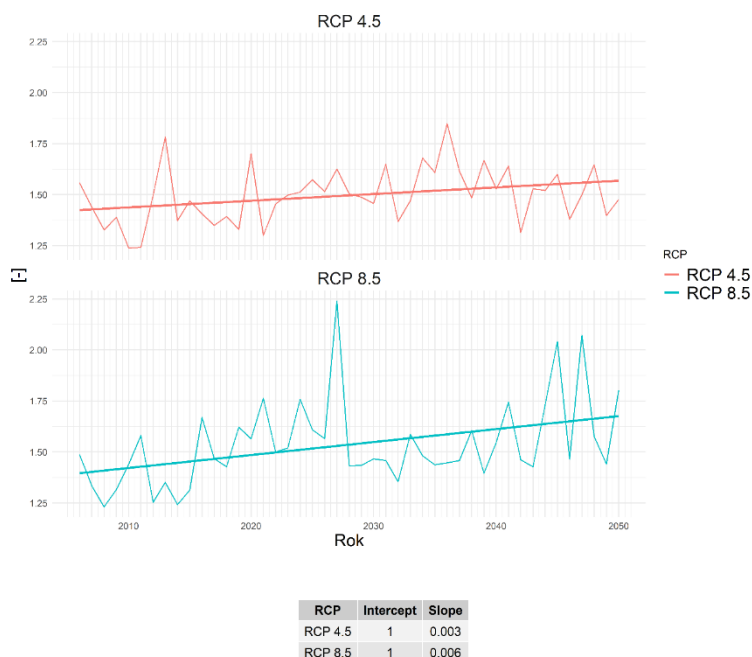
RCP	Intercept	Slope
RCP 4.5	2	0.004
RCP 8.5	2	0.010

Rys. 333. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 40 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 333). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1,5

do 2,3 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1,3 do 2,6 dni.

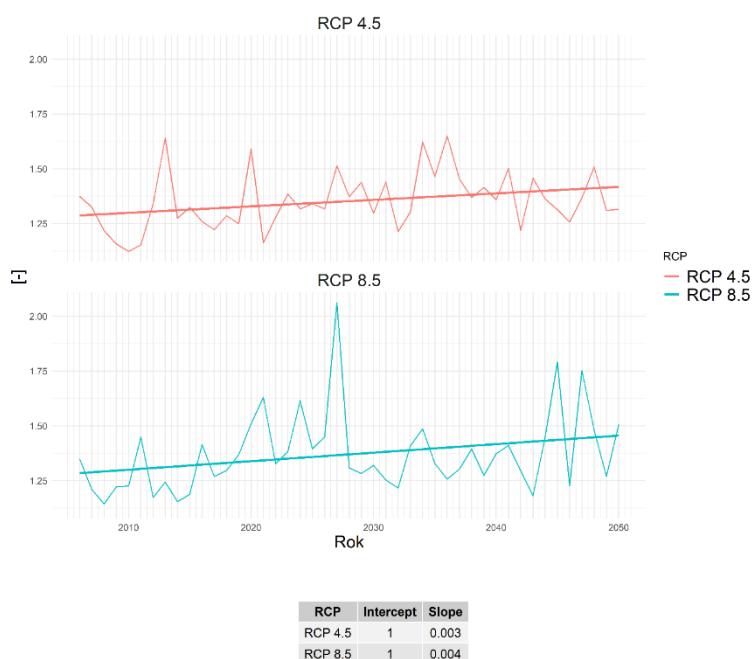
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm w dekadzie



Rys. 334. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 50 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 334). W analizowanym okresie w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1,23 do 1,8 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 1,2 do 2,2 dni.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm w dekadzie

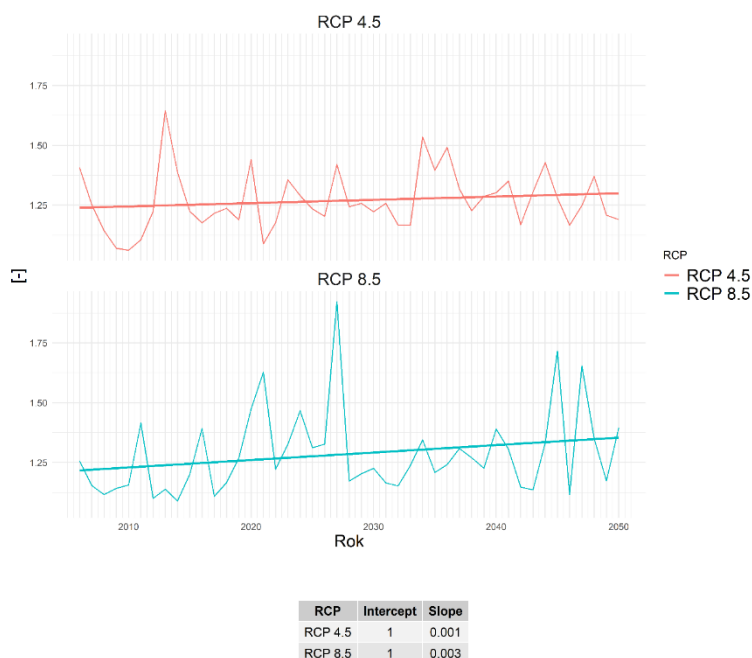


Rys. 335. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 60 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję wzrostową (rys. 335). W analizowanym okresie,

w scenariuszu RCP 8.5 prognozowany wzrost jest bardziej dynamiczny niż w RCP 4.5. W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 1,1 do 1,6 dni w scenariuszu RCP 4.5 oraz od 1,1 do 2 dni w scenariuszu RCP 8.5.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm w dekadzie



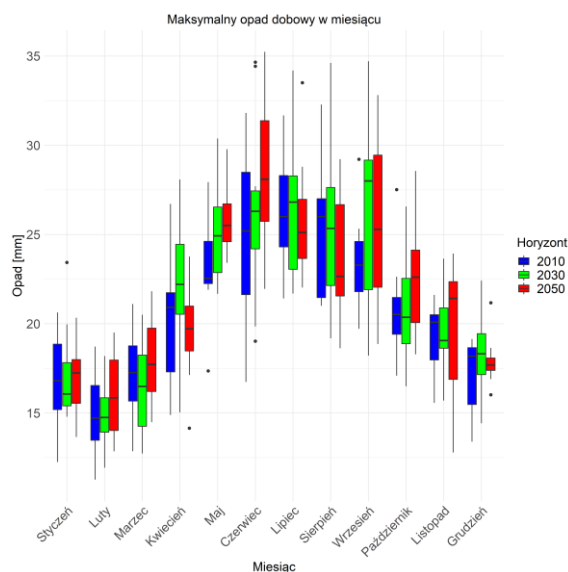
Rys. 336. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni z opadem powyżej 70 mm dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu charakteryzuje się trendem wzrostowym (rys. 336). W ujęciu wartości średniorocznych, w analizowanym okresie, w obu scenariuszach liczba dni z opadem powyżej 70 mm nie przekroczy wartości 2 dni. Należy nadmienić, iż prognozowana częstotliwość występowania liczby dni z opadem powyżej 70 mm jest mniejsza niż innych wskaźników analizowanych w niniejszym raporcie.

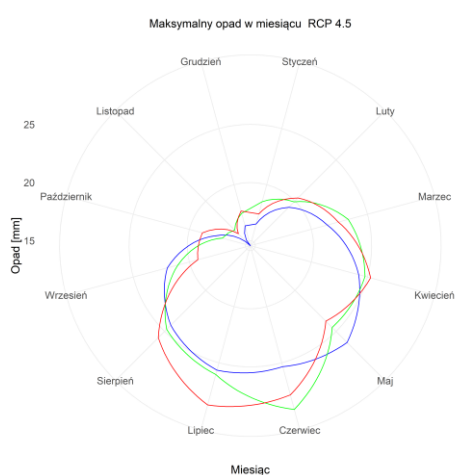
Maksymalny opad dobowy w miesiącu

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 4.5

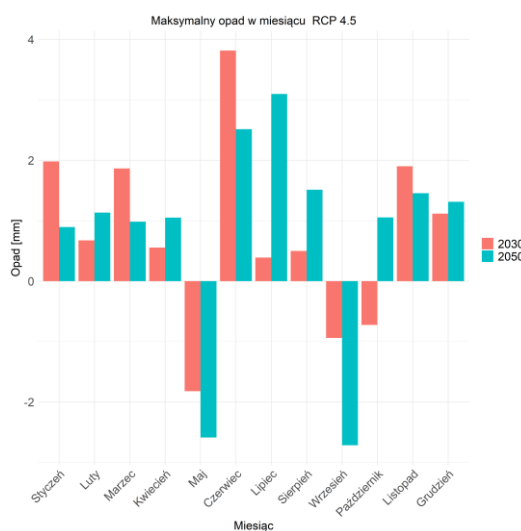
Na rysunkach od 337 do 339 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 4.5.



Rys. 337. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5



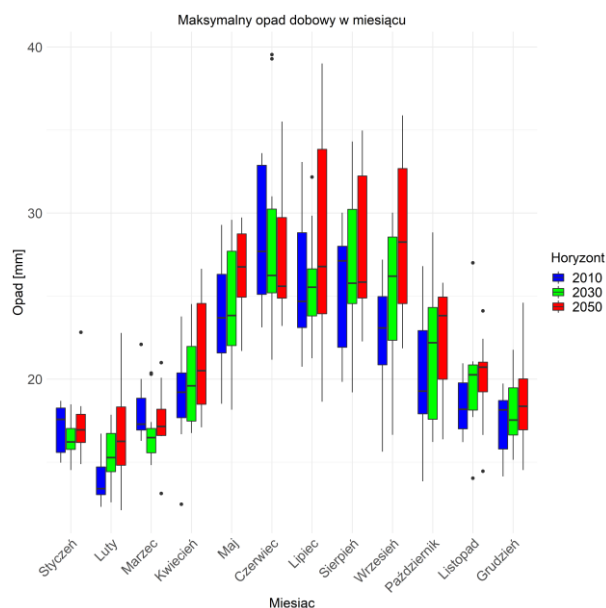
Rys. 338. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5



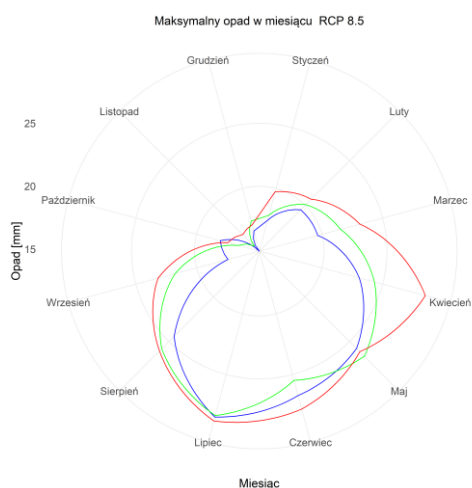
Rys. 339. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 4.5

Maksymalny opad dobowy w miesiącu RCP 8.5

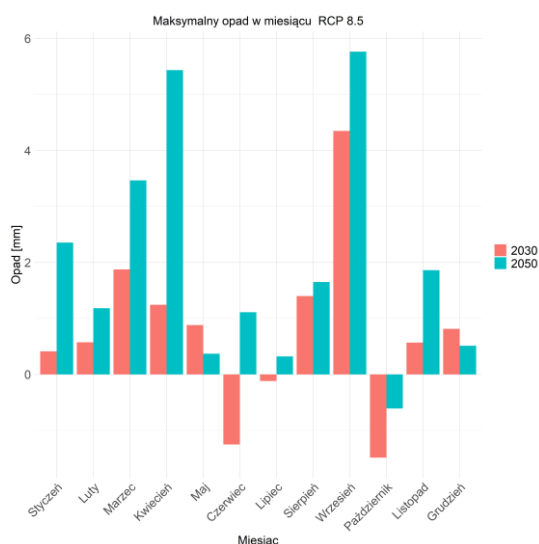
Na rysunkach od 340 do 342 przedstawiono wartości maksymalnego opadu dobowego w miesiącu dla trzech horyzontów czasowych: 2010, 2030 oraz 2050, dla scenariusza RCP 8.5.



Rys. 340. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5



Rys. 341. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5

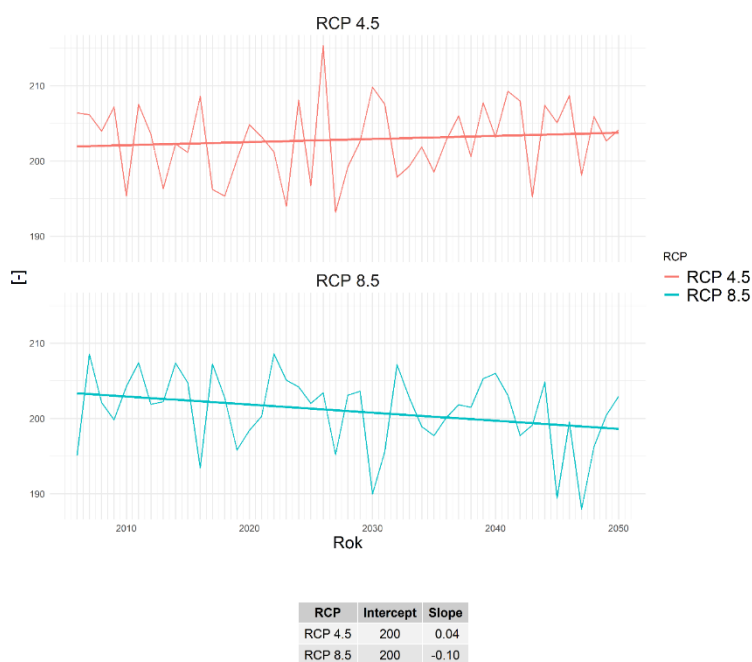


Rys. 342. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 8.5

Prognoza maksymalnego opadu dobowego w miesiącu charakteryzuje wysoka zmienność w analizowanych dekadach, o czym świadczy wielkość diagramów pudełkowych prezentowanych na wykresach nr 337 i 340. Największą zmianę względem dekady 2006-2015 można odnotować dla czerwca i września w scenariuszu RCP 4.5 oraz dla lipca i września w scenariuszu RCP 8.5 (wykresy 348 oraz 341). Spadek wartości wskaźnika prognozuje się w dla lipca w scenariuszu RCP 4.5. Podsumowując, należy stwierdzić, że prognozowany jest wzrost maksymalnego opadu dobowego prawie w każdym miesiącu.

2.5.3 Wskaźniki suszy

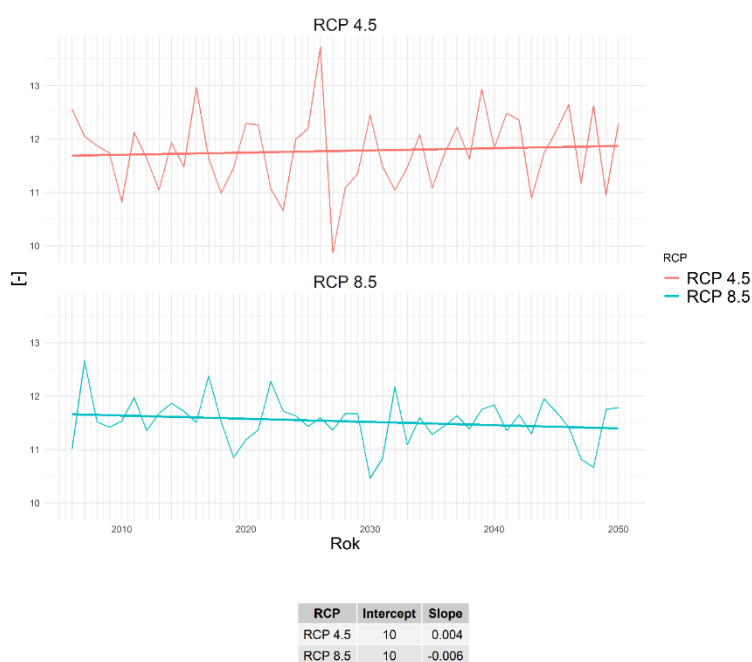
Liczba dni bez opadu



Rys. 343. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba dni bez opadu dla subregionu południowego dla analizowanego okresu w scenariuszu RCP 4.5 wykazuje tendencję rosnącą, natomiast w scenariuszu RCP 8.5 tendencję malejącą (rys. 343). W scenariuszu RCP 4.5 prognozowany wzrost jest minimalny, w scenariuszu RCP 8.5 występuje dynamiczny spadek. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 193,1 do 215,3 dni, w RCP 8.5 natomiast od 187,9 do 208,5 dni.

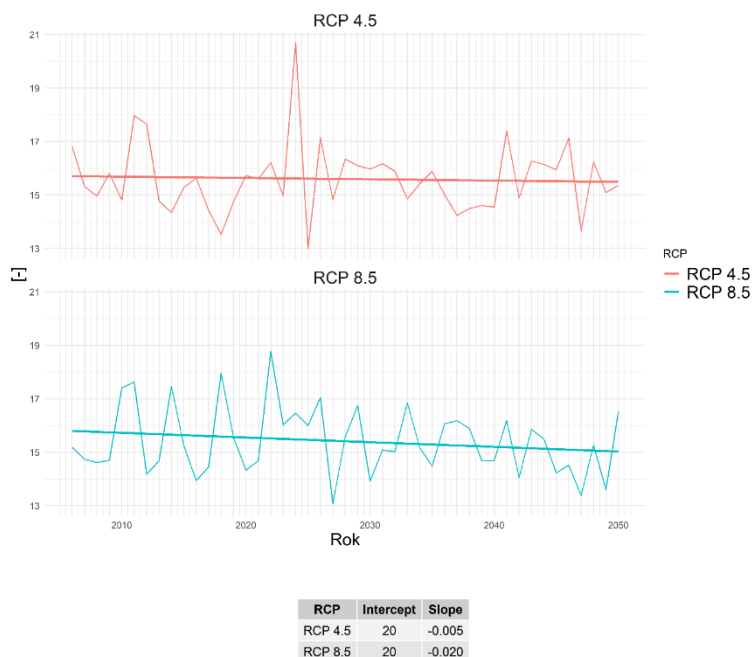
Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni w dekadzie



Rys. 344. Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu południowego

Liczba okresów bez opadu o długości co najmniej 5 dni dla subregionu południowego w zależności od scenariusza emisyjnego charakteryzuje się inną tendencją rozwojową. W scenariuszu RCP 4.5 prognozowany jest trend minimalnie rosnący, a scenariuszu RCP 8.5 malejący (rys. 344). W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5, w analizowanym okresie, zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 9,86 do 13,7 dni, w RCP 8.5 natomiast od 10,4 do 12,6 dni.

Najdłuższy okres bez opadu



Rys. 345. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu południowego

Długość najdłuższego okresu bez opadu dla subregionu południowego w obu scenariuszach dla analizowanego okresu wykazuje tendencję spadkową (rys. 345). W scenariuszu RCP 4.5 spadek jest minimalny, natomiast w RCP 8.5 bardziej dynamiczny. W ujęciu wartości średniorocznych w scenariuszu RCP 4.5 zakres prognozowanego wskaźnika będzie się zmieniał od 12,9 do 20,6 dni, w scenariuszu RCP 8.5 natomiast od 13 do 18,7 dni.

3 Zmiany warunków hydrologicznych

3.1 Metoda

W celu oceny zmian warunków hydrologicznych w ostatnich dekadach przeanalizowano dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego z lat hydrologicznych¹ 1991-2022. Dane pomiarowo-observacyjne zostały bezpłatnie pozyskane z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego przez Zleceniodawcę na potrzeby realizacji celów własnych i udostępnione Wykonawcy niniejszego dokumentu – Instytutowi Ochrony Środowiska – Państwowemu Instytutowi Badawczemu – wyłącznie

¹ Rok hydrologiczny trwa od 1 listopada poprzedniego roku kalendarzowego do 30 października danego roku kalendarzowego.

do realizacji niniejszej pracy.

Dokonano analizy danych z następujących stacji:

- Pusztynia, rz. Wisła – zamyka zlewnie odwadniające wschodnią część subregionu centralnego;
- Jawiszowice, rz. Wisła – zamyka zlewnie odwadniające subregion południowy;
- Działoszyn, rz. Warta – zamyka zlewnie odwadniające subregion północny;
- Jeleń, rz. Przemsza – zamyka zlewnie odwadniające północno-wschodnią część subregionu centralnego;
- Koźle, rz. Odra – zamyka część zlewni odwadniających subregion zachodni oraz zachodnią część subregionu centralnego (dla tej stacji dostępne są jedynie dane o stanach wody, w wyniku czego możliwe było przeprowadzenie analiz jedynie w ograniczonym zakresie).

Część wymienionych powyżej stacji zlokalizowana jest poza granicami województwa śląskiego. Nie mniej jednak uznano, iż charakterystyki określone na ich podstawie będą w sposób reprezentatywny przedstawiały zmiany warunków hydrologicznych występujące w ostatnich dekadach w poszczególnych subregionach. W pierwszej kolejności analizowano zmienność przepływów na wskazanych powyżej stacjach. Jeśli dla danego punktu pomiarowego nie było dostępnych danych o natężeniu przepływu, analizowano zmienność stanów wody.

Jednym z przejawów zmian klimatu w szerszej skali jest wzrost częstotliwości i intensywności susz oraz wzrost zagrożeń związanych z występowaniem okresowych wezbrań rzek. Z tego względu dane pomiarowo obserwacyjne zostały przeanalizowane również pod względem występowania tego typu zjawisk. Trzeba podkreślić, iż okresowe występowanie zarówno wezbrań, jak i niżówek jest cechą charakterystyczną rzek w naszej strefie klimatycznej. Zmiany klimatu przyczyniają się natomiast do intensyfikacji tych zjawisk. Zjawiska te stanowią jeden z najważniejszych wyróżników ustroju hydrologicznego rzek. Odzwierciedlają sezonowość odpływu, a więc również zmiany w zasilaniu rzek (Bartnik, Jokiel, 2005, za Kaznowska i in., 2015). Ich ocena w ujęciu rocznym, jak i wieloletnim dostarcza informacji o charakterze odpływu wody ze zlewni i jest użyteczna do oceny tendencji zmian w jego przebiegu.

3.2 Analizy niżówek

Mianem niżówki określa się okres niskich przepływów w rzece spowodowanych ograniczonym jej zasilaniem wynikającym długotrwałej suszy atmosferycznej w półroczu letnim i utrudnionej infiltracji wody w zamrożone podłoże w półroczu zimowym (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1999). Pojęcie niżówki ma w dużej mierze subiektywny charakter. Nie istnieje jej jedna uniwersalna definicja. Tym samym brak jest szeroko uzgodnionych metod analizy niżówek (Węglarczyk, 2014). W literaturze funkcjonuje wiele równorzędnych metod określania przepływu granicznego niżówki, czyli przepływu poniżej którego uznaje się, że występuje niżówka. Każda z nich pozwala na otrzymanie nieco innych wyników, a tym samym wniosków z wykonanych analiz.

Wśród kryteriów pozwalających na określenie przepływu granicznego niżówki można wymienić m.in. kryteria statystyczne, gospodarcze – np. wymogi przemysłu, gospodarki komunalnej, żeglugi, utrzymania przepływu nienaruszalnego, czy też jakości wody (Fal, 2007). W niniejszej analizie wykorzystano kryteria hydrologiczne. Zdaniem M. Ozga-Zielińskiej (1990), jako przepływ graniczny niżówek najbardziej uzasadnione jest uznanie największej wartości z przepływów minimalnych rocznych w wieloletnim okresie obserwacji (WNO). Tak zdefiniowany przepływ graniczny może

jednak być wielkością dużą wynikającą z wystąpienia w wieloleciu nawet jednego, wyjątkowo mokrego roku. Z tego też względu, biorąc pod uwagę fakt, iż w okresie wielolecia występuje statystycznie podobna liczba lat mokrych i suchych, jako wartość graniczną niżówek wielu autorów przyjmuje średni przepływ z minimów rocznych (SNQ). Niżówki określone w ten sposób w literaturze często określane są mianem niżówki głębokiej (Dębski, 1970; Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1999). W tym miejscu warto dodać, iż według T. Tokarczyk (2010) dla zlewni obszaru Polski wartość SNQ jest zbliżona do przepływu o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia Q_{70} określonego wg tzw. kryterium gospodarczego na podstawie sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi.

Kolejna kluczowa kwestia, to wskazanie minimalnego czasu trwania niżówki oraz zasad, zgodnie z którymi agregowane będą zdarzenia występujące w bliskich terminach. Również w tym przypadku analiza literatury nie daje jednoznacznej odpowiedzi. W badaniach prowadzonych w Polsce za minimalny czas trwania zdarzenia przyjmuje się od 1, 5, 7, 10 do 20 dni (Kaznowska 2011; Tomaszewski, 2015). Minimalny czas między dwiema różnymi niżówkami wg różnych opracowań wynosi 3, 5, 7, 14 dni (Tomaszewski, 2015, Węglarczyk, 2014, Zelenhasić and Salvai, 1987 za Kaznowska, 2011). W niniejszej analizie jako minimalny czas trwania niżówki przyjęto 7 dni, zaś za minimalny czas między dwiema różnymi niżówkami uznano 3 dni. Niżówki występujące po sobie w krótszym czasie zostały potraktowane jako jedno zdarzenie.

E. Bajkiewicz-Grabowska i Z. Mikulski (1999) oraz S. Węglarczyk (2014) jako podstawowe uznają następujące charakterystyki ilościowe niżówek:

- Przepływ ekstremalny niżówki;
- Przepływ średni niżówki;
- Objętość niżówki, czyli objętość niedoboru wody;
- Czas trwania niżówki;
- Czas pomiędzy kolejnymi niżówkami.

Z punktu widzenia analizy warunków hydrologicznych występujących w zlewni istotne jest również określenie na ile przeciętne przerwy między niżówkami są dłuższe od samych niżówek. Pomocny w tym może być wskaźnik gęstości niżówek obliczany wg wzoru (Tomaszewski, 2015):

$$WGN = \frac{SrTMN}{\acute{S}rTN}$$

gdzie:

WGN – wskaźnik gęstości niżówek;

$\acute{S}rTMN$ – średni odstęp międzyniżówkowy [dni];

$\acute{S}rTN$ – średni czas trwania niżówki [dni].

Kolejną charakterystyką dostarczającą cennych informacji jest tzw. względny deficyt niżówki. Jest on obliczany wg wzoru (Tomaszewski, 2015):

$$DWN = \frac{VN}{Vmax} * 100\%$$

gdzie:

DWN – deficyt względny odpływu niżówkowego [%],

VN – objętość niżówki [m^3],

$Vmax$ – objętość maksymalnego możliwego niedoboru odpływu niżówkowego w danym okresie, tzn. takiego, w którym przepływ rzeczny wynosi $0 m^3/s$ [m^3].

Powyższy wskaźnik pozwala na obiektywną ocenę niedoborów wody w zlewni. Uznaje się go za dobry

estymator stopnia surowości suszy hydrologicznej, gdyż wskazuje na stopień zdrenowania zasobów wodnych zlewni pozostających w związku hydraulicznym z rzeką.

3.3 Analizy wezbrań

Mianem wezbrania określa się okresowe podniesienie stanu wody w rzece powstałe w wyniku wzmożonego zasilania (np. przez opady atmosferyczne lub roztopy) lub też na skutek piętrzenia wody (np. w sytuacji wystąpienia zatoru lodowego lub silnego zarastania). Pojęcie to nie powinno być utożsamiane z pojęciem powodzi. Wyróżnia się różne wezbrania w zależności od ich genezy, m.in.:

- wezbrania opadowe (w naszej strefie klimatycznej występujące najczęściej w okresie letnim, głównie na przełomie czerwca i lipca);
- wezbrania roztopowe (w naszej strefie klimatycznej występujące wczesną wiosną, kiedy woda pochodząca z topniejącej pokrywy śnieżnej ma ograniczoną możliwość infiltracji do zamrożonego podłoża i spływa po powierzchni do rzek i jezior);
- wezbrania zatorowe (powstające w wyniku ograniczenia przepływu w rzece, np. w skutek zjawisk lodowych lub też silnego zarastania).

Podobnie jak w przypadku niżówek, również w analizie występowania i przebiegu wezbrań kluczową kwestią jest wskazanie granicznej wartości stanu wody w rzece, od której mówi się o wezbraniu.

Według E.Bajkiewicz-Grabowskiej oraz Z.Mikulskiego (1999) podstawą fali wezbraniowej może być:

- stan średniej rocznej wielkiej wody (SWW) – wyznacza wezbrania wielkie przekraczające stan pełnokorytowy; są to często wezbrania katastrofalne powodujące powodzie;
- stan niskiej wielkiej wody (NWW) – wyznacza wezbrania duże, mieszczące się w korycie, ale podtapiające równinę zalewową;
- stan odpowiadający dolnej granicy strefy stanów wysokich – określany jako $\frac{1}{2}$ (NWW + WSW).

Inni autorzy za dolną granicę wezbrania przyjmują najniższy z maksymalnych przepływów rocznych z wielolecia (NWQ) (Ozga-Zielińska, 1990 za Kaznowska i in. 2015). Takie podejście zakłada wystąpienie każdego roku przynajmniej jednego wezbrania. Niestety, występowanie w analizowanym wieloleciu nawet pojedynczych szczególnie suchych lat, może sprawić, iż NWQ będzie przyjmował stosunkowo niską wartość, co w konsekwencji prowadziłoby do wyróżniania bardzo licznych wezbrań.

W związku z powyższym w literaturze można się spotkać również z zastosowaniem innych kryteriów hydrologicznych. Za przepływ graniczny uznawany jest średni przepływ maksymalny z wielolecia (SWQ) lub mediana przepływów maksymalnych rocznych (Ozga-Zielińska, Brzeziński, 1997 za Siwek, 2016). W niniejszej analizie za przepływ graniczny przy określaniu wezbrań uznano SWQ.

Podobnie jak w przypadku niżówek, również przy ocenie przebiegu wezbrań kluczowym jest wskazanie minimalnego czasu trwania tego zjawiska oraz minimalnego odstępu między kolejnymi zdarzeniami. Wezbrania mają niejednokrotnie bardzo nagły charakter, z tego też względu w tym przypadku za wezbranie uznano każdy dzień z przepływem przekraczającym przepływ graniczny. Minimalny odstęp między kolejnymi zdarzeniami zachowano analogiczny jak w przypadku niżówek, tj. 3 dni.

Wśród głównych charakterystyk wezbrań wymienia się:

- objętość fali wezbraniowej rozumiana jako objętość nadmiaru wody w stosunku do przepływu granicznego;

- natężenie przepływu kulminacyjnego;
- czas trwania wezbrania.

Przedstawiony powyżej zakres analiz jest właściwy dla każdego z subregionów. Poniżej, w podrozdziałach ich dotyczących zamieszczono jedynie wyniki analiz, bez powtarzania informacji o przyjętej metodyce prac.

3.4 Obserwowane zmiany warunków hydrologicznych

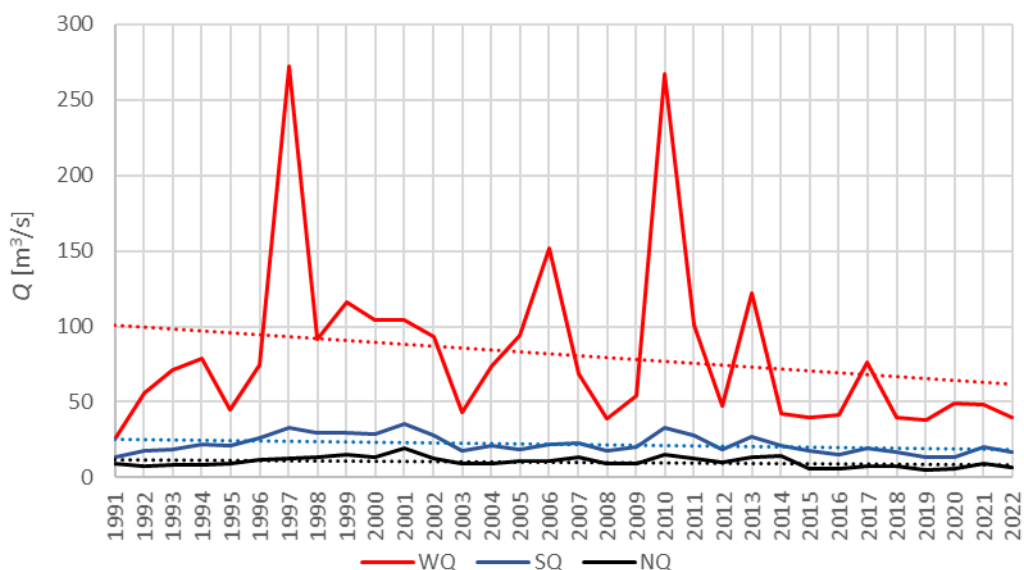
3.4.1 Subregion północny

Charakterystyki zmian warunków hydrologicznych w subregionie północnym zostały określone na podstawie danych ze stacji Działoszyn na rz. Warcie. Analiza zmian charakterystyk rocznych wskazuje na malejącą tendencję przepływów maksymalnych rocznych (WQ). W przebiegu zmian w wieloleciu wyraźnie widać znacząco odbiegające od wartości średnich z wielolecia przepływy występujące podczas powodzi w latach 1997 i 2010. Przepływy średnie roczne (SQ) i niskie roczne (NQ) utrzymują się na podobnym poziomie w wieloleciu.

Posługując się przedstawioną powyżej metodyką określania niżówek określono następujące przepływy graniczne niżówek dla profilu Działoszyn na rz. Warcie na podstawie obserwacji z lat 1991-2022:

- dla niżówek ogółem: $WNQ = 19,30 \text{ m}^3/\text{s}$;
- dla niżówek głębokich: $SNQ = 10,43 \text{ m}^3/\text{s}$.

Najważniejsze charakterystyki niżówek obu typów zostały zestawione poniżej (rys. 346-350, tab. 10-12). Analiza danych wskazała na wyraźną tendencję rosnącą liczby niżówek. Coraz częściej występują ponadto niżówki głębokie, które przed 2015 rokiem należały do rzadkości. Również od 2015 roku widoczny jest wyraźny wzrost deficytu niżówek w kolejnych latach hydrologicznych. Największa liczba niżówek przypada na okres letnio-jesienny. Jest to typowy okres ich występowania w naszej strefie klimatycznej. Występowanie tego typu zjawisk jest konsekwencją suszy atmosferycznej i suszy glebowej. W tym okresie, w związku z intensywną wegetacją i relatywnie niskimi opadami atmosferycznymi zostają w znacznej części wykorzystane zasoby wód gruntowych, co prowadzi do ograniczenia zasilania podziemnego wód powierzchniowych. Niżówki w okresie zimowym związane są natomiast najczęściej z długimi okresami ujemnych temperatur powietrza. W takich warunkach następuje ograniczenie odpływu powierzchniowego oraz znaczące ograniczenie dopływu wód gruntowych do koryta rzeki. Warto podkreślić, iż podczas niżówek zimowych, mimo malejących przepływów, stan wody może się utrzymywać na wysokim poziomie lub nawet rosnąć. Wody rzek mogą być piętrzone w wyniku występowania zjawisk lodowych (Fal, 2007). Niżówki na stacji Działoszyn najczęściej trwają dość długo, powyżej 30 dni. Najdłuższa z nich w analizowanym okresie trwała ponad rok (2019/2020), a jej deficyt wyniósł ponad 321 675 tys. m^3 . Wskaźnik gęstości niżówek określony dla analizowanego profilu wodowskazowego dla ogółu niżówek wynosi 0,99, a dla niżówek głębokich 10,41. Można zatem powiedzieć, że niżówki występują na stacji dość często, ich czas trwania jest zbliżony do okresów dzielących kolejne epizody. Niżówki głębokie występują natomiast dużo rzadziej. W okresie 1991-2022 zaobserwowano również wyraźną rosnącą tendencję względnego deficytu niżówki, co jest odzwierciedleniem rosnących niedoborów wody w zlewni, rosnącego drenażu zasobów wodnych zlewni pozostających w związku hydraulicznym z rzeką.



Rys. 346. Zmienność charakterystyk rocznych przepływu – rz. Warta, profil Działoszyn

Tab. 10. Nizówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Działoszyn, rz. Warta

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt nizówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej nizówki [dni]
od	do					
01.11.1990	25.02.1991	117	48738,24	9,30	14,48	3
01.03.1991	29.06.1991	121	56712,96	10,20	13,88	3
03.07.1991	20.11.1991	141	101131,20	8,90	11,00	7
28.11.1991	26.12.1991	29	7240,32	12,80	16,41	33
29.01.1992	07.02.1992	10	1356,48	17,20	17,73	90
08.05.1992	05.12.1992	212	132511,68	7,80	12,07	18
24.12.1992	08.01.1993	16	5987,52	13,20	14,97	22
31.01.1993	10.02.1993	11	414,72	18,50	18,86	7
18.02.1993	14.03.1993	25	3533,76	15,90	17,66	46
30.04.1993	11.12.1993	226	111542,41	8,70	13,59	70
20.02.1994	04.03.1994	13	1598,40	16,10	17,88	97
10.06.1994	07.10.1994	120	50132,74	8,77	14,46	233
29.05.1995	18.09.1995	113	53434,96	9,04	13,83	9
28.09.1995	07.01.1996	102	37005,12	12,60	15,10	9
17.01.1996	19.03.1996	63	28788,48	11,50	14,01	120
18.07.1996	26.07.1996	9	1028,16	16,90	17,98	26
22.08.1996	02.09.1996	12	1494,72	16,90	17,86	111
23.12.1996	12.02.1997	52	18757,44	12,40	15,13	75
29.04.1997	08.05.1997	10	1520,64	16,40	17,54	8
17.05.1997	29.05.1997	13	1771,20	16,90	17,72	9
08.06.1997	22.06.1997	15	4224,96	15,10	16,04	361
19.06.1998	06.07.1998	18	2090,88	17,20	17,96	10
17.07.1998	28.07.1998	12	2410,56	15,70	16,98	7
05.08.1998	30.09.1998	57	17997,12	13,20	15,65	237
26.05.1999	03.06.1999	9	941,76	16,80	18,09	58
01.08.1999	10.10.1999	71	14739,84	15,00	16,90	19
30.10.1999	08.11.1999	10	734,40	17,50	18,45	185
12.05.2000	20.05.2000	9	708,48	17,20	18,39	13
03.06.2000	16.07.2000	44	10800,00	13,90	16,46	661
09.05.2002	28.05.2002	20	2842,56	15,70	17,66	37

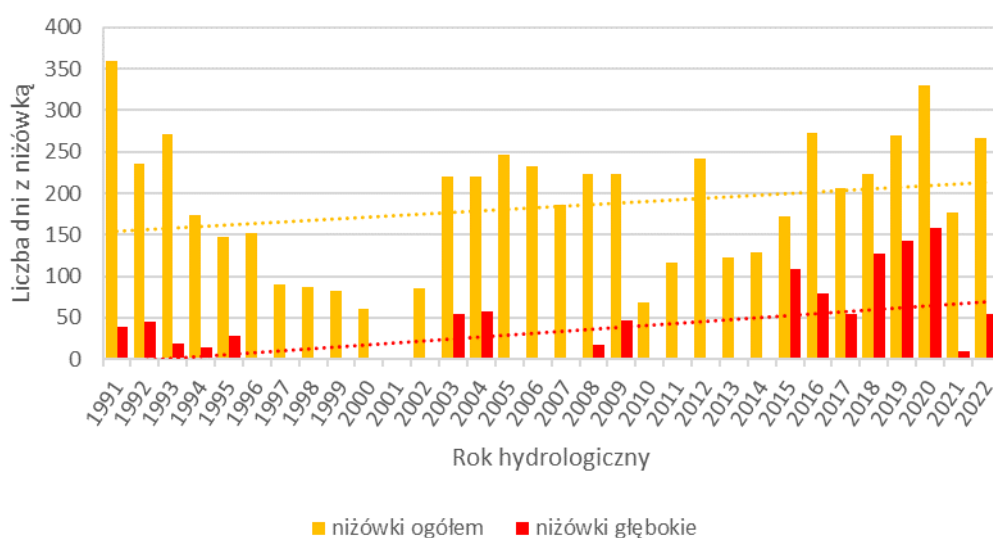
Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
05.07.2002	16.07.2002	12	1434,24	16,80	17,92	12
29.07.2002	13.08.2002	16	2427,84	16,10	17,54	8
22.08.2002	27.09.2002	37	13322,88	12,50	15,13	72
09.12.2002	12.01.2003	35	9123,84	15,00	16,28	8
21.01.2003	28.01.2003	8	466,56	18,30	18,63	12
10.02.2003	05.03.2003	24	4259,52	15,40	17,25	87
01.06.2003	19.12.2003	202	105861,60	9,20	13,23	6
26.12.2003	01.01.2004	7	794,88	17,00	17,99	3
05.01.2004	14.01.2004	10	1365,12	16,70	17,72	137
31.05.2004	24.11.2004	178	104025,60	9,35	12,54	5
30.11.2004	05.01.2005	37	6678,72	15,50	17,21	22
28.01.2005	13.02.2005	17	2833,92	15,20	17,37	17
03.03.2005	14.03.2005	12	466,56	17,90	18,85	75
29.05.2005	09.12.2005	195	107248,32	10,70	12,93	32
11.01.2006	18.02.2006	39	11275,20	14,80	15,95	19
10.03.2006	23.03.2006	14	1676,16	16,90	17,91	81
13.06.2006	06.11.2006	147	60022,08	11,40	14,57	27
04.12.2006	11.12.2006	8	293,76	18,80	18,88	138
29.04.2007	22.06.2007	55	11612,16	14,00	16,86	4
27.06.2007	11.07.2007	15	1840,32	16,40	17,88	5
17.07.2007	09.09.2007	55	18187,20	13,10	15,47	5
15.09.2007	09.11.2007	56	15949,44	14,60	16,00	9
19.11.2007	26.11.2007	8	527,04	18,20	18,54	26
23.12.2007	20.01.2008	29	4207,68	14,00	17,62	80
10.04.2008	18.04.2008	9	803,52	17,00	18,27	16
05.05.2008	20.05.2008	16	4242,24	14,00	16,23	8
29.05.2008	17.08.2008	81	51793,34	8,84	11,90	4
22.08.2008	20.12.2008	121	49680,00	10,40	14,55	9
30.12.2008	24.01.2009	26	10946,88	12,80	14,43	7
01.02.2009	08.02.2009	8	1149,12	17,30	17,64	73
23.04.2009	23.06.2009	62	17608,32	14,00	16,01	37
31.07.2009	16.10.2009	78	53289,83	9,62	11,39	17
03.11.2009	10.11.2009	8	535,68	18,00	18,53	37
18.12.2009	02.01.2010	16	4060,80	15,00	16,36	18
21.01.2010	18.02.2010	29	4397,76	16,00	17,54	144
13.07.2010	27.07.2010	15	1192,32	17,70	18,38	317
10.06.2011	14.07.2011	35	7568,64	14,90	16,80	28
12.08.2011	21.12.2011	132	47183,04	12,40	15,16	39
30.01.2012	23.02.2012	25	5235,84	15,20	16,88	81
15.05.2012	04.07.2012	51	18048,96	13,30	15,20	4
09.07.2012	05.11.2012	120	67305,60	10,40	12,81	8
14.11.2012	16.12.2012	33	8640,00	13,80	16,27	35
21.01.2013	30.01.2013	10	967,68	16,20	18,18	183
02.08.2013	10.08.2013	9	1062,72	16,90	17,93	3
14.08.2013	17.09.2013	35	6419,52	15,70	17,18	14
02.10.2013	04.11.2013	34	5227,20	16,40	17,52	8
13.11.2013	05.12.2013	23	2220,48	17,40	18,18	91
07.03.2014	16.03.2014	10	475,20	18,30	18,75	47
03.05.2014	16.05.2014	14	2462,40	16,10	17,26	27
13.06.2014	30.06.2014	18	3430,08	14,70	17,09	18
19.07.2014	25.07.2014	7	1062,72	16,20	17,54	10
05.08.2014	15.08.2014	11	2160,00	15,80	17,03	3

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
19.08.2014	01.09.2014	14	2004,48	16,60	17,64	8
10.09.2014	22.09.2014	13	2151,36	15,70	17,38	13
06.10.2014	20.10.2014	15	2704,32	16,40	17,21	204
13.05.2015	11.02.2016	275	187121,66	5,44	11,42	89
11.05.2016	01.06.2016	22	6765,12	12,90	15,74	4
06.06.2016	02.12.2016	180	122249,13	6,20	11,44	33
05.01.2017	20.02.2017	47	18360,00	10,20	14,78	49
11.04.2017	19.04.2017	9	1451,52	16,30	17,43	38
28.05.2017	22.09.2017	118	80236,20	7,89	11,43	154
24.02.2018	14.03.2018	19	4898,88	13,50	16,32	26
10.04.2018	31.12.2018	266	196203,20	7,20	10,76	83
25.03.2019	30.04.2019	37	15361,92	11,60	14,49	3
04.05.2019	23.05.2019	20	6151,68	12,90	15,74	9
02.06.2019	22.06.2020	387	321675,80	5,02	9,68	18
11.07.2020	13.10.2020	95	56875,38	8,22	12,37	55
08.12.2020	25.12.2020	18	1131,84	17,80	18,57	98
03.04.2021	15.04.2021	13	648,00	17,80	18,72	43
29.05.2021	01.09.2021	96	55247,62	9,66	12,64	10
12.09.2021	02.12.2021	82	40815,36	11,10	13,54	4
07.12.2021	31.12.2021	25	4415,04	12,90	17,26	12
13.01.2022	27.01.2022	15	1416,96	17,20	18,21	45
14.03.2022	01.04.2022	19	3283,20	15,70	17,30	28
30.04.2022	10.06.2022	42	22118,40	10,60	13,20	10
21.06.2022	31.10.2022	133	93745,71	7,08	11,14	

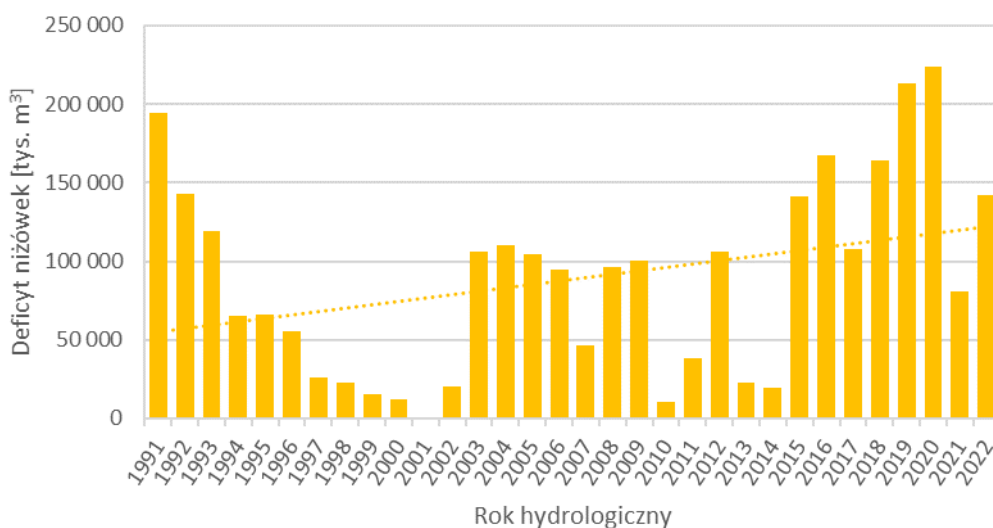
Tab. 11. Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Działoszyn, rz. Warta

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
11.08.1991	18.09.1991	39	32495,04	8,90	9,66	308
23.07.1992	06.09.1992	46	41895,36	7,80	8,76	341
14.08.1993	01.09.1993	19	16329,61	8,70	9,35	327
26.07.1994	08.08.1994	14	12064,90	8,77	9,33	3286
08.08.2003	01.10.2003	55	44604,00	9,20	9,91	305
02.08.2004	09.08.2004	8	6307,20	9,90	10,18	4
14.08.2004	02.10.2004	50	40340,16	9,35	9,96	1364
28.06.2008	04.07.2008	7	5538,24	9,80	10,14	32
06.08.2008	15.08.2008	10	8005,82	8,84	10,03	371
22.08.2009	07.10.2009	47	36942,95	9,62	10,20	2096
05.07.2015	17.10.2015	105	107617,25	5,44	7,44	11
29.10.2015	11.11.2015	14	11117,08	9,74	10,11	262
31.07.2016	06.10.2016	68	66685,28	6,20	7,95	282
16.07.2017	24.07.2017	9	7042,46	9,99	10,24	5
30.07.2017	13.09.2017	46	40811,02	7,89	9,03	263
04.06.2018	12.06.2018	9	7670,60	8,75	9,44	3
16.06.2018	17.07.2018	32	29032,15	7,20	8,80	17
04.08.2018	29.10.2018	87	83912,55	7,28	8,14	224

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m ³]	Przepływ minimalny [m ³ /s]	Średni przepływ [m ³ /s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
11.06.2019	21.12.2019	194	193571,39	5,02	7,75	107
07.04.2020	20.06.2020	75	71667,93	6,06	8,24	51
11.08.2020	30.08.2020	20	17457,97	8,22	9,20	17
17.09.2020	28.09.2020	12	10067,33	8,99	9,59	297
23.07.2021	01.08.2021	10	7801,92	10,10	10,27	331
29.06.2022	31.07.2022	33	29934,13	7,08	8,80	9
10.08.2022	23.08.2022	14	12424,31	7,99	9,03	10
03.09.2022	10.09.2022	8	6571,59	9,35	9,79	



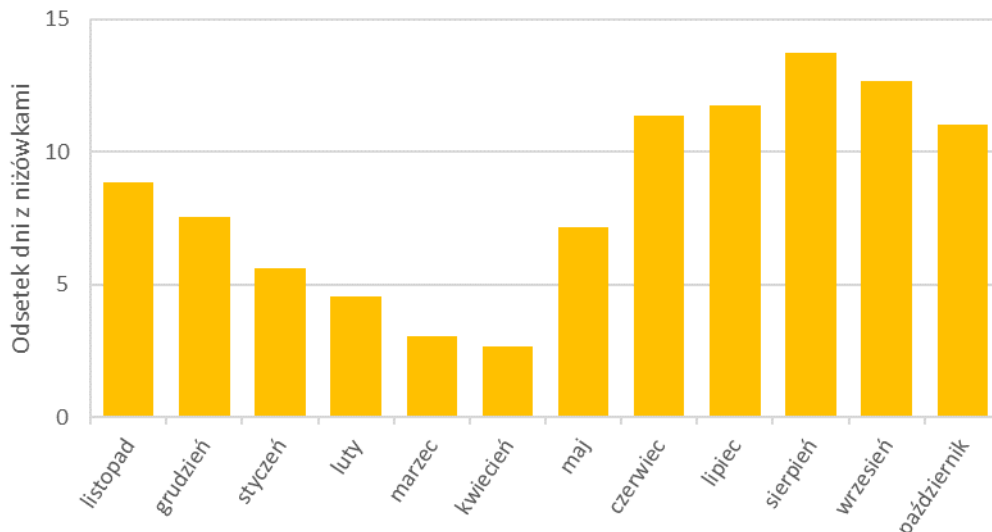
Rys. 347. Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)



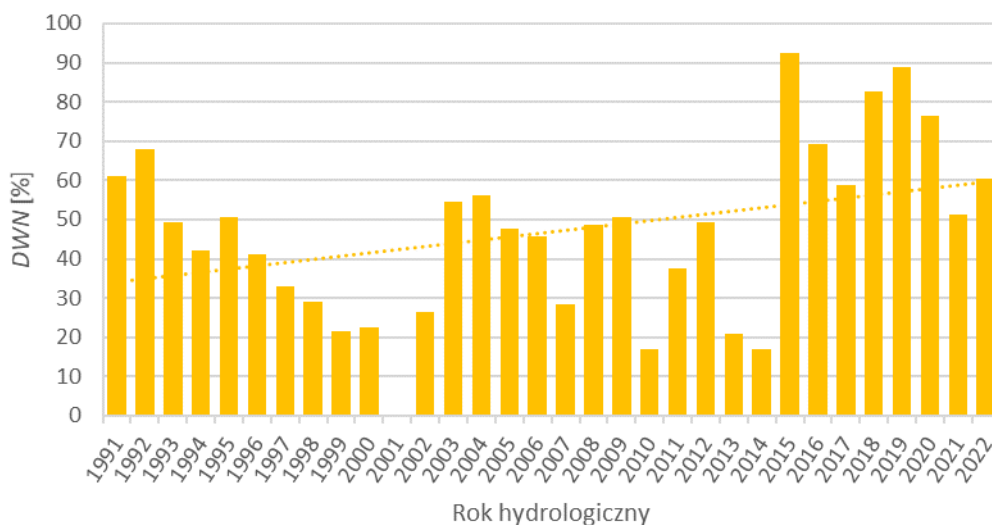
Rys. 348. Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)

Tab. 12. Czas trwania niżówek (profil Działoszyn, rz. Warta)

Rodzaj niżówki	Liczba niżówek				
	Ogółem	7-10 dni	11-20 dni	21-30 dni	powyżej 30 dni
Ogółem	107	19	30	11	47
w tym głębokie	28	7	8	0	13



Rys. 349. Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Działoszyn, rz. Warta)



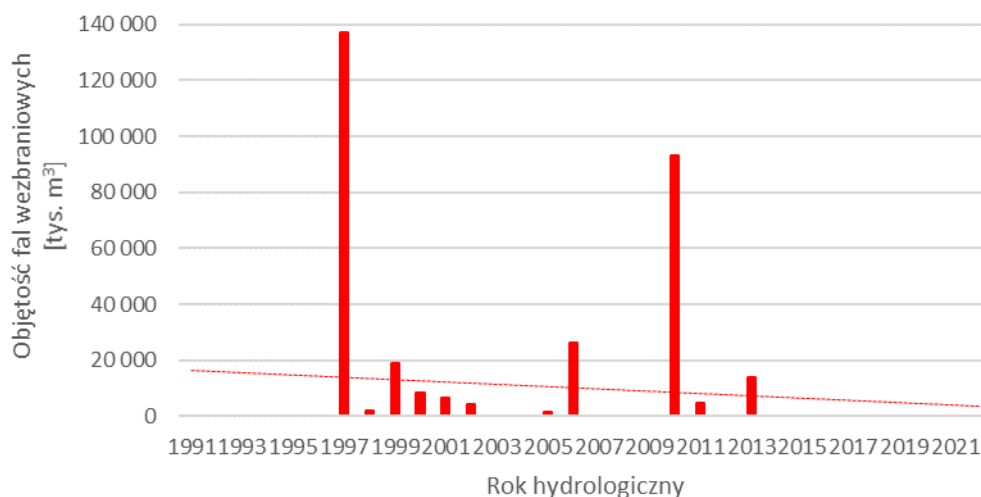
Rys. 350. Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)

Zgodnie z przedstawioną na wstępie metodyką, jako graniczny przepływ wezbrania przyjęto średni przepływ maksymalny z wielolecia (SWQ), który w przypadku analizowanych danych wyniósł 81,59 m³/s. Przy przyjętych założeniach w okresie 1991-2022 wystąpiło łącznie 15 wezbrań. Najdłuższe z nich miały miejsce w 1997 roku oraz 2010 roku. Przepływ kulminacyjny wezbrania w 1997 roku wyniósł 272 m³/s. Objętość ówczesnej fali wezbraniowej szacowana jest na niemal 137 000 tys. m³. Dane pomiarowe z analizowanego okresu wskazują na malejącą tendencję objętości fal wezbraniowych, jak również na malejącą tendencję dni z wezbraniem w poszczególnych latach. Trzeba jednak zauważyć, iż na taką statystykę w dużym stopniu wpływa wezbranie z 1997 roku. Na rzece Warcie w profilu Działoszyn obserwowane są zarówno wezbrania zimowo-wiosenne (styczeń,

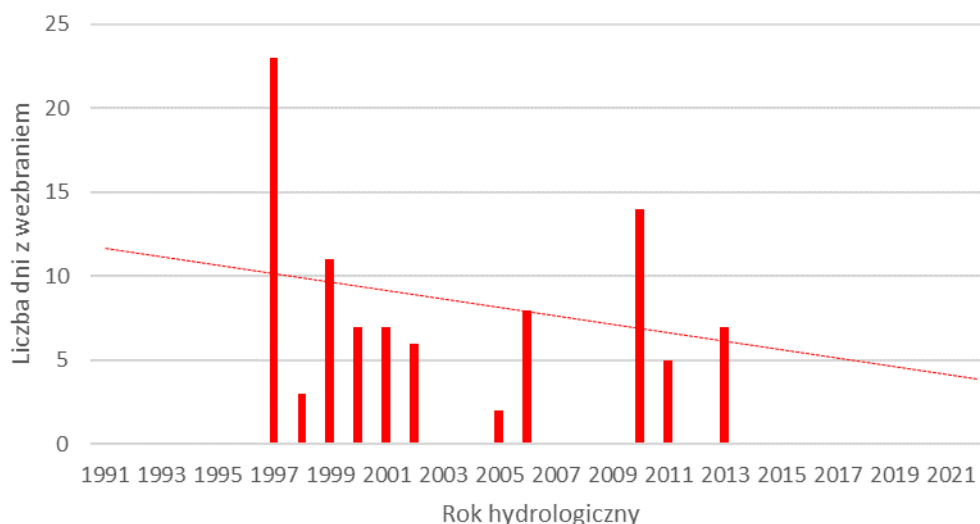
marzec) – roztopowe, jak i typowo opadowe występujące w okresie wiosenno-letnim (kwiecień-lipiec). Są to typowe okresy występowania wezbrań w Polsce. (tab. 13, rys. 351-353)

Tab. 13. Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Działoszyn, rz. Warta)

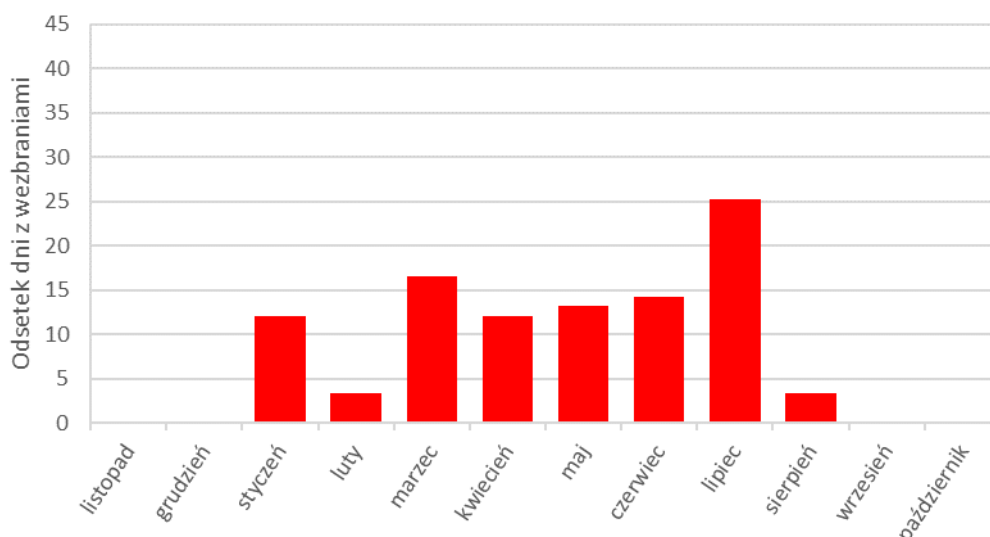
Okres		Czas trwania [dni]	Przepływ kulminacyjny [m ³ /s]	Maksymalny stan wody [cm]	Objętość fali wezbraniowej [tys. m ³]	Średni przepływ [m ³ /s]	Czas do kolejnego wezbrania [dni]
od	do						
09.07.1997	31.07.1997	23	272,00	685	136928,07	150,50	201
17.02.1998	19.02.1998	3	92,00	566	2179,71	90,00	377
03.03.1999	07.03.1999	5	107,00	583	6509,97	96,66	110
25.06.1999	30.06.1999	6	116,00	592	12636,54	105,97	257
13.03.2000	16.03.2000	4	100,00	576	4426,92	94,40	139
02.08.2000	04.08.2000	3	104,00	580	4149,63	97,60	264
25.04.2001	29.04.2001	5	104,00	580	5844,69	95,12	87
25.07.2001	26.07.2001	2	87,50	560	891,54	86,75	184
26.01.2002	31.01.2002	6	93,50	568	4428,54	90,13	1146
22.03.2005	23.03.2005	2	94,20	559	1496,34	90,25	372
30.03.2006	06.04.2006	8	152,00	600	26228,88	119,54	1426
02.03.2010	03.03.2010	2	84,70	547	347,22	83,60	77
19.05.2010	30.05.2010	12	267,00	683	92811,96	171,11	231
16.01.2011	20.01.2011	5	101,00	573	4747,41	92,58	874
12.06.2013	18.06.2013	7	122,00	613	13907,43	104,59	



Rys. 351. Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)



Rys. 352. Liczba dni z wezbraniem w latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)



Rys. 353. Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Działoszyn, rz. Warta)

3.4.2 Subregion centralny

Charakterystyki zmian warunków hydrologicznych w subregionie centralnym określono na podstawie danych ze stacji Jeleń na rz. Przemszy. Odwadnia ona północno-wschodnią część regionu. zachodnia część subregionu zlokalizowana jest w dorzeczu Odry. Warunki hydrologiczne panujące na tym obszarze w pewnym stopniu reprezentuje stacji Koźle na Odrze. Trzeba jednak podkreślić, iż stacja ta zamyka dużą zlewnię obejmującą również niemal cały subregion zachodni. Charakterystyki określone dla tego profilu wodowskazowego zostały przedstawione w poniższym podrozdziale odnoszącym się do subregionu zachodniego.

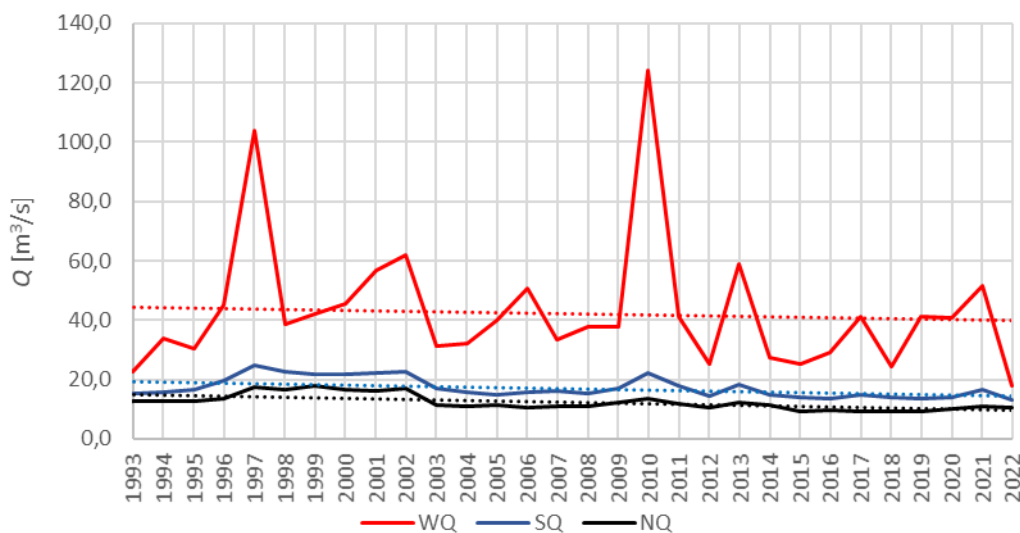
Zestawienie przepływów charakterystycznych rocznych ze stacji Jeleń na rz. Przemszy wskazuje niewielką tendencję malejącą przepływów maksymalnych rocznych (WQ), średnich rocznych (SQ) i minimalnych rocznych (NQ) (rys. 354). SQ i NQ mają bardzo wyrównany przebieg na tle wielolecia. Przepływy maksymalne roczne charakteryzują się natomiast dość dużym zróżnicowaniem w poszczególnych latach. Szczególnie wysokie przepływy odnotowano podczas wezbrań w 1997 roku

i 2010 roku.

Posługując się przedstawioną powyżej metodyką określania niżówek określono następujące przepływy graniczne niżówek dla profilu Jeleń na rz. Przemszy na podstawie obserwacji z lat 1991-2022:

- dla niżówek ogółem: $WNQ = 17,70 \text{ m}^3/\text{s}$;
- dla niżówek głębokich: $SNQ = 12,32 \text{ m}^3/\text{s}$.

Najważniejsze charakterystyki niżówek obu typów zostały zestawione poniżej (rys. 354-358, tab. 14-16). W ostatnich dekadach zaobserwowano rosnącą liczbę dni z niżówką. Od roku 2005 notowane są niżówki głębokie, które w latach 90. XX w. nie występowały. Jest również widoczna wyraźna tendencja wzrostowa deficytu niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych. Uwagę zwraca dużo niższa liczba niżówek w latach 1997-2022. W analizowanym profilu nie zaznacza się w sposób wyraźny sezonowość występowania niżówek – są one obserwowane w ciągu całego roku. Nieco rzadziej występują one w okresie wczesnowiosennym – luty-kwiecień, co związane jest zapewne z występowaniem roztopów oraz ograniczonym zapotrzebowaniem na wodę ze strony roślinności (brak okresu wegetacyjnego). Czas trwania niżówek w profilu Jeleń jest bardzo zróżnicowany. Średnio w okresie 1991-2022 trwały one niecałe 78 dni. Najdłuższe obejmowały ponad 300 dni. Wskaźnik gęstości niżówek określony dla analizowanego profilu wodowskazowego dla ogółu niżówek wynosi 0,58, a dla niżówek głębokich 3,43. Tak więc czas występowania niżówek ogółem jest dłuższy od okresów je dzielących. Powyższe wartości, jak i rosnąca tendencja względnego deficytu niżówki potwierdzają istotny problem wynikający z występowania tego zjawiska. W ostatnich dekadach obserwuje się rosnące niedobory wody w zlewni, rośnie drenaż zasobów wodnych zlewni pozostających w związku z hydraulicznym rzeką.



Rys. 354. Zmienność charakterystyk rocznych przepływu – rz. Przemsza, profil Jeleń

Tab. 14. Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Jeleń, rz. Przemsza

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m ³]	Przepływ minimalny [m ³ /s]	Średni przepływ [m ³ /s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
01.11.1990	17.05.1991	198	39070,08	14,50	15,42	3
21.05.1991	20.11.1991	184	41575,68	13,60	15,08	3

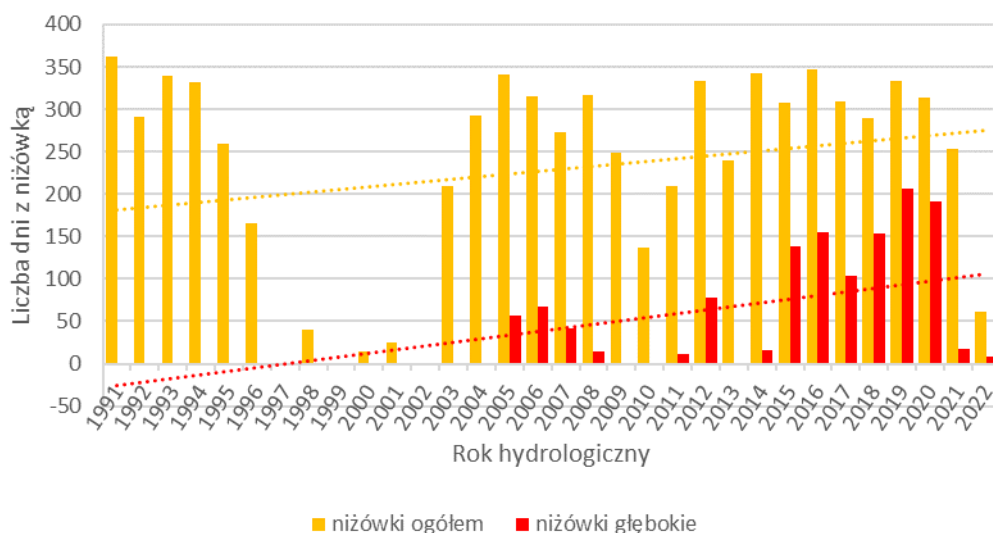
Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
24.11.1991	06.02.1992	75	9918,72	14,00	16,17	28
06.03.1992	12.03.1992	7	414,72	16,70	17,01	41
23.04.1992	29.04.1992	7	250,56	17,00	17,29	3
03.05.1992	13.03.1993	315	82987,20	12,30	14,65	8
22.03.1993	28.03.1993	7	414,72	16,30	17,01	18
16.04.1993	14.03.1994	333	98305,92	12,70	14,28	7
22.03.1994	01.04.1994	11	708,48	16,10	16,95	22
24.04.1994	26.05.1994	33	3533,76	14,90	16,46	4
31.05.1994	12.12.1994	196	54259,20	12,50	14,50	6
19.12.1994	30.12.1994	12	846,72	16,10	16,88	3
03.01.1995	22.01.1995	20	3136,32	14,90	15,89	56
20.03.1995	07.04.1995	19	907,20	16,30	17,15	23
01.05.1995	18.05.1995	18	1555,20	15,60	16,70	18
06.06.1995	23.03.1996	292	79738,56	12,60	14,54	25
18.04.1996	09.05.1996	22	3404,16	14,80	15,91	801
20.07.1998	27.07.1998	8	354,24	16,80	17,19	6
03.08.1998	12.08.1998	10	449,28	16,50	17,18	18
31.08.1998	12.09.1998	13	570,24	16,50	17,19	6
19.09.1998	27.09.1998	9	285,12	17,20	17,33	746
13.10.2000	26.10.2000	14	881,28	16,50	16,97	110
14.02.2001	20.02.2001	7	768,96	16,00	16,43	2
23.02.2001	12.03.2001	18	570,24	16,90	17,33	642
15.12.2002	28.12.2002	14	898,56	16,40	16,96	45
12.02.2003	09.03.2003	26	1909,44	16,10	16,85	51
30.04.2003	09.05.2003	10	544,32	16,40	17,07	16
26.05.2003	01.02.2004	252	72999,36	11,30	14,35	28
01.03.2004	09.03.2004	9	665,28	16,40	16,84	42
21.04.2004	05.05.2004	15	250,56	16,40	17,51	3
09.05.2004	15.03.2005	311	87039,36	11,10	14,46	21
06.04.2005	03.05.2005	28	5339,52	14,10	15,49	3
07.05.2005	25.03.2006	323	102720,96	11,30	14,02	47
12.05.2006	26.06.2006	46	3594,24	14,30	16,80	3
30.06.2006	13.11.2006	137	50155,20	10,50	13,46	3
17.11.2006	18.01.2007	63	11577,60	13,90	15,57	83
12.04.2007	05.09.2007	147	54898,56	11,10	13,38	6
12.09.2007	24.11.2007	74	19673,28	12,40	14,62	24
19.12.2007	20.01.2008	33	7413,12	14,10	15,10	3
24.01.2008	31.01.2008	8	354,24	16,40	17,19	3
04.02.2008	01.03.2008	27	2920,32	15,50	16,45	16
18.03.2008	14.08.2008	150	47044,80	10,90	14,07	3
18.08.2008	18.12.2008	123	35130,24	11,50	14,39	10
29.12.2008	08.02.2009	42	7948,80	13,30	15,51	65
15.04.2009	22.06.2009	69	13962,24	12,60	15,36	35
28.07.2009	19.10.2009	84	25220,16	12,40	14,23	6
26.10.2009	10.11.2009	16	2410,56	13,70	15,96	14
25.11.2009	30.12.2009	36	7447,68	13,90	15,31	12
12.01.2010	19.02.2010	39	7637,76	13,70	15,43	40
01.04.2010	10.04.2010	10	587,52	16,10	17,02	11
22.04.2010	04.05.2010	13	2738,88	13,50	15,26	55
29.06.2010	27.07.2010	29	3257,28	14,30	16,40	218
03.03.2011	14.03.2011	12	259,20	17,10	17,45	27
11.04.2011	02.07.2011	83	15992,64	12,50	15,47	3

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
06.07.2011	26.07.2011	21	3611,52	13,00	15,71	3
30.07.2011	21.01.2012	176	60341,76	11,90	13,73	3
25.01.2012	23.02.2012	30	9538,56	12,80	14,02	12
07.03.2012	29.03.2012	23	2954,88	15,20	16,21	3
02.04.2012	12.04.2012	11	820,80	15,70	16,84	14
27.04.2012	29.01.2013	278	101995,20	10,70	13,45	13
12.02.2013	08.03.2013	25	1909,44	15,60	16,82	15
24.03.2013	02.04.2013	10	1131,84	15,30	16,39	20
23.04.2013	01.05.2013	9	794,88	15,70	16,68	78
19.07.2013	14.05.2014	300	76481,28	12,20	14,75	5
20.05.2014	29.06.2014	41	13003,20	11,50	14,03	3
03.07.2014	09.07.2014	7	1745,28	13,40	14,81	3
13.07.2014	23.08.2014	42	10843,20	12,10	14,71	5
29.08.2014	21.09.2014	24	6264,00	12,50	14,68	3
25.09.2014	21.10.2014	27	6963,84	13,20	14,71	3
25.10.2014	09.01.2015	77	21280,32	13,00	14,50	19
29.01.2015	09.02.2015	12	1010,88	15,80	16,73	7
17.02.2015	23.02.2015	7	457,92	16,40	16,94	21
17.03.2015	29.03.2015	13	1753,92	14,90	16,14	10
09.04.2015	18.02.2016	316	161694,99	9,14	11,78	19
09.03.2016	20.02.2017	349	126664,13	9,52	13,50	6
27.02.2017	17.03.2017	19	2090,88	14,70	16,43	11
29.03.2017	26.04.2017	29	6004,80	13,20	15,30	23
20.05.2017	16.09.2017	120	56283,55	9,06	12,27	12
29.09.2017	27.10.2017	29	4276,80	14,10	15,99	72
08.01.2018	29.01.2018	22	2419,20	15,40	16,43	7
06.02.2018	13.01.2019	342	155135,53	9,18	12,45	6
20.01.2019	14.02.2019	26	6549,12	12,20	14,78	4
19.02.2019	14.05.2019	85	28105,92	10,30	13,87	19
03.06.2019	07.09.2019	97	50010,02	9,34	11,73	3
11.09.2019	22.02.2020	165	81613,44	10,30	11,98	10
04.03.2020	23.05.2020	81	39252,38	9,99	12,09	3
27.05.2020	18.06.2020	23	9797,76	10,70	12,77	26
15.07.2020	11.10.2020	89	32063,04	10,30	13,53	28
09.11.2020	04.01.2021	57	16545,60	12,30	14,34	5
10.01.2021	21.01.2021	12	2246,40	14,00	15,53	46
09.03.2021	13.04.2021	36	8821,44	12,90	14,86	13
27.04.2021	16.05.2021	20	2903,04	14,10	16,02	11
28.05.2021	04.08.2021	69	23976,00	10,80	13,68	5
10.08.2021	26.08.2021	17	4656,96	12,50	14,53	177
20.02.2022	08.09.2022	201	116175,17	6,69	11,01	3
12.09.2022	31.10.2022	50	28633,82	8,16	11,07	

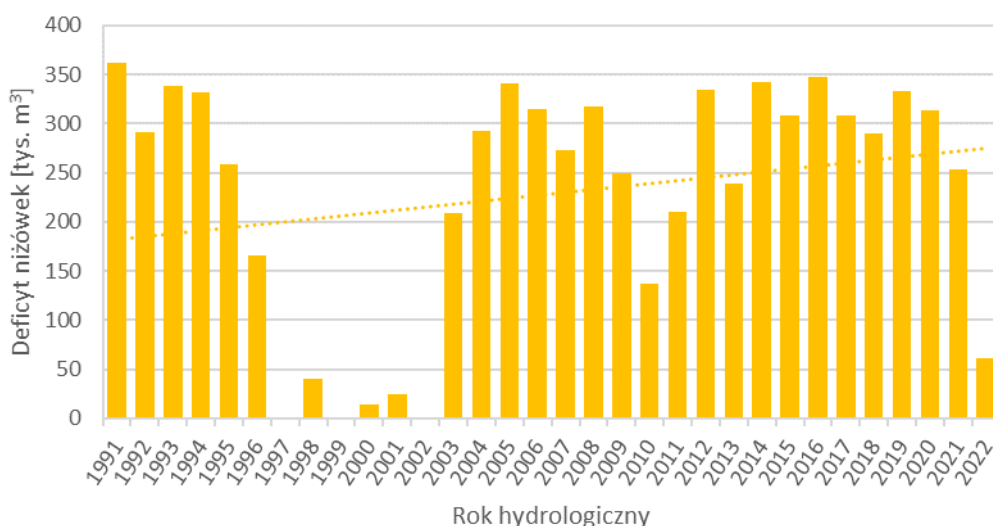
Tab. 15. Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Jeleń, rz. Przemsza

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
01.09.2005	15.09.2005	15	7871,04	11,30	11,63	5
21.09.2005	18.11.2005	59	30188,16	11,30	11,78	297
12.09.2006	04.11.2006	54	28641,60	10,50	11,56	256

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
19.07.2007	10.08.2007	23	11689,92	11,30	11,82	11
22.08.2007	05.09.2007	15	7732,80	11,10	11,73	287
19.06.2008	03.07.2008	15	7940,16	10,90	11,57	1179
26.09.2011	06.10.2011	11	5330,88	11,90	12,09	229
23.05.2012	31.05.2012	9	4328,64	11,50	12,13	53
24.07.2012	10.08.2012	18	8691,84	11,30	12,11	3
14.08.2012	11.09.2012	29	15793,92	10,70	11,40	3
15.09.2012	06.10.2012	22	11387,52	10,90	11,71	611
10.06.2014	25.06.2014	16	7801,92	11,50	12,06	342
03.06.2015	18.06.2015	16	8259,84	10,60	11,73	5
24.06.2015	12.07.2015	19	10984,90	9,76	11,01	8
21.07.2015	13.11.2015	116	74047,37	9,14	10,31	19
03.12.2015	10.01.2016	39	21988,80	10,10	11,17	4
15.01.2016	30.01.2016	16	8441,28	10,60	11,59	106
16.05.2016	29.05.2016	14	7413,12	10,60	11,57	6
05.06.2016	11.07.2016	37	20651,33	9,52	11,24	57
07.09.2016	02.10.2016	26	14264,64	10,40	11,35	7
10.10.2016	19.10.2016	10	4821,12	11,10	12,12	96
24.01.2017	02.02.2017	10	5244,48	11,20	11,63	4
07.02.2017	16.02.2017	10	5400,00	10,90	11,45	123
20.06.2017	11.09.2017	84	46261,15	9,06	11,33	229
29.04.2018	08.05.2018	10	4786,56	11,30	12,16	13
22.05.2018	16.07.2018	56	31222,37	9,42	11,25	15
01.08.2018	23.10.2018	84	48371,05	9,18	11,04	4
28.10.2018	08.12.2018	42	24661,15	9,36	10,90	4
13.12.2018	21.12.2018	9	5097,60	10,40	11,14	101
02.04.2019	27.04.2019	26	13668,48	10,30	11,62	45
12.06.2019	12.08.2019	62	34943,59	9,34	11,18	4
17.08.2019	07.09.2019	22	12154,75	9,47	11,31	4
12.09.2019	21.12.2019	101	56566,08	10,30	11,22	8
30.12.2019	08.01.2020	10	4916,16	11,60	12,01	4
13.01.2020	01.02.2020	20	10558,08	11,20	11,59	53
26.03.2020	28.04.2020	34	19173,02	9,99	11,17	3
02.05.2020	23.05.2020	22	11629,44	10,40	11,58	7
31.05.2020	18.06.2020	19	8000,64	10,70	12,83	49
07.08.2020	18.08.2020	12	6696,00	10,30	11,24	6
25.08.2020	31.08.2020	7	3490,56	10,40	11,93	10
11.09.2020	27.09.2020	17	8951,04	10,70	11,61	262
17.06.2021	24.06.2021	8	4294,08	10,80	11,49	5
30.06.2021	08.07.2021	9	4760,64	10,90	11,58	160
16.12.2021	23.12.2021	8	4224,96	10,80	11,59	18
11.01.2022	27.01.2022	17	9460,80	10,40	11,26	35
04.03.2022	30.03.2022	27	16068,67	9,54	10,81	28
28.04.2022	07.06.2022	41	28233,81	6,98	9,73	9
17.06.2022	21.08.2022	66	50461,03	6,69	8,85	3
25.08.2022	08.09.2022	15	10075,98	7,73	9,93	



Rys. 355. Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)



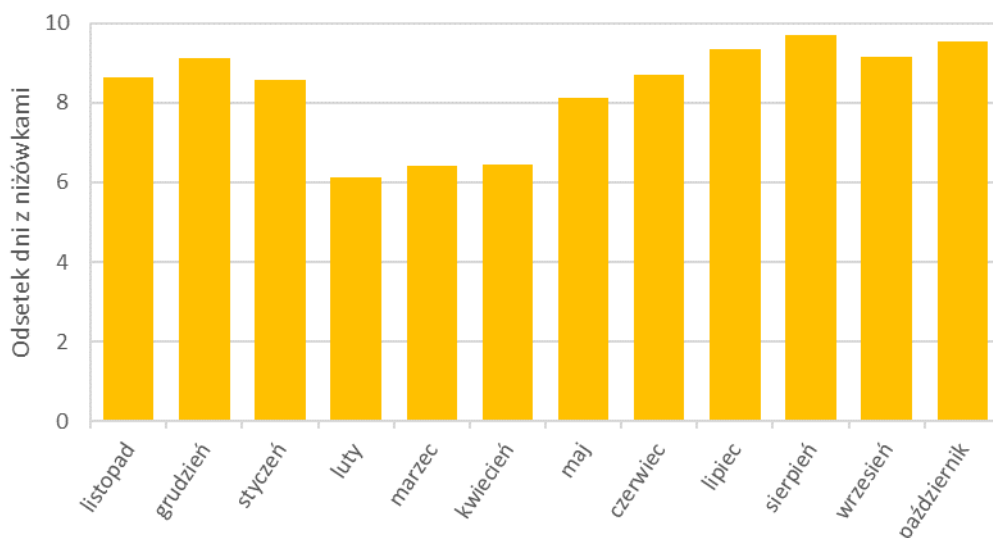
Rys. 356. Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)

Tab. 16. Czas trwania niżówek (profil Jeleń, rz. Przemsza)

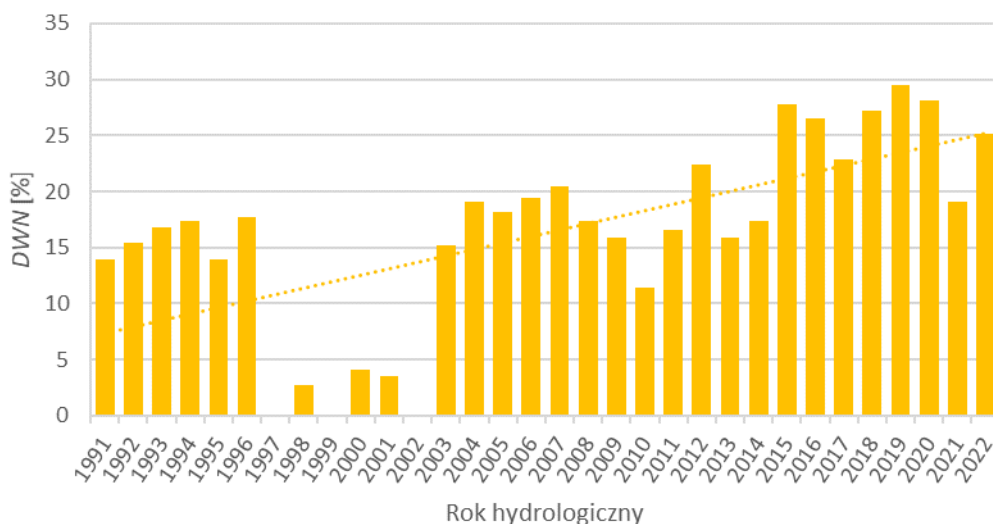
Rodzaj niżówki	Liczba niżówek				
	Ogółem	7-10 dni	11-20 dni	21-30 dni	powyżej 30 dni
Ogółem	96	15	20	16	45
w tym głębokie	49	11	16	8	14

Zgodnie z przedstawioną na wstępie metodyką, jako graniczny przepływ wezbrania przyjęto średni przepływ maksymalny z wielolecia (SWQ), który w przypadku analizowanych danych wyniósł 42,15 m³/s. Przy przyjętych założeniach w okresie 1991-2022 wystąpiło łącznie 12 wezbrań. Najdłużej trwało wezbranie w 1997 roku (28 dni). Objętość ówczesnej fali wezbraniowej szacowana jest na 48 790 tys. m³, jednak najwyższym pod względem wezbraniem pod względem przepływu kulminacyjnego było wezbranie z maja 2010 roku. Wówczas wyniósł on 124 m³/s. Dane pomiarowe z analizowanego okresu wskazują na malejącą tendencję objętości fal wezbraniowych, jak również na malejącą tendencję dni z wezbraniem w poszczególnych latach. Trzeba jednak zauważyć, iż na taką statystykę w dużym stopniu wpływa wezbranie z 1997 roku. Na Przemszy obserwowane są

przede wszystkim wezbrania opadowe występujące w typowym polskim klimacie , tj. przede wszystkim w lipcu oraz późną wiosną. (tab. 17, rys. 359-361)



Rys. 357. Odstetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Jeleń, rz. Przemsza)

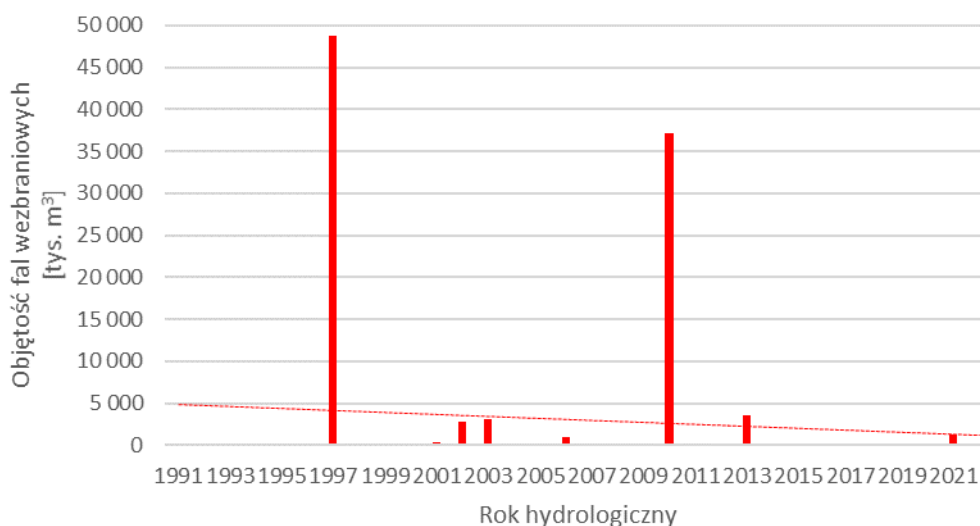


Rys. 358. Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)

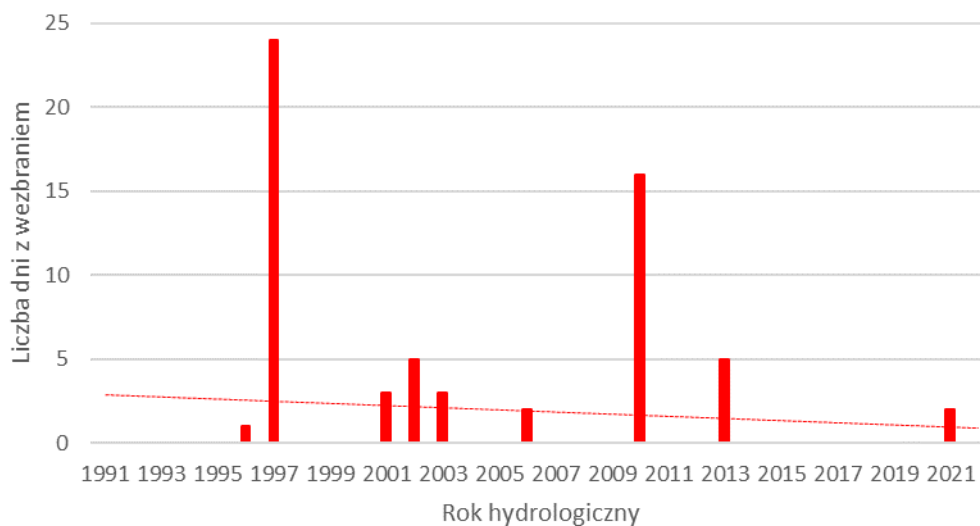
Tab. 17. Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Jeleń, rz. Przemsza)

Okres		Czas trwania [dni]	Przepływ kulminacyjny [m3/s]	Maksymalny stan wody [cm]	Objętość fali wezbraniowej [tys. m3]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnego wezbrania [dni]
od	do						
18.05.1996	18.05.1996	1	45,10	300	254,88	45,10	414
06.07.1997	02.08.1997	28	104,00	428	48790,08	62,32	951
10.03.2000	12.03.2000	3	45,50	290	410,40	43,73	406
22.04.2001	23.04.2001	2	46,60	293	475,20	44,90	94
26.07.2001	28.07.2001	3	56,70	320	2371,68	51,30	318
11.06.2002	13.06.2002	3	62,00	330	3123,36	54,20	1385
29.03.2006	30.03.2006	2	50,80	300	959,04	47,70	1508
16.05.2010	28.05.2010	13	124,00	417	33674,40	72,13	5

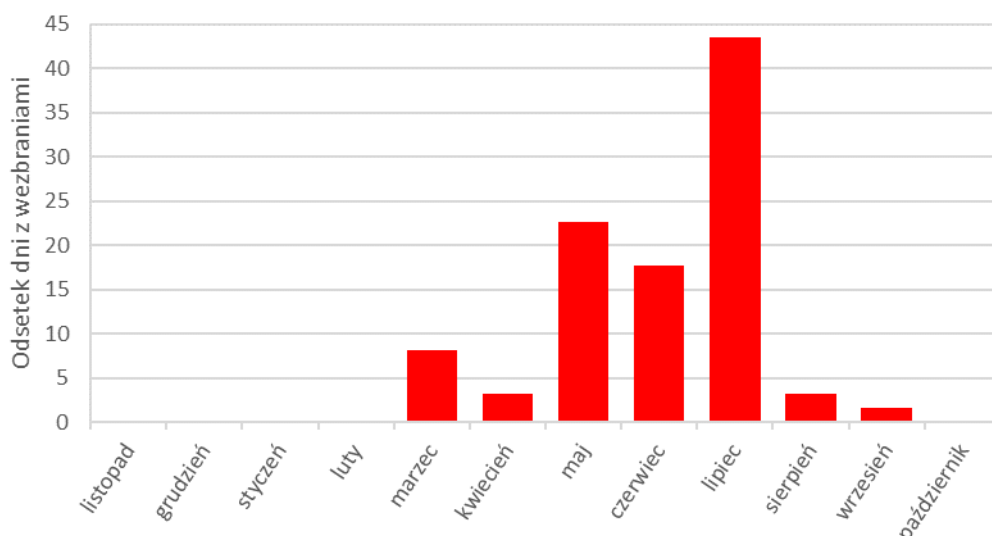
Okres		Czas trwania [dni]	Przepływ kulminacyjny [m ³ /s]	Maksymalny stan wody [cm]	Objętość fali wezbraniowej [tys. m ³]	Średni przepływ [m ³ /s]	Czas do kolejnego wezbrania [dni]
od	do						
02.06.2010	04.06.2010	3	66,50	322	3417,12	55,33	1097
05.06.2013	06.06.2013	2	46,70	265	440,64	44,70	6
12.06.2013	13.06.2013	2	59,10	298	1900,80	53,15	3001
31.08.2021	01.09.2021	2	51,60	274	1287,36	49,60	



Rys. 359. Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)



Rys. 360. Liczba dni z wezbraniem w latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)



Rys. 361. Występowanie wzebrań w poszczególnych miesiącach (profil Jeleń, rz. Przemsza)

3.4.3 Subregion zachodni

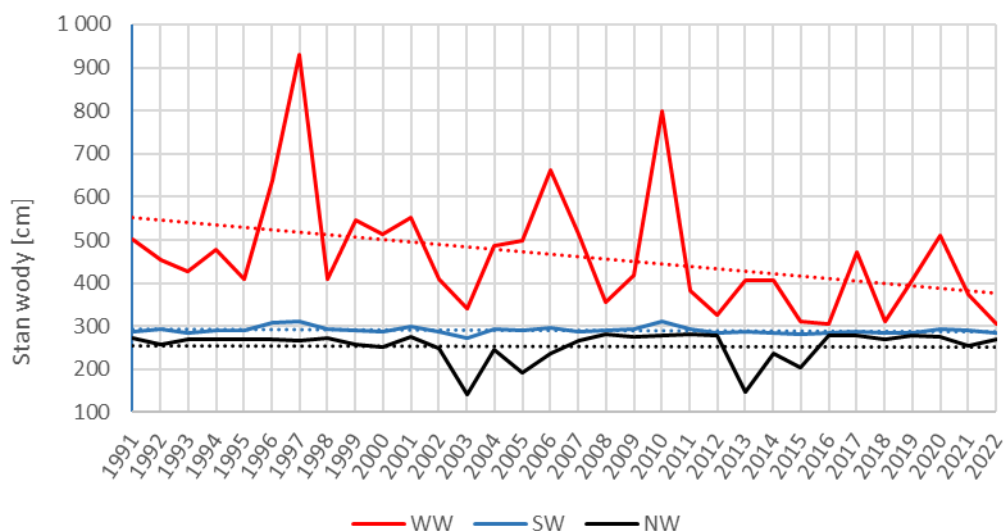
Charakterystyki zmian warunków hydrologicznych w subregionie zachodnim określono na podstawie danych ze stacji Koźle na rz. Odrze. Jak zaznaczono wcześniej stacja ta zamyka dość dużą zlewnię, toteż charakterystyki określone na podstawie danych z niej pochodzących odnoszą się do znacznie większego terenu. Dla tej stacji nie są dostępne dane o natężeniu przepływu. Z tego względu w tym przypadku dokonano ograniczonej analizy na podstawie danych o stanie wody w rzece. Warto ponadto zauważyć, iż na charakterystyki hydrologiczne na tym profilu znaczący wpływ ma antropopresja – przekształcenia sieci rzecznej, funkcjonowanie licznych kanałów itd.

Analiza rocznych stanów charakterystycznych wskazuje na wyraźną tendencję malejącą stanów maksymalnych rocznych (WW). Stany średnie roczne (SW) i minimalne roczne (NW) na tle wielolecia utrzymują się na podobnym poziomie.

W związku z brakiem danych o natężeniu przepływu, występowanie niżówek przeanalizowano posługując się granicznymi stanami wody:

- dla niżówek ogółem: WNW= 281 cm;
- dla niżówek głębokich: SNW = 254,16 cm.

Podstawowe charakterystyki określonych w ten sposób niżówek zestawiono poniżej (tab. 18-20, rys. 362-364). Analiza danych wskazała na wyraźną tendencję malejącą liczby dni z niżówkami. W całym analizowanym okresie stwierdzono jedynie 3 niżówki głębokie. Co więcej, w okresie 2004-2011 stwierdzono znacznie niższą liczbę niżówek w porównaniu do średniej z wielolecia. Zjawiska tego typu na stacji Koźle mają zróżnicowany czas trwania - najdłuższe trwają ponad 100 dni. Stan minimalny w czasie ich występowania wynosi 268 cm. W ich występowaniu zaznacza się sezonowość. Najmniej niżówek występuje od lutego do kwietnia, co prawdopodobnie wynika ze zwiększonego zasilania Odry związanego z roztopami, szczególnie w górnej części zlewni rzeki.



Rys. 362. Zmienność stanów charakterystycznych rocznych – rz. Odra, profil Koźle

Tab. 18. Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Koźle, rz. Odra

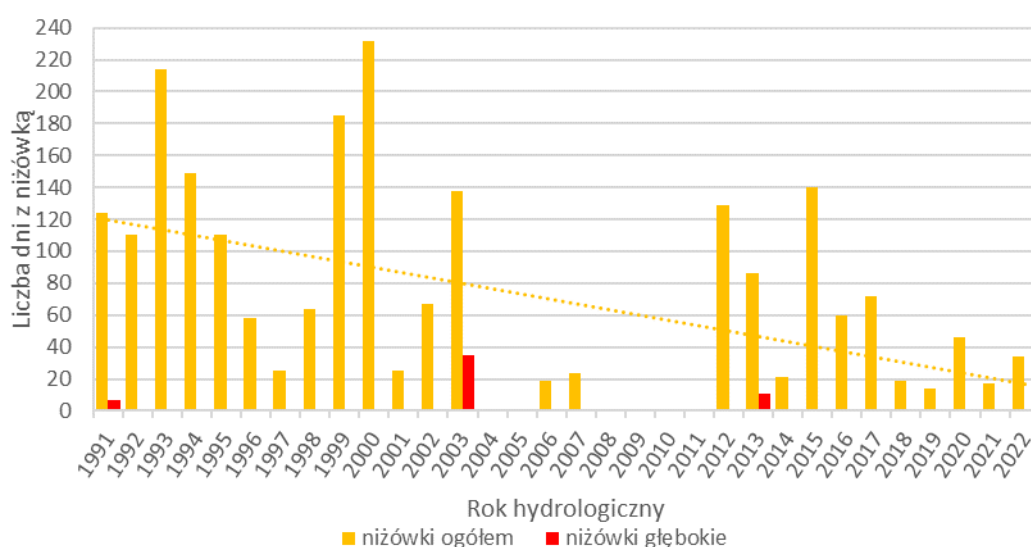
Okres		Czas trwania [dni]	Stan minimalny [cm]	Średni stan [cm]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do				
02.12.1990	10.12.1990	9	278,00	280,22	5
16.12.1990	31.12.1990	16	274,00	279,19	31
01.02.1991	09.02.1991	9	274,00	277,67	111
01.06.1991	13.06.1991	13	276,00	279,62	62
15.08.1991	06.10.1991	53	274,00	278,32	8
15.10.1991	05.11.1991	22	275,00	278,41	191
15.05.1992	28.05.1992	14	272,00	279,86	13
11.06.1992	19.06.1992	9	276,00	279,67	7
27.06.1992	20.08.1992	55	271,00	276,65	18
08.09.1992	25.09.1992	18	270,00	277,33	3
29.09.1992	07.10.1992	9	274,00	276,22	28
05.11.1992	05.12.1992	31	270,00	278,16	26
01.01.1993	07.01.1993	7	278,00	279,43	40
17.02.1993	25.02.1993	9	272,00	277,56	3
01.03.1993	12.03.1993	12	275,00	276,92	67
19.05.1993	19.07.1993	62	270,00	277,47	7
27.07.1993	22.10.1993	88	270,00	276,55	4
27.10.1993	07.11.1993	12	277,00	278,58	11
19.11.1993	30.11.1993	12	278,00	279,75	165
15.05.1994	21.05.1994	7	277,00	279,71	31
22.06.1994	09.07.1994	18	274,00	276,50	3
13.07.1994	25.10.1994	105	268,00	278,17	8
03.11.1994	28.11.1994	26	274,00	278,88	45
13.01.1995	23.01.1995	11	270,00	276,45	146
19.06.1995	26.06.1995	8	275,00	279,75	22
19.07.1995	28.08.1995	41	272,00	277,76	9
07.09.1995	15.09.1995	9	272,00	277,33	31
17.10.1995	03.11.1995	18	278,00	279,72	28
02.12.1995	15.12.1995	14	274,00	278,57	36
21.01.1996	28.01.1996	8	277,00	278,88	24
22.02.1996	16.03.1996	24	270,00	277,83	156
20.08.1996	28.08.1996	9	278,00	282,11	349

Okres		Czas trwania [dni]	Stan minimalny [cm]	Średni stan [cm]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do				
13.08.1997	30.08.1997	18	265,00	278,06	23
23.09.1997	29.09.1997	7	276,00	279,14	241
29.05.1998	12.06.1998	15	272,00	277,53	33
16.07.1998	12.08.1998	28	274,00	280,25	3
16.08.1998	05.09.1998	21	274,00	278,38	105
20.12.1998	05.02.1999	48	257,00	273,10	5
11.02.1999	17.02.1999	7	274,00	277,00	78
07.05.1999	17.05.1999	11	276,00	280,18	3
21.05.1999	07.06.1999	18	272,00	280,72	23
01.07.1999	07.07.1999	7	274,00	279,86	10
18.07.1999	05.10.1999	80	275,00	278,23	12
18.10.1999	08.11.1999	22	273,00	277,68	5
14.11.1999	27.11.1999	14	273,00	276,71	10
08.12.1999	31.01.2000	55	254,00	269,60	13
14.02.2000	08.03.2000	24	264,00	269,67	50
28.04.2000	16.07.2000	80	250,00	275,86	35
21.08.2000	02.09.2000	13	276,00	280,62	21
24.09.2000	04.11.2000	42	276,00	280,29	3
08.11.2000	18.11.2000	11	278,00	280,27	13
02.12.2000	11.12.2000	10	278,00	279,50	335
12.11.2001	20.11.2001	9	278,00	280,89	23
14.12.2001	22.01.2002	40	267,00	275,68	165
07.07.2002	13.07.2002	7	276,00	278,14	19
02.08.2002	12.08.2002	11	248,00	275,09	129
20.12.2002	28.12.2002	9	272,00	277,11	10
08.01.2003	10.03.2003	62	140,00	218,63	121
10.07.2003	28.07.2003	19	276,00	280,32	16
14.08.2003	28.08.2003	15	272,00	278,47	6
04.09.2003	06.10.2003	33	276,00	279,97	1087
28.09.2006	16.10.2006	19	266,00	268,47	143
09.03.2007	21.03.2007	13	265,00	272,38	83
13.06.2007	23.06.2007	11	272,00	277,91	1602
12.11.2011	22.11.2011	11	280,00	280,00	177
18.05.2012	03.06.2012	17	280,00	280,29	25
29.06.2012	07.10.2012	101	277,00	278,48	57
04.12.2012	15.12.2012	12	279,00	279,42	189
23.06.2013	03.07.2013	11	146,00	214,55	12
16.07.2013	16.09.2013	63	279,00	279,71	275
19.06.2014	25.06.2014	7	280,00	280,00	90
24.09.2014	07.10.2014	14	259,00	264,36	35
12.11.2014	05.12.2014	24	205,00	264,33	94
10.03.2015	30.03.2015	21	263,00	273,33	36
06.05.2015	16.05.2015	11	233,00	251,91	76
01.08.2015	15.08.2015	15	280,00	280,00	3
19.08.2015	31.08.2015	13	221,00	266,15	5
06.09.2015	17.12.2015	103	278,00	278,99	277
20.09.2016	02.10.2016	13	279,00	279,92	105
16.01.2017	03.02.2017	19	277,00	279,00	3
07.02.2017	15.02.2017	9	277,00	278,67	106
02.06.2017	08.07.2017	37	279,00	279,89	5
14.07.2017	20.07.2017	7	280,00	280,00	413
07.09.2018	25.09.2018	19	268,00	279,37	47
12.11.2018	22.11.2018	11	279,00	279,91	340

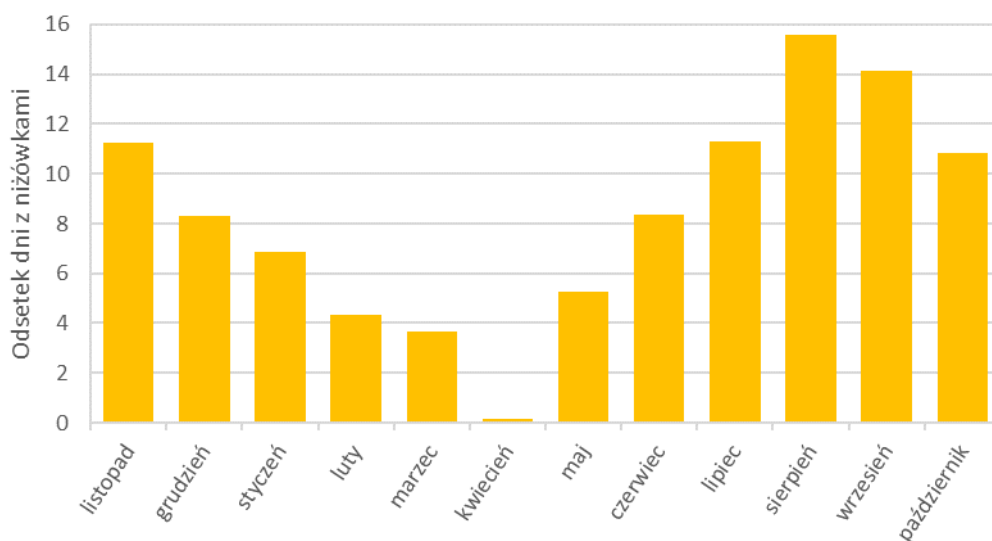
Okres		Czas trwania [dni]	Stan minimalny [cm]	Średni stan [cm]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do				
29.10.2019	11.11.2019	14	279,00	279,71	6
18.11.2019	22.12.2019	35	277,00	278,66	657
10.10.2021	21.10.2021	12	279,00	279,67	5
27.10.2021	26.11.2021	31	268,00	279,35	26
23.12.2021	30.12.2021	8	279,00	280,63	

Tab. 19. Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Koźle, rz. Odra

Okres		Czas trwania [dni]	Stan minimalny [cm]	Średni stan [cm]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do				
08.01.2003	11.02.2003	35	140,00	173,26	3784
23.06.2013	03.07.2013	11	146,00	214,55	



Rys. 363. Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Koźle, rz. Odra)

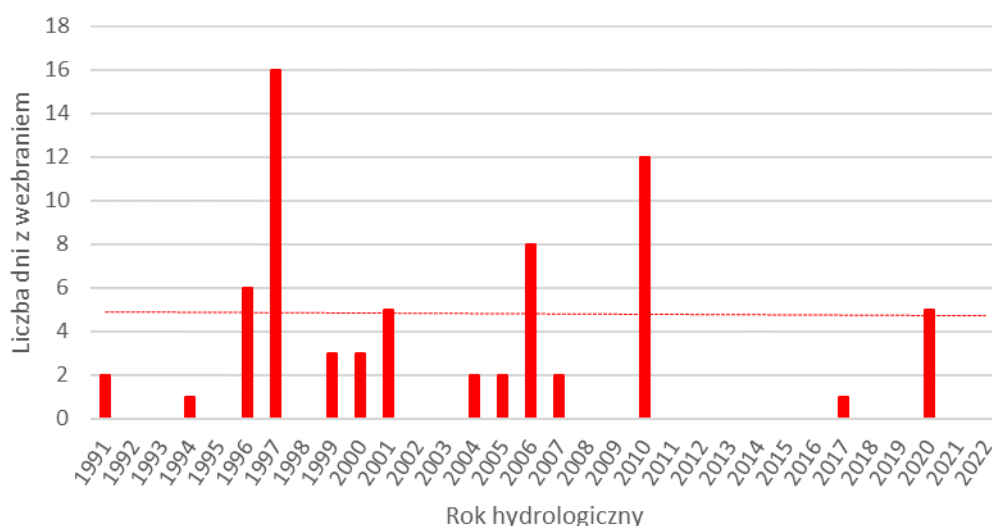


Rys. 364. Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Koźle, rz. Odra)

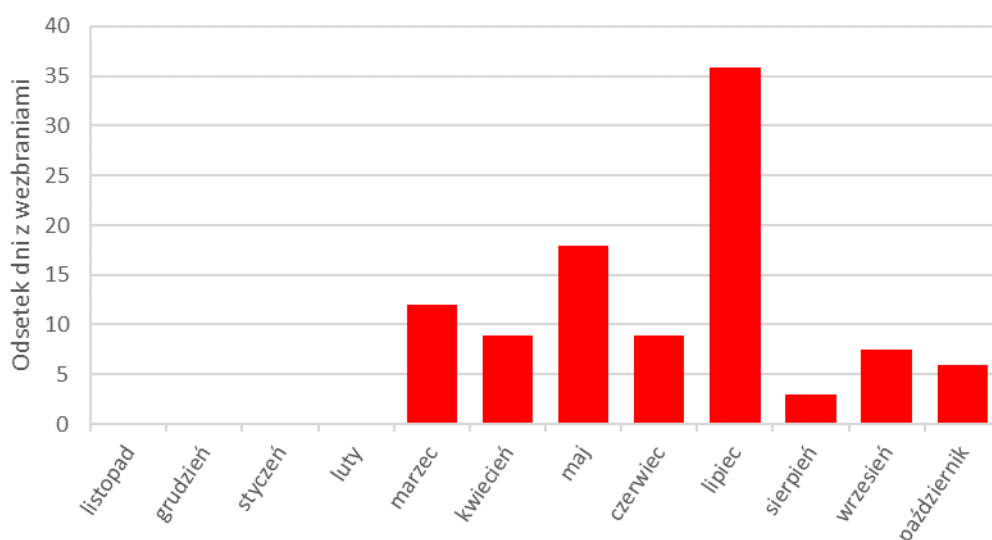
Tab. 20. Czas trwania niżówek (profil Koźle, rz. Odra)

Rodzaj niżówki	Liczba niżówek				
	Ogółem	7-10 dni	11-20 dni	21-30 dni	powyżej 30 dni
Ogółem	90	22	38	9	21
w tym głębokie	2	0	1	0	1

Analizując występowanie wezbrań na rz. Odrze w profilu Koźle, jako graniczny stan wody przyjęto średni wysoki stan wody z wielolecia (SWW), który w okresie 1991-2022 wyniósł 464,25 cm. Przy przyjętych założeniach w analizowanym okresie wystąpiło 18 wezbrań. Ich czas trwania nie przekraczał 10 dni. Maksymalne stany wody wystąpiły podczas wezbrań w latach 1997 oraz 2010 i wyniosły odpowiednio 930 oraz 800 cm. W ostatnich 30 latach nie zaobserwowano tendencji zmian liczby dni, w których występują wezbrania. W profilu Koźle najczęściej występują wezbrania opadowe (przede wszystkim w lipcu). Obserwowane są również wezbrania roztopowe w okresie wiosennym. (tab. 21, rys. 365-366)



Rys. 365. Liczba dni z wezbraniem w latach hydrologicznych (profil Koźle, rz. Odra)



Rys. 366. Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Koźle, rz. Odra)

Tab. 21. Zestawienie wezbrań z ich charakterystykami (profil Koźle, rz. Odra)

Okres		Czas trwania [dni]	Maksymalny stan wody [cm]	Średni stan podczas wezbrania [cm]	Czas do kolejnego wezbrania [dni]
od	do				
05.08.1991	06.08.1991	2	502,00	483,50	987
19.04.1994	19.04.1994	1	479,00	479,00	757
15.05.1996	17.05.1996	3	525,00	501,00	115
09.09.1996	11.09.1996	3	637,00	579,67	299
07.07.1997	15.07.1997	9	930,00	724,44	5
20.07.1997	26.07.1997	7	675,00	582,86	697
23.06.1999	25.06.1999	3	546,00	518,00	389
18.07.2000	19.07.2000	2	514,00	494,50	12
31.07.2000	31.07.2000	1	472,00	472,00	359
25.07.2001	29.07.2001	5	552,00	506,00	971
26.03.2004	27.03.2004	2	487,00	484,50	358
20.03.2005	21.03.2005	2	498,00	487,00	372
28.03.2006	04.04.2006	8	663,00	572,38	523
09.09.2007	10.09.2007	2	512,00	511,00	980
17.05.2010	25.05.2010	9	800,00	634,67	9
03.06.2010	05.06.2010	3	604,00	569,33	2521
30.04.2017	30.04.2017	1	471,00	471,00	1264
15.10.2020	19.10.2020	5	511,00	482,60	

3.4.4 Subregion południowy

Charakterystyki zmian warunków hydrologicznych w subregionie południowym zostały określone na podstawie danych ze stacji Jawiszowice na rz. Wiśle. Na wstępie należy zwrócić uwagę, iż profil Jawiszowice znajduje się poniżej dużego Zbiornika Goczałkowice. Praca zbiornika z całą pewnością ma istotny wpływ na charakterystyki hydrologiczne określane dla wodowskazu Jawiszowice.

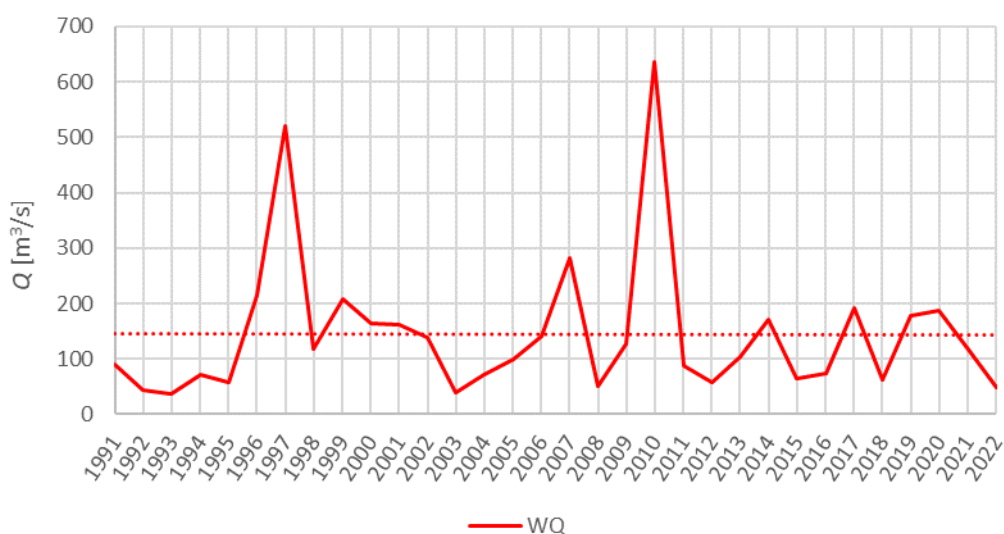
Funkcjonowanie zbiornika może potencjalnie wpływać na wyrównanie przepływów rzeki poniżej zapory. Analizując przepływy charakterystyczne roczne na stacji Jawiszowice należy zwrócić uwagę na utrzymujące się na stałym poziomie w wieloleciu przepływy maksymalne roczne (WQ) (rys. 367) oraz minimalne roczne (NQ) (rys. 368). Widoczna jest natomiast nieznaczna tendencja rosnąca przepływów średnich rocznych (SQ).

Posługując się przedstawioną powyżej metodyką określania niżówek określono następujące przepływy graniczne niżówek dla profilu Jawiszowice na rz. Wiśle na podstawie obserwacji z lat 1991-2022:

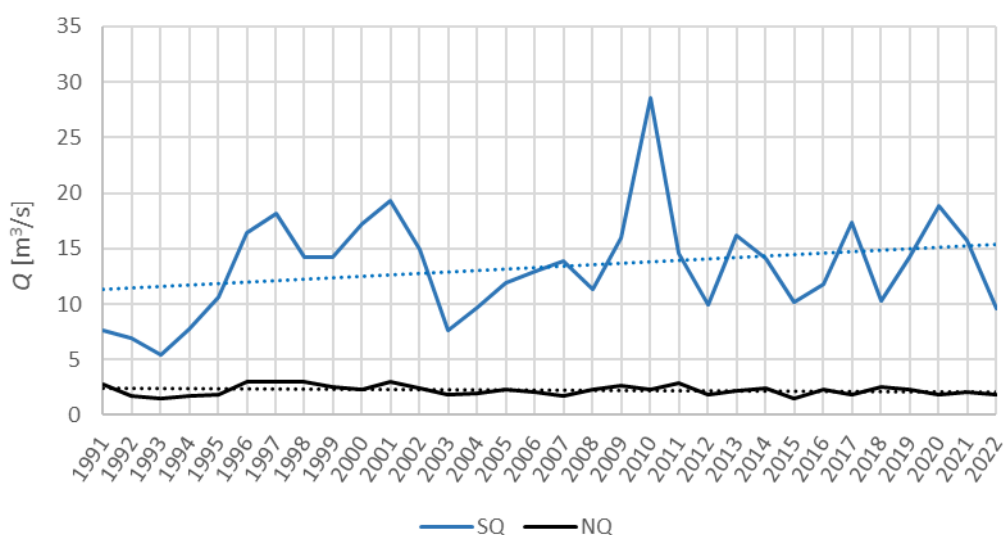
- dla niżówek ogółem: $WNQ = 3,02 \text{ m}^3/\text{s}$;
- dla niżówek głębokich: $SNQ = 2,23 \text{ m}^3/\text{s}$.

Najważniejsze charakterystyki niżówek obu typów zostały zestawione poniżej (tab. 22-24, rys. 367-372). Na przestrzeni minionych 30 lat częstotliwość występowania niżówek (również niżówek głębokich) nie zmieniła się. Dostępne dane wskazują natomiast na niewielką tendencję malejącą deficytu niżówek. Widoczna jest wyraźnie bardzo ograniczona na tle wielolecia liczba niżówek w latach 1996 – 2022. W przebiegu rocznym zaznacza się wyraźna sezonowość występowania tego typu zjawisk. Największa ich liczba występuje w okresie letnim, tj. od czerwca do września (tab. 22). Z dużym prawdopodobieństwem jest to wynik działania zbiornika wodnego, z którego w okresie letnim spuszczone są mniejsze ilości wody w związku z dużym zapotrzebowaniem na wodę na potrzeby zasilania sieci wodociągowej. Nie bez znaczenia jest zapewne również wysokie parowanie w

okresie występowania wysokiej temperatury powietrza. Czas trwania niżówek jest bardzo zróżnicowany. Zwykle trwają one kilkadziesiąt dni. W przypadku niżówek głębokich wyraźnie przeważają te trwające od 11 do 20 dni. Najdłuższe niżówki w analizowanym okresie trwały 119 dni (czerwiec-październik 2015) oraz 97 dni (czerwiec-wrzesień 1992). Przepływy minimalne wówczas wynosiły odpowiednio 1,71 m³/s oraz 1,44 m³/s. Wskaźnik gęstości niżówek określony dla analizowanego profilu wodowskazowego dla ogółu niżówek wynosi 6,37, a dla niżówek głębokich 31,54. Są to stosunkowo wysokie wartości wskaźników wśród analizowanych stacji wodowskazowych. Wskazują one, iż niżówki na stacji Jawiszowice występują rzadziej niż na innych stacjach, co z pewnością jest wynikiem modyfikowania naturalnego reżimu rzeki w wyniku funkcjonowania zbiornika wodnego. W profilu Jawiszowice zaznacza się jednak rosnąca tendencja względnego deficytu niżówek, co wskazuje na rosnące niedobory wody w zlewni.



Rys. 367. Przebieg rocznych przepływów maksymalnych w wieloleciu (profil Jawiszowice, rz. Wisła)



Rys. 368. Przebieg przepływów rocznych średnich i minimalnych w wieloleciu (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

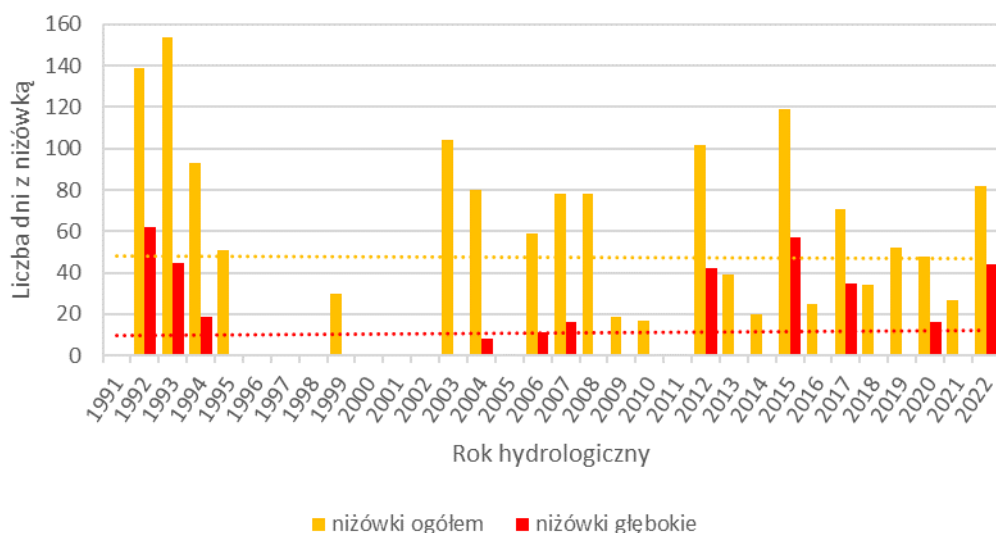
Tab. 22. Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Jawiszowice, rz. Wiśła

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
04.05.1992	11.05.1992	8	241,92	2,52	2,67	3
15.05.1992	17.06.1992	34	1002,25	2,04	2,68	4
22.06.1992	26.09.1992	97	5990,14	1,71	2,31	56
22.11.1992	05.12.1992	14	342,13	2,40	2,74	20
26.12.1992	07.01.1993	13	1083,44	1,67	2,06	37
14.02.1993	10.03.1993	25	903,74	2,04	2,60	48
28.04.1993	06.07.1993	70	4363,22	1,55	2,30	24
31.07.1993	31.08.1993	32	594,38	2,52	2,81	79
19.11.1993	08.12.1993	20	1143,93	1,92	2,36	3
12.12.1993	20.12.1993	9	210,82	2,40	2,75	25
15.01.1994	23.01.1994	9	430,27	2,04	2,47	21
14.02.1994	02.03.1994	17	821,71	2,28	2,46	72
14.05.1994	25.05.1994	12	791,43	1,76	2,26	18
13.06.1994	08.07.1994	26	1631,24	1,80	2,29	250
16.03.1995	23.03.1995	8	407,80	2,16	2,43	86
18.06.1995	26.06.1995	9	502,85	1,80	2,37	25
22.07.1995	24.08.1995	34	677,38	2,32	2,79	1369
25.05.1999	03.06.1999	10	-12,97	2,50	3,04	94
06.09.1999	25.09.1999	20	192,66	2,71	2,91	1356
13.06.2003	29.07.2003	47	1327,10	1,89	2,69	5
04.08.2003	29.09.2003	57	1724,53	1,98	2,67	67
06.12.2003	12.12.2003	7	27,64	2,82	2,97	167
28.05.2004	04.06.2004	8	158,98	2,52	2,79	26
01.07.2004	25.07.2004	25	-105,41	2,43	3,07	24
19.08.2004	27.09.2004	40	1263,15	1,98	2,65	410
12.11.2005	26.11.2005	15	-63,07	2,70	3,07	221
06.07.2006	07.08.2006	33	1111,93	2,07	2,63	12
20.08.2006	30.08.2006	11	-105,43	2,61	3,13	233
21.04.2007	08.05.2007	18	317,97	2,54	2,82	31
09.06.2007	21.06.2007	13	100,21	2,54	2,93	26
18.07.2007	12.08.2007	26	1738,40	1,68	2,25	3
16.08.2007	05.09.2007	21	874,36	2,26	2,54	236
29.04.2008	19.05.2008	21	398,30	2,47	2,80	10
30.05.2008	04.07.2008	36	1563,02	2,25	2,52	47
21.08.2008	29.08.2008	9	228,10	2,61	2,73	5
04.09.2008	15.09.2008	12	477,80	2,35	2,56	225
29.04.2009	10.05.2009	12	310,19	2,61	2,72	97
16.08.2009	22.08.2009	7	169,36	2,68	2,74	169
08.02.2010	17.02.2010	10	22,46	2,93	2,99	141
09.07.2010	15.07.2010	7	208,23	2,52	2,68	499
27.11.2011	07.12.2011	11	174,53	2,68	2,84	4
12.12.2011	02.01.2012	22	395,71	2,67	2,81	199
20.07.2012	12.09.2012	55	3439,59	1,84	2,30	3
16.09.2012	29.09.2012	14	391,39	2,39	2,70	306
02.08.2013	31.08.2013	30	748,26	2,15	2,73	4
05.09.2013	13.09.2013	9	241,92	2,26	2,71	165
26.02.2014	10.03.2014	13	398,32	2,43	2,67	100
19.06.2014	25.06.2014	7	50,12	2,83	2,94	349
10.06.2015	06.10.2015	119	6944,85	1,44	2,34	80
26.12.2015	10.01.2016	16	280,82	2,50	2,82	6
17.01.2016	25.01.2016	9	292,90	2,36	2,64	493

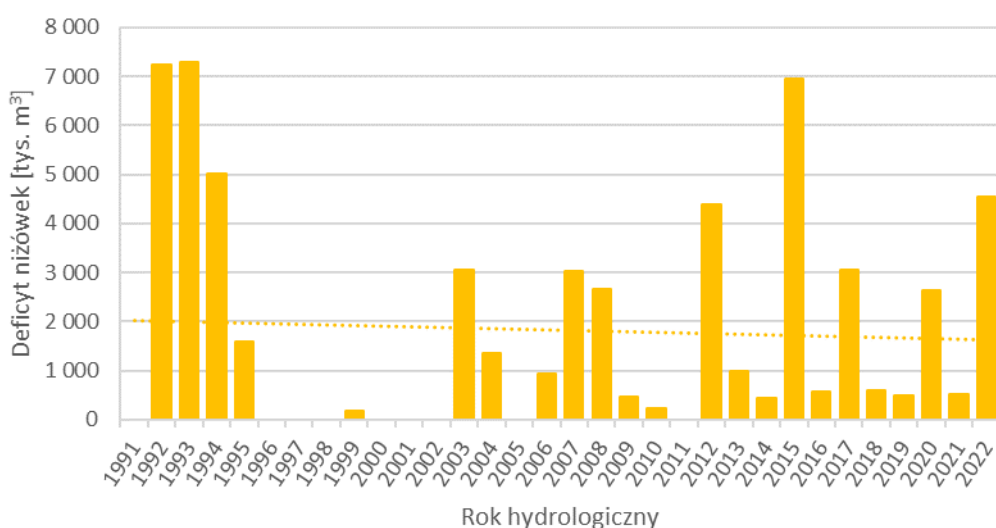
Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
02.06.2017	20.06.2017	19	279,93	2,04	2,85	6
27.06.2017	20.07.2017	24	1952,64	1,83	2,08	14
04.08.2017	31.08.2017	28	819,93	2,00	2,68	230
19.04.2018	08.05.2018	20	256,60	2,49	2,87	93
10.08.2018	23.08.2018	14	352,51	2,51	2,73	97
29.11.2018	08.12.2018	10	127,86	2,50	2,87	202
29.06.2019	20.07.2019	22	777,58	2,33	2,61	3
24.07.2019	12.08.2019	20	-409,54	2,46	3,26	113
04.12.2019	21.12.2019	18	815,60	2,31	2,50	97
28.03.2020	08.04.2020	12	568,52	2,13	2,47	8
17.04.2020	04.05.2020	18	1263,18	1,83	2,21	402
11.06.2021	23.06.2021	13	-146,01	2,12	3,15	7
01.07.2021	14.07.2021	14	663,57	2,08	2,47	146
08.12.2021	14.12.2021	7	117,50	2,70	2,83	146
10.05.2022	07.06.2022	29	1951,77	1,86	2,24	8
16.06.2022	04.07.2022	19	1042,01	1,89	2,39	5
10.07.2022	29.07.2022	20	991,88	1,87	2,45	10
09.08.2022	15.08.2022	7	435,46	2,02	2,30	

Tab. 23. Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Jawiszowice, rz. Wiśła

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Czas do kolejnej niżówki [dni]
od	do					
26.06.1992	12.07.1992	17	1346,11	1,76	2,10	9
22.07.1992	04.09.1992	45	4015,04	1,71	1,99	113
27.12.1992	07.01.1993	12	1040,24	1,67	2,02	114
02.05.1993	03.06.1993	33	3443,05	1,55	1,81	175
26.11.1993	03.12.1993	8	677,36	1,92	2,04	202
24.06.1994	04.07.1994	11	901,16	1,80	2,07	3718
08.09.2004	15.09.2004	8	633,30	1,98	2,10	671
19.07.2006	29.07.2006	11	809,54	2,07	2,17	363
28.07.2007	12.08.2007	16	1437,72	1,68	1,98	1811
28.07.2012	10.08.2012	14	1022,11	1,95	2,18	5
16.08.2012	12.09.2012	28	2189,38	1,84	2,12	1054
03.08.2015	28.09.2015	57	5133,89	1,44	1,98	637
27.06.2017	10.07.2017	14	1193,18	1,83	2,03	3
14.07.2017	20.07.2017	7	621,22	1,94	1,99	14
04.08.2017	10.08.2017	7	572,84	2,00	2,07	14
25.08.2017	31.08.2017	7	494,21	2,07	2,20	959
17.04.2020	02.05.2020	16	1255,40	1,83	2,11	746
19.05.2022	07.06.2022	20	1592,34	1,86	2,10	15
23.06.2022	04.07.2022	12	952,15	1,89	2,10	12
17.07.2022	28.07.2022	12	825,12	1,87	2,22	



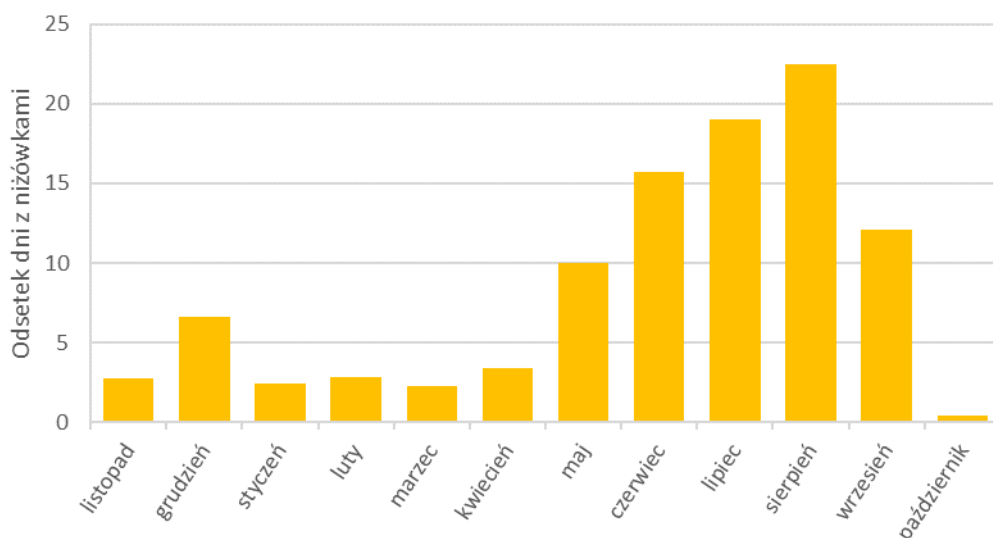
Rys. 369. Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)



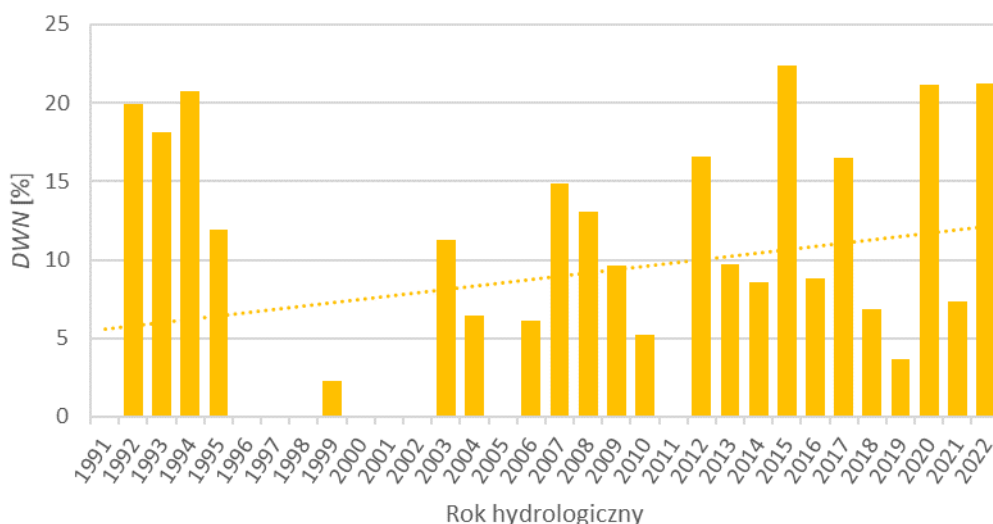
Rys. 370. Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

Tab. 24. Czas trwania niżówek (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

Rodzaj niżówki	Liczba niżówek				
	Ogółem	7-10 dni	11-20 dni	21-30 dni	powyżej 30 dni
Ogółem	69	18	27	12	12
w tym głębokie	20	5	11	1	3



Rys. 371. Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Jawiszowice, rz. Wisła)



Rys. 372. Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

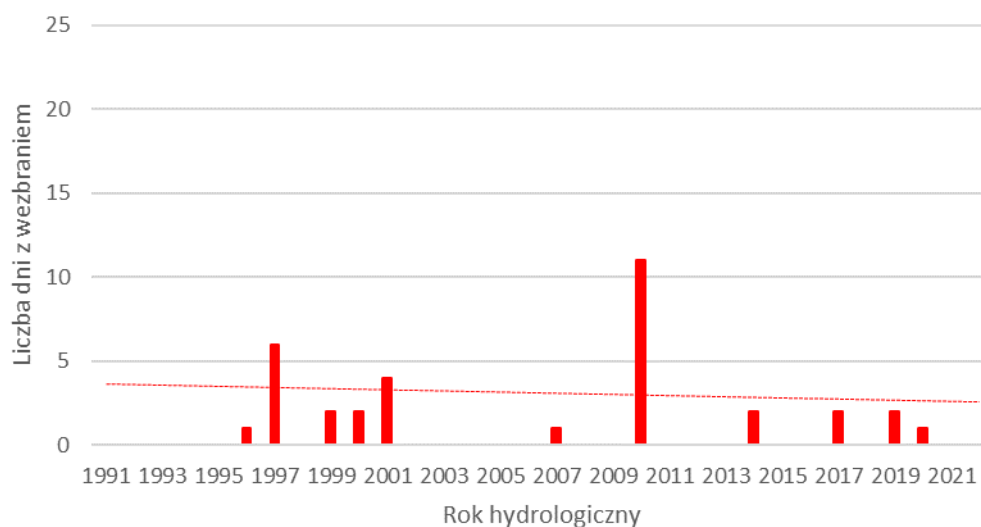
Zgodnie z przedstawioną na wstępie metodyką, jako graniczny przepływ wezbrania przyjęto średni przepływ maksymalny z wielolecia (SWQ), który w przypadku analizowanych danych wyniósł 144,07 m³/s. Przy przyjętych założeniach w okresie 1991-2022 wystąpiło łącznie 13 wezbrań. Ich czas trwania nie przekraczał 10 dni, co z całą pewnością jest efektem pełnienia przez Zbiornik Goczałkowice funkcji przeciwpowodziowej. Wśród wezbrań szczególnie wyróżniają się te największe, z roku 2010 oraz 1997. Wezbrania występujące na Wiśle to typowe wezbrania opadowe. Najczęściej mają one miejsce w okresie maj-lipiec. (tab. 25, rys. 373-375)

Tab. 25. Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

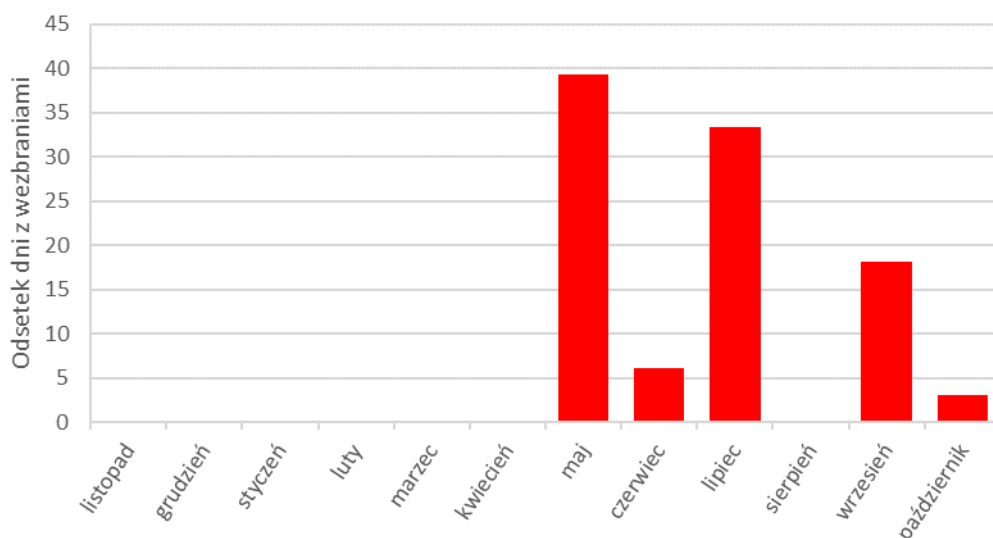
Okres		Czas trwania [dni]	Przepływ kulminacyjny [m ³ /s]	Maksymalny stan wody [cm]	Objętość fali wezbraniowej [tys. m ³]	Średni przepływ [m ³ /s]	Czas do kolejnego wezbrania [dni]
od	do						
08.09.1996	08.09.1996	1	215,00	709,00	6128,46	215,00	302
07.07.1997	12.07.1997	6	520,00	775,00	70293,96	279,67	711
23.06.1999	24.06.1999	2	208,00	707,00	6122,52	179,50	390
18.07.2000	18.07.2000	1	163,00	687,00	1635,66	163,00	12
30.07.2000	30.07.2000	1	149,00	680,00	426,06	149,00	360
25.07.2001	28.07.2001	4	161,00	686,00	2049,84	150,00	2233
08.09.2007	08.09.2007	1	283,00	732,00	12003,66	283,00	982
17.05.2010	25.05.2010	9	637,00	825,00	135680,94	318,56	99
01.09.2010	02.09.2010	2	252,00	722,00	11479,32	210,50	1352
16.05.2014	17.05.2014	2	170,00	696,00	3789,72	166,00	1224
22.09.2017	23.09.2017	2	191,00	705,00	4826,52	172,00	607
23.05.2019	24.05.2019	2	178,00	702,00	5863,32	178,00	509
14.10.2020	14.10.2020	1	187,00	705,00	3709,26	187,00	



Rys. 373. Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)



Rys. 374. Liczba dni z wezbraniem w latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)



Rys. 375. Występowanie wzebrań w poszczególnych miesiącach (profil Jawiszowice, rz. Wisła)

3.5 Prognozowane zmiany warunków hydrologicznych

Jednym z kluczowych zagadnień w obszarze gospodarki wodnej, w tym w zakresie zagadnień związanych z gospodarowaniem wodami opadowymi i roztopowymi, jest określenie warunków, które będą występowały w najbliższych dekadach. Mając na uwadze fakt, iż inwestycje z zakresu gospodarki wodnej planowane są na wiele lat, konieczne jest uwzględnienie w tym procesie prognoz długoterminowych. Poniżej przedstawiono wyniki analizy danych opracowanych w ramach zakończonego w 2023 roku projektu realizowanego przez IOŚ-PIB pn. *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* (KLIMADA 2.0). Opracowane w ramach projektu prognozy charakterystyk klimatologicznych stały się podstawą symulacji różnych elementów bilansu wodnego przy wykorzystaniu modelu SWAT. Symulacje zostały wykonane dla okresu 2016-2100. Uwzględniono w nich takie procesy, jak: spływ powierzchniowy, ewapotranspiracja, infiltracja, spływ podpowierzchniowy, wymiana wody profilu glebowego i pierwszej warstwy wodonośnej z korytem cieków. Opracowany model posłużył do wykonania analiz z krokiem dobowym. Poza wspomnianymi powyżej prognozami warunków klimatologicznych do jego opracowania wykorzystano m.in. warstwy wchodzące w skład Mapy podziału hydrograficznego Polski, równania charakteryzujące przekroje koryt rzecznych (z projektu CHASE-PL), informacje o pokryciu terenu i strukturze użytków rolnych, mapy glebowe, dane o wielkości poborów i zrzutów do wód powierzchniowych. Te ostatnie mają szczególne znaczenie w przypadku obszarów przemysłowych zlokalizowanych w obrębie województwa śląskiego. Autorzy modelu wielkość zrzutów do wód powierzchniowych i ich poborów ustalali wykorzystując dane z projektu „Analiza presji antropogenicznych”, w którym ustalono jedną objętość roczną, uzyskaną w wyniku weryfikacji danych z okresu 2016-2019 zawartych w bazie identyfikacji presji, programu KPOŚK oraz danych z opłat. W modelu uwzględniono zrzuty komunalne, przemysłowe, bytowe, odcieki z wysypisk i magazynów oraz solanki i wody termalne. Należy jednak podkreślić, iż intensywność antropopresji na terenie województwa śląskiego, a w szczególności na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii podlega intensywnym zmianom. Prognozy zaprezentowane w niniejszym opracowaniu nie uwzględniają zmian związanych ze zmianami gospodarczymi zachodzącymi na tym terenie.

Model opracowany został dla obszaru całego kraju. Z tego względu trzeba mieć na uwadze, iż w przypadku analizy danych ze stosunkowo niewielkich obszarów (np. pojedynczych gmin) wyniki można traktować je wyłącznie jako szacunki (model nie był kalibrowany w skali tak małych obszarów). Wynika to również z faktu, iż środowisko przyrodnicze w granicach każdego miasta jest w dużym stopniu przeobrażone, co ma bezpośredni wpływ na przebieg poszczególnych elementów obiegu wody. Co więcej, na obszarze miasta, a szczególnie na terenach uprzemysłowionych obieg wody jest również w istotnym stopniu modyfikowany przez funkcjonującą infrastrukturę, w tym przede wszystkim sieć kanalizacyjną oraz zrzuty i pobory wód. Pomimo przedstawionych powyżej zastrzeżeń wykorzystane wyniki modelu matematycznego można uznać za dobrą podstawę do szacunkowych analiz oraz określenia przyszłych tendencji zmian charakterystyk związanych z wodami opadowymi i roztopowymi.

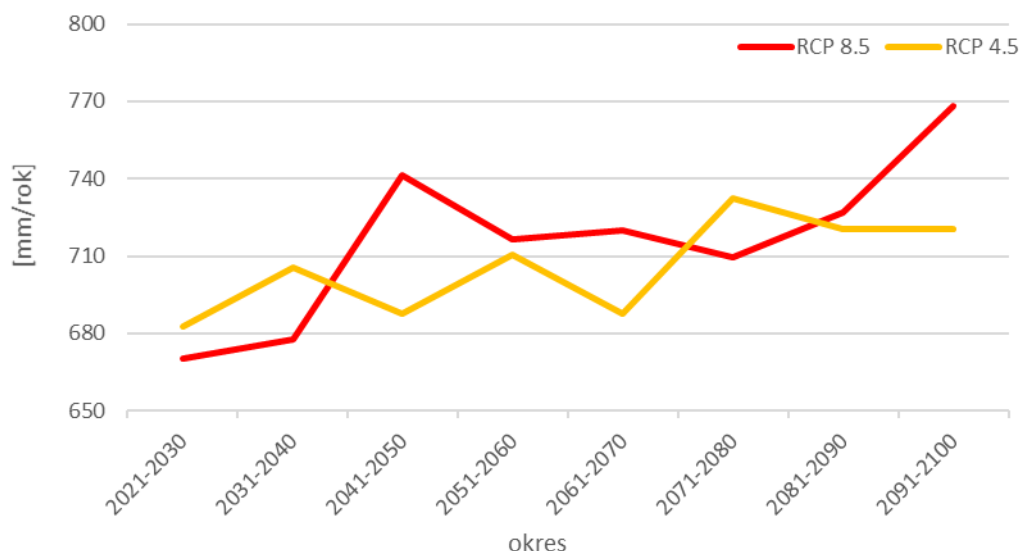
Wyniki modelu hydrologicznego, podobnie jak przedstawione w innych rozdziałach prognozy zmian klimatu, odnoszą się do dwóch scenariuszy:

- RCP 4.5: scenariusz zakładający wprowadzenie nowych technologii dla uzyskania wyższej niż obecnie redukcji emisji gazów cieplarnianych i osiągnięcie w 2100 roku koncentracji CO₂ nie przekraczającej 540 ppm (względem 410 ppm w 2020 roku) oraz wymuszenia radiacyjnego 4,5 W/m²;
- RCP 8.5: scenariusz zakładający utrzymanie aktualnego tempa wzrostu emisji gazów cieplarnianych i osiągnięcie w 2100 roku koncentracji CO₂ na poziomie 940 ppm (względem 410 ppm w 2020 roku) oraz wymuszenia radiacyjnego 8,5 W/m², nazywany „business as usual”.

Opracowany model matematyczny posłużył do symulacji poszczególnych elementów obiegu wody w zlewniach zamkniętych naturalnymi działami wodnymi. Na potrzeby niniejszego opracowania otrzymane wyniki zostały przeliczone na jednostki administracyjne (gminy oraz subregiony). Tendencje zmian analizowanych charakterystyk w wielu przypadkach są podobne w poszczególnych subregionach, zmienia się natomiast rząd wielkości zmian. Z tego względu zaprezentowane poniżej opisy prognozowanych zmian w poszczególnych subregionach są do siebie bliźniaczo podobne. W każdym przypadku ważna jest jednak analiza wykresów w najlepszym stopniu obrazujących przyszłe warunki.

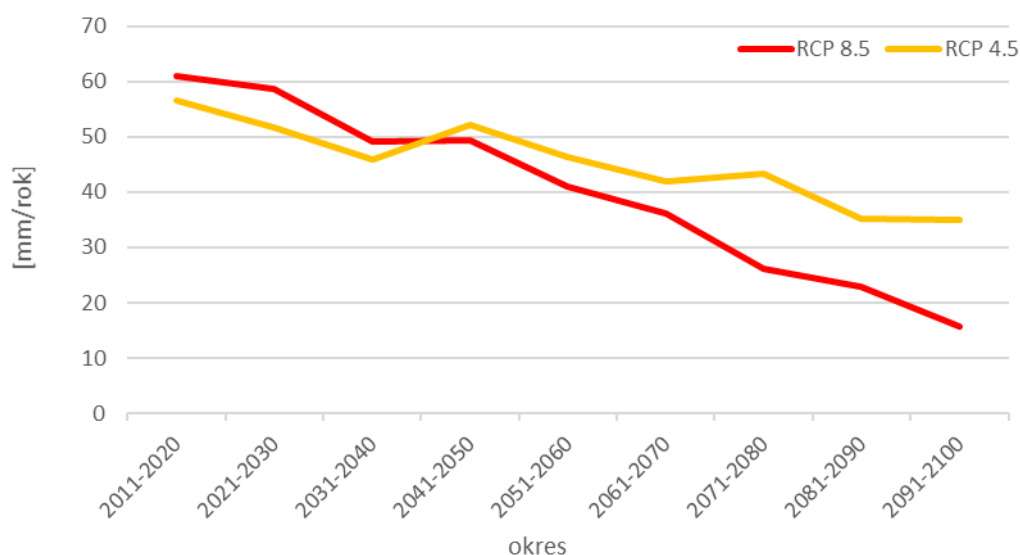
3.5.1 Subregion północny

Wykonane symulacje i analizy wykazały, iż w przypadku scenariusza RCP 4.5 do lat 70. bieżącego wieku nie prognozuje się istotnych zmian rocznych sum opadów. Istotny wzrost opadów już w latach 40. prognozowany jest natomiast w przypadku scenariusza RCP 8.5. W odniesieniu do obu scenariuszy zmian klimatu na istotny wzrost rocznych sum opadów modele wskazują począwszy od lat 70. Jest on szczególnie widoczny w przypadku scenariusza RCP 8.5, czyli tego, który zakłada brak istotnych działań na rzecz ograniczania zmian klimatu. Do końca bieżącego wieku roczna suma opadów może wzrosnąć o ponad 100 mm w stosunku do warunków bieżących (rys. 376). W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, iż przedstawione analizy dot. rocznych sum opadów, nie odnoszą się do ich rozkładu czasowego, ale do natężenia opadów. Prognozy zmian klimatu wskazują, iż natężenie opadów będzie wzrastało, czego skutkiem będzie rosnące zagrożenie powodziami błyskawicznymi. Nastąpi również wydłużanie okresów suchych między opadami.



Rys. 376. Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie północnym

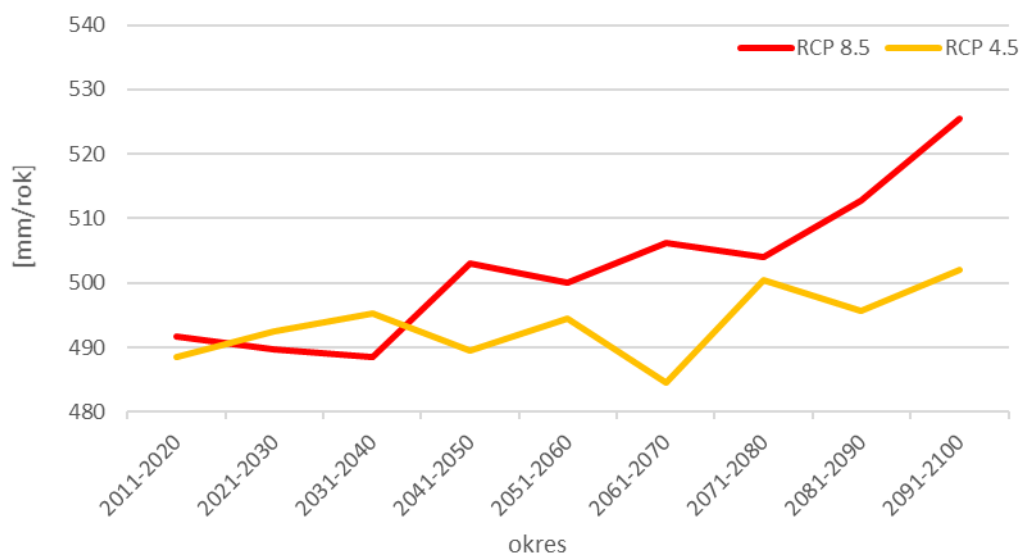
Prognozy zmian klimatu wskazują także na kontynuację obserwowanego już procesu skracania czasu występowania i grubości pokrywy śnieżnej, czego efektem będzie zmniejszająca się ilość wód roztopowych (rys. 377). Począwszy od lat 40. bieżącego wieku natężenie zmian będzie odwrotnie proporcjonalne do efektywności podejmowanych działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu, tj. intensywniejsze zmiany prognozowane są w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 niż w przypadku scenariusza RCP 4.5. Wyniki analiz wskazują na istotne zmiany od lat 50. bieżącego wieku. Do końca wieku, w przypadku scenariusza RCP 8.5, można się spodziewać zmniejszenia ilości wód roztopowych o około 50 mm. W subregionie północnym zmiany będą miały mniej intensywny charakter. Można przyjąć, iż w nadchodzących dekadach wody opadowe będą coraz częściej pochodziły z opadów ciekłych, a jedynie w znikomym stopniu z opadów stałych (śnieg). W ten sposób w pewnym zakresie ograniczone zostanie zagrożenie powodziąmi roztopowymi.



Rys. 377. Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie północnym

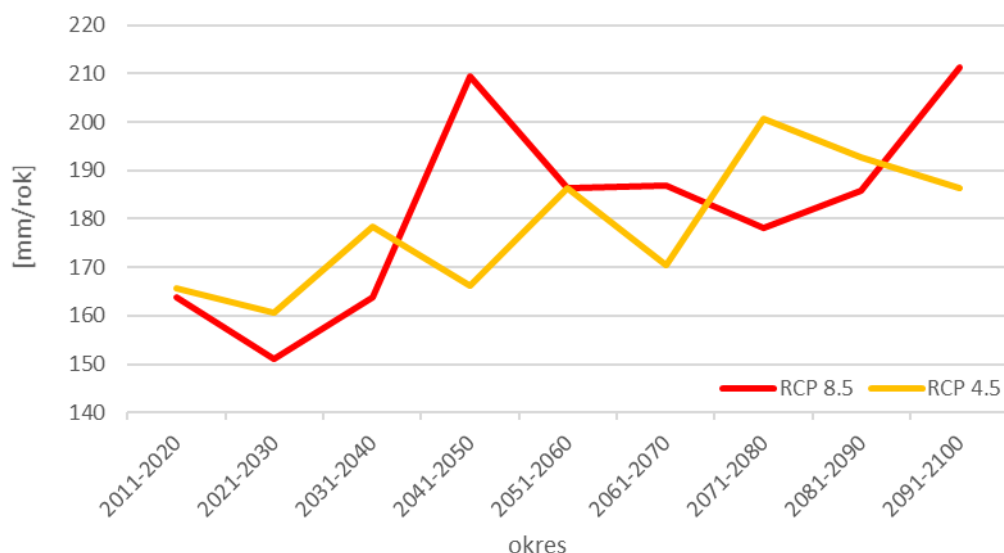
Prognozowany wzrost ilości rocznych sum opadów będzie niwelowany w pewnym stopniu w wyniku wzrostu intensywności ewapotranspiracji (rys. 378). Proces ten wynika przede wszystkim ze wzrostu temperatury powietrza, toteż będzie zdecydowanie intensywniej występował w przypadku scenariusza RCP 8.5 zakładającego brak działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu.

Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji będą szczególnie intensywne od lat 40. XXI w. w przypadku scenariusza RCP 8.5 oraz od lat 70. XXI w. w odniesieniu do scenariusza 4.5.

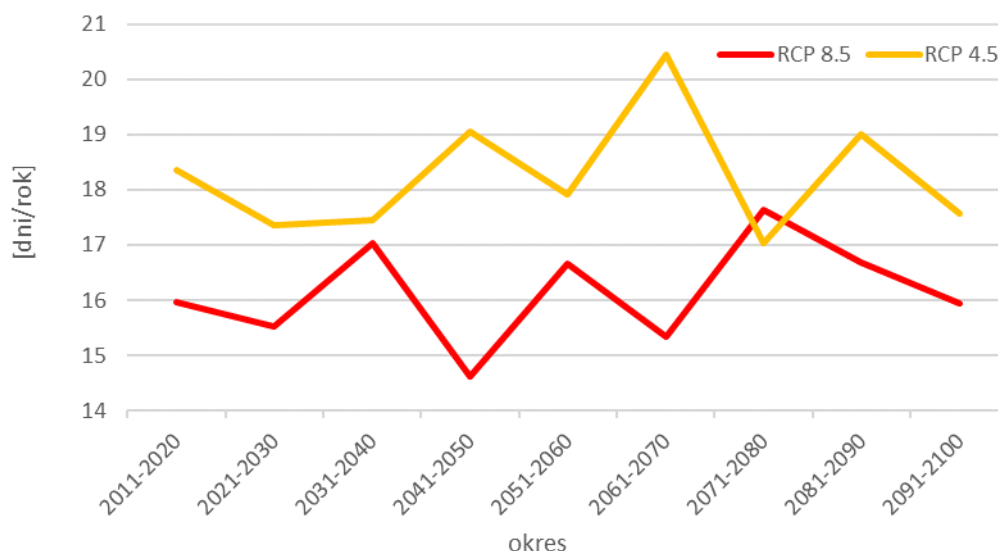


Rys. 378. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie północnym

Przedstawione powyżej elementy bilansu wodnego mają bezpośredni wpływ na całkowity odpływ wód powierzchniowych (rys. 379), czyli tę ilość wód, która w najłatwiejszy sposób może być wykorzystana przez człowieka i środowisko, która w miarę możliwości powinna być retencjonowana w sposób naturalny. Prognozy wskazują na wzrost tej charakterystyki w dwóch okresach. Pierwszy z nich obejmuje lata 40. XXI w. Wówczas przewiduje się duży wzrost odpływu powierzchniowego w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 oraz jego spadek w przypadku scenariusza RCP 4.5. Kolejny okres wyraźniej tendencji rosnącej całkowitego odpływu powierzchniowego prognozowany jest na lata 80. XXI w. W tym czasie zmiany w odniesieniu do scenariusza RCP 4.5 mają przeciwny kierunek – malejący, jednak prognozy wskazują, iż będą one znacznie mniej intensywne.



Rys. 379. Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie północnym



Rys. 380. Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion północny)

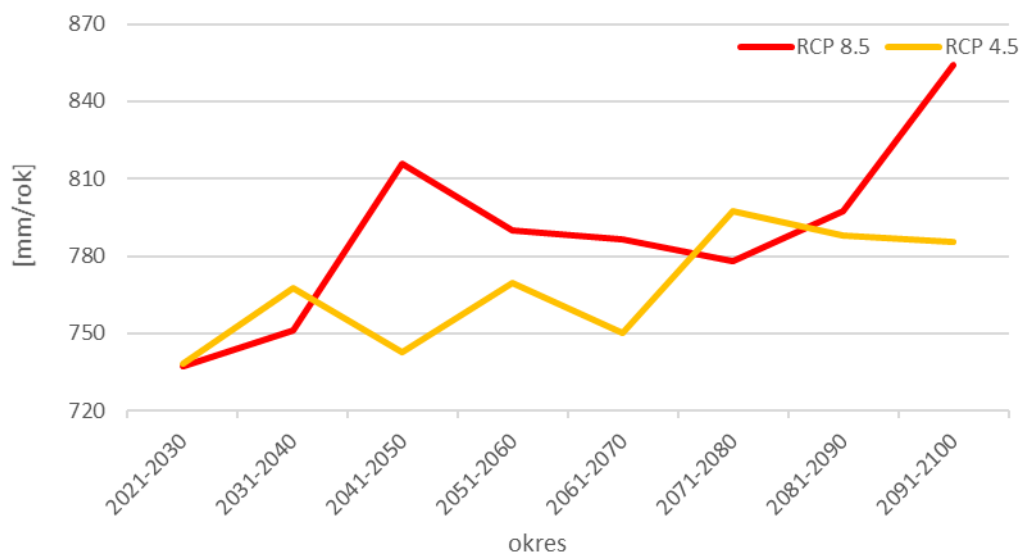
Przydatną charakterystyką, którą należy odnosić przede wszystkim do terenów położonych poza dużymi obszarami zurbanizowanymi i przemysłowymi jest liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym znajduje się poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin. Charakterystyka ta jest przydatna z punktu widzenia przyszłych warunków dla rozwoju rolnictwa. Wyniki modelu hydrologicznego wskazują, iż generalnie lepsze warunki hydrologiczne dla rozwoju roślin (mniejsza liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin) będą występowały w przypadku scenariusza zakładającego brak działań na rzecz ograniczenia zmian klimatu (RCP 8.5). W tym miejscu trzeba jednak podkreślić, iż warunki hydrologiczne są tylko jednym z elementów warunkujących rozwój roślin.

Podsumowując powyższe analizy warto zaznaczyć, iż obserwowane i prognozowane zmiany klimatu prowadzą do wzrostu dynamiki procesów (rys. 376-380). W związku z prognozowanym wzrostem częstotliwości występowania opadów nawaalnych należy spodziewać się coraz częściej występujących podtopień, szczególnie na terenach zurbanizowanych (miasto Częstochowa). Istotniejsze zmiany większości przedstawionych powyżej charakterystyk prognozowane są na lata 40., a następnie od lat 70. XXI w. Warto podkreślić, iż wszelkie działania adaptacyjne, w tym odpowiednie gospodarowanie wodami opadowymi i roztopowymi powinny odpowiadać nie tylko warunkom bieżącym panującym na danym obszarze, ale również, a nawet przede wszystkim, warunkom prognozowanym w horyzoncie kilkudziesięciu lat. Co więcej, warto brać pod uwagę nie tylko prognozy długookresowe (np. roczne, dekadowe), których cechą charakterystyczną jest uśrednianie charakterystyk w pewnym okresie czasu. Niezbędne jest uwzględnienie prognozowanych zmian w ujęciu krótkookresowym, w tym wzrostu intensywności i częstotliwości występowania zdarzeń o charakterze ekstremalnym.

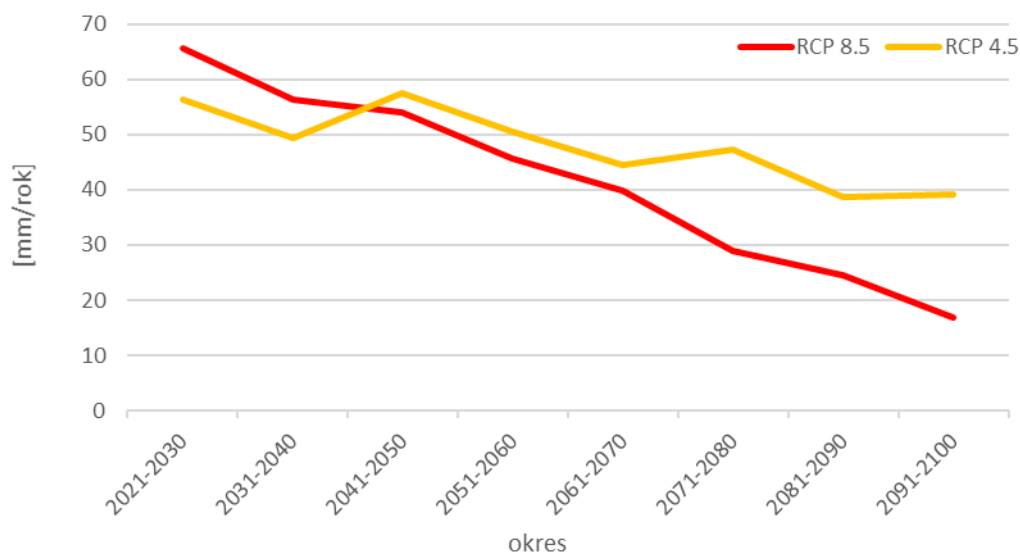
3.5.2 Subregion centralny

Wykonane symulacje i analizy wykazały, iż w przypadku scenariusza RCP 4.5 do lat 70. bieżącego wieku nie prognozuje się istotnych zmian rocznych sum opadów (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Istotny wzrost opadów już w latach 40. prognozowany jest natomiast w przypadku scenariusza RCP 8.5. W odniesieniu do obu scenariuszy zmian klimatu na istotny wzrost rocznych sum opadów modele wskazują począwszy od lat 70. Jest on szczególnie widoczny w przypadku

scenariusza RCP 8.5, czyli tego, który zakłada brak istotnych działań na rzecz ograniczania zmian klimatu. Do końca bieżącego wieku roczna suma opadów może wzrosnąć o nieco ponad 100 mm w stosunku do warunków bieżących. W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, iż przedstawione analizy dot. rocznych sum opadów, nie odnoszą się do ich rozkładu czasowego, do natężenia opadów. Prognozy zmian klimatu wskazują, iż natężenie opadów będzie wzrastało, czego skutkiem będzie rosnące zagrożenie powodzią błyskawicznymi. Nastąpi również wydłużanie okresów suchych między opadami.



Rys. 381. Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie centralnym

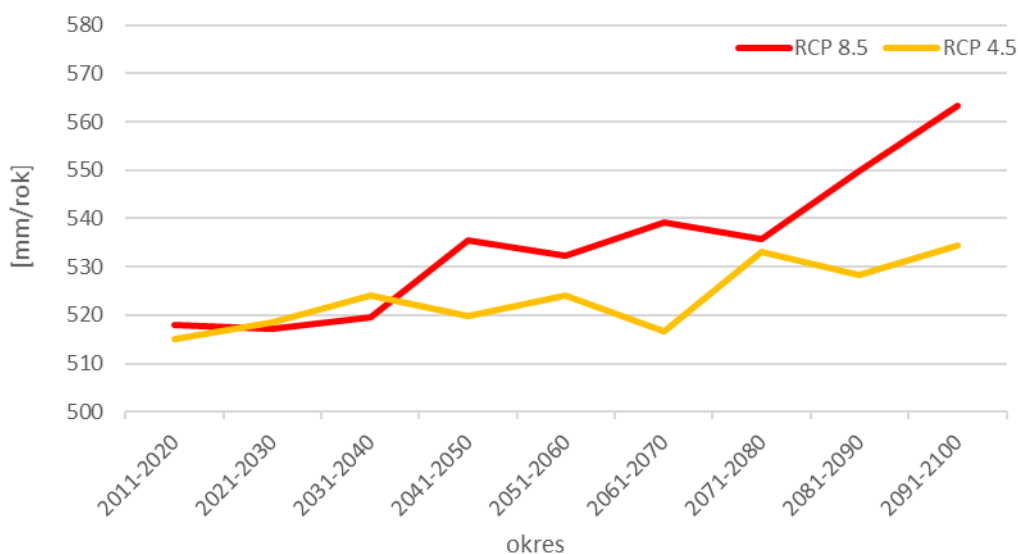


Rys. 382. Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie centralnym

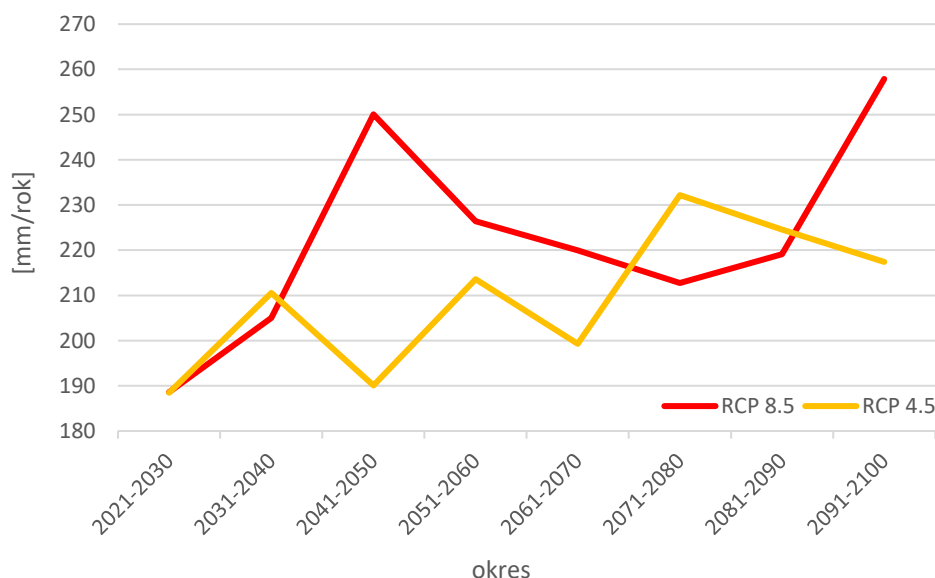
Prognozy zmian klimatu wskazują także na kontynuację obserwowanego już procesu skracania czasu występowania i grubości pokrywy śnieżnej, czego efektem będzie zmniejszająca się ilość wód roztopowych (rys. 382). Począwszy od lat 40. bieżącego wieku natężenie zmian będzie odwrotnie proporcjonalne do efektywności podejmowanych działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu, tj. intensywniejsze zmiany prognozowane są w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 niż w przypadku scenariusza RCP 4.5. Wyniki analiz wskazują na istotne zmiany od lat 50. bieżącego wieku. Do końca wieku, w przypadku scenariusza RCP 8.5, można się spodziewać zmniejszenia ilości wód roztopowych o około 50 mm. W subregionie centralnym zmniejszenie ilości wód opadowych

z topniejącego śniegu będzie miało średnio intensywny charakter, podobnie jak w subregionach północnym i zachodnim. Można przyjąć, iż w nadchodzących dekadach wody opadowe będą coraz częściej pochodziły z opadów ciekłych, a jedynie w znikomym stopniu z opadów stałych (śnieg). W ten sposób w pewnym zakresie ograniczone zostanie zagrożenie powodziąmi roztopowymi.

Prognozowany wzrost ilości rocznych sum opadów będzie niwelowany w pewnym stopniu w wyniku wzrostu intensywności ewapotranspiracji (rys. 383). Proces ten wynika przede wszystkim ze wzrostu temperatury powietrza, toteż będzie zdecydowanie intensywniej występował w przypadku scenariusza RCP 8.5 zakładającego brak działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji będą szczególnie intensywne od lat 40. XXI w. w przypadku scenariusza RCP 8.5 oraz od lat 60. XXI w. w odniesieniu do scenariusza 4.5.



Rys. 383. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie centralnym

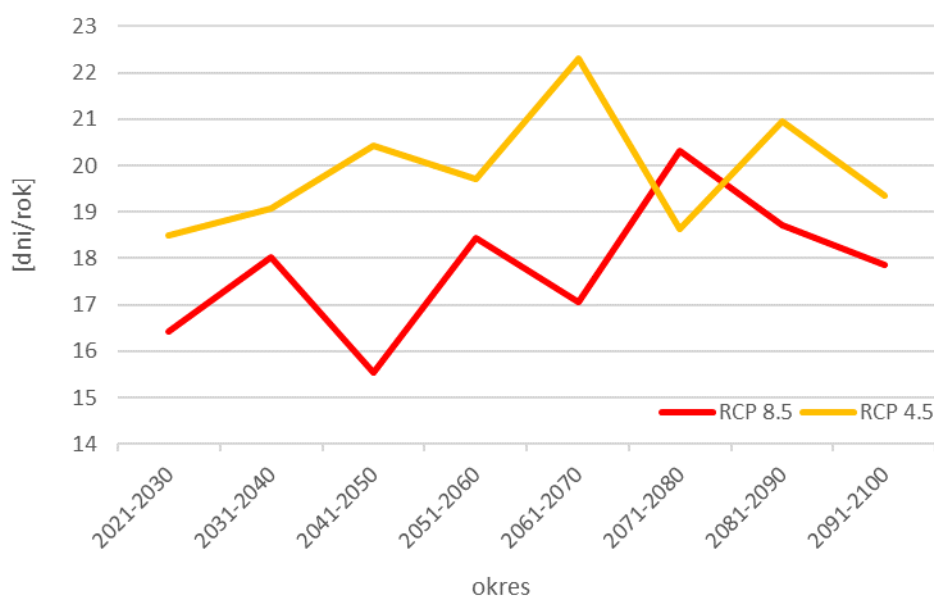


Rys. 384. Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie centralnym

Przedstawione powyżej elementy bilansu wodnego mają bezpośredni wpływ na całkowity odpływ wód powierzchniowych, czyli tę ilość wód, która w najłatwiejszy sposób może być wykorzystana przez

człowieka i środowisko, która w miarę możliwości powinna być retencjonowana w sposób naturalny. Prognozy wskazują na wzrost tej charakterystyki w dwóch okresach (rys. 384 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**). Pierwszy z nich obejmuje lata 40. XXI w. Wówczas przewiduje się duży wzrost odpływu powierzchniowego w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 oraz jego spadek w przypadku scenariusza RCP 4.5. Kolejny okres wyraźniej tendencji rosnącej całkowitego odpływu powierzchniowego prognozowany jest na lata 80. i 90. XXI w. W tym czasie zmiany w odniesieniu do scenariusza RCP 4.5 mają przeciwny kierunek – malejący, jednak prognozy wskazują, iż będą one znacznie mniej intensywne.

Przydatną charakterystyką, którą należy odnosić przede wszystkim do terenów położonych poza dużymi obszarami zurbanizowanymi i przemysłowymi jest liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym znajduje się poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (rys. 385). Charakterystyka ta jest przydatna z punktu widzenia przyszłych warunków dla rozwoju rolnictwa.



Rys. 385. Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion centralny)

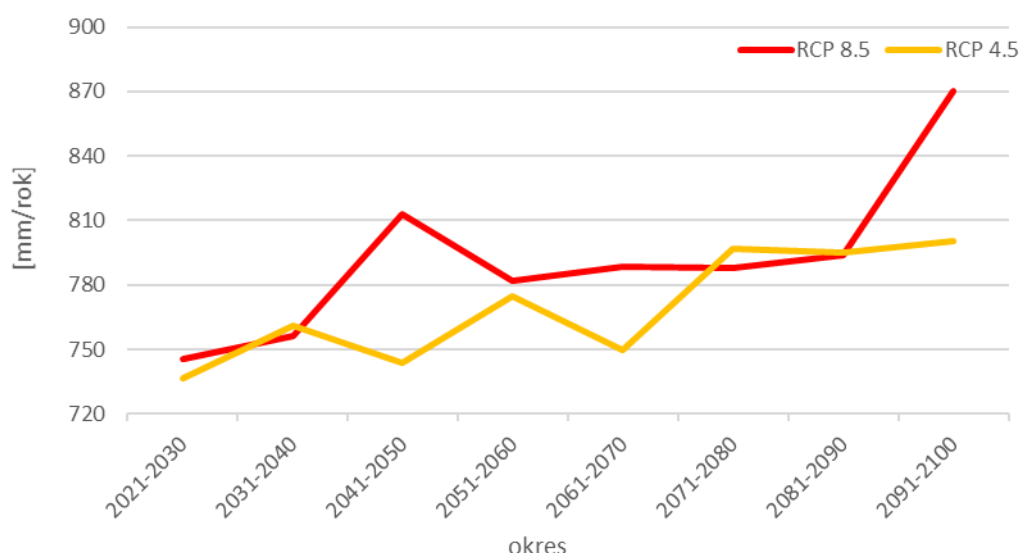
Wyniki modelu hydrologicznego wskazują, iż generalnie lepsze warunki hydrologiczne dla rozwoju roślin (mniejsza liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin) będą występowały w przypadku scenariusza zakładającego brak działań na rzecz ograniczenia zmian klimatu (RCP 8.5). W tym miejscu trzeba jednak podkreślić, iż warunki hydrologiczne są tylko jednym z elementów warunkujących rozwój roślin.

Podsumowując powyższe analizy warto zaznaczyć, iż obserwowane i prognozowane zmiany klimatu prowadzą do wzrostu dynamiki procesów (rys. 381-385). W związku z prognozowanym wzrostem częstotliwości występowania opadów nawałnych należy spodziewać się coraz częściej występujących podtopień, szczególnie na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Istotniejsze zmiany większości przedstawionych powyżej charakterystyk prognozowane są na lata 40., a następnie od lat 70. XXI w. Warto podkreślić, iż wszelkie działania adaptacyjne, w tym odpowiednie gospodarowanie wodami opadowymi i roztopowymi powinny odpowiadać nie tylko warunkom bieżącym panującym na danym obszarze, ale również, a nawet przede wszystkim, warunkom prognozowanym w horyzoncie kilkudziesięciu lat. Co więcej, warto brać pod uwagę nie tylko prognozy długookresowe (np. roczne, dekadowe), których cechą charakterystyczną jest uśrednianie charakterystyk w pewnym

okresie czasu. Niezbędne jest uwzględnienie prognozowanych zmian w ujęciu krótkookresowym, w tym wzrostu intensywności i częstotliwości występowania zdarzeń o charakterze ekstremalnym.

3.5.3 Subregion zachodni

Wykonane symulacje i analizy wykazały, iż w przypadku scenariusza RCP 4.5 do lat 70. bieżącego wieku nie prognozuje się istotnych zmian rocznych sum opadów. Istotny wzrost opadów już w latach 40. prognozowany jest natomiast w przypadku scenariusza RCP 8.5. W odniesieniu do obu scenariuszy zmian klimatu na istotny wzrost rocznych sum opadów modele wskazują począwszy od lat 80. Jest on szczególnie widoczny w przypadku scenariusza RCP 8.5, czyli tego, który zakłada brak istotnych działań na rzecz ograniczania zmian klimatu. Do końca bieżącego wieku roczna suma opadów może wzrosnąć o około 120 mm w stosunku do warunków bieżących (rys. 386). W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, iż przedstawione analizy dot. rocznych sum opadów, nie odnoszą się do ich rozkładu czasowego, do natężenia opadów. Prognozy zmian klimatu wskazują, iż natężenie opadów będzie wzrastało, czego skutkiem będzie rosnące zagrożenie powodziami błyskawicznymi. Nastąpi również wydłużanie okresów suchych między opadami.

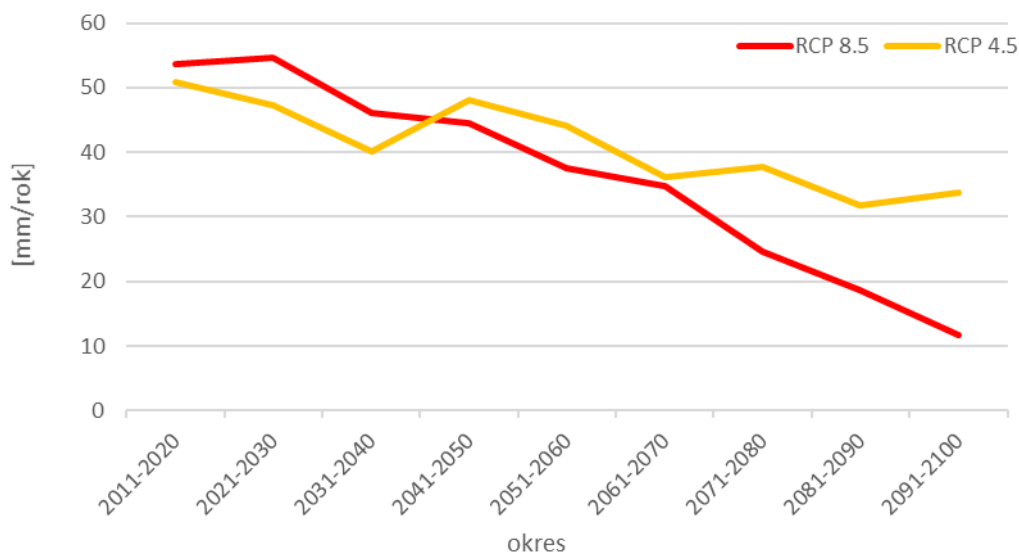


Rys. 386. Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie zachodnim

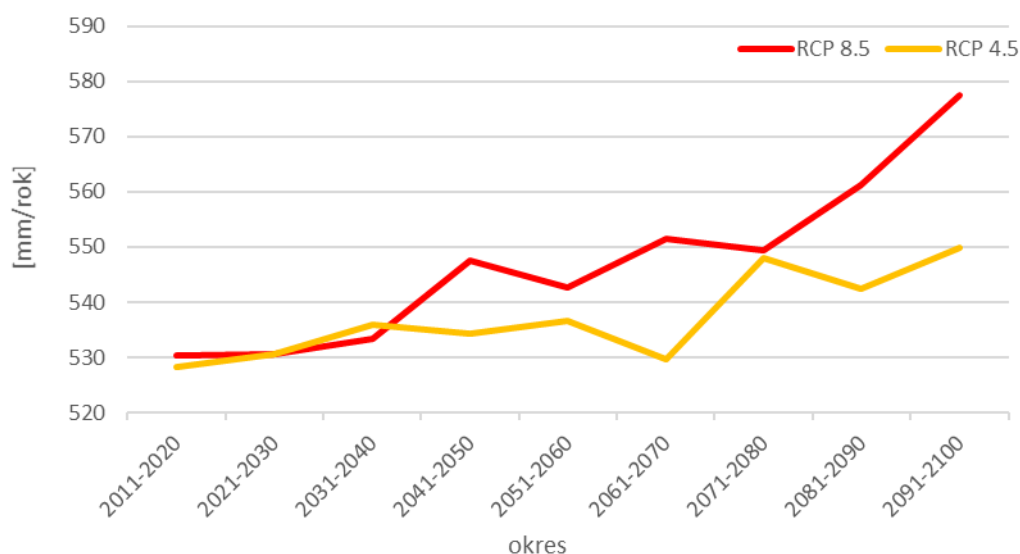
Prognozy zmian klimatu wskazują także na kontynuację obserwowanego już procesu skracania czasu występowania i grubości pokrywy śnieżnej, czego efektem będzie zmniejszająca się ilość wód roztopowych (rys. 387). Począwszy od lat 40. bieżącego wieku natężenie zmian będzie odwrotnie proporcjonalne do efektywności podejmowanych działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu, tj. intensywniejsze zmiany prognozowane są w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 niż w przypadku scenariusza RCP 4.5. Wyniki analiz wskazują na istotne zmiany od lat 50. bieżącego wieku. Do końca wieku, w przypadku scenariusza RCP 8.5, można się spodziewać zmniejszenia ilości wód roztopowych o około 50 mm. Zmniejszenie ilości wód opadowych z topniejącego śniegu w subregionie zachodnim prognozowane jest jako średnio intensywne, podobnie jak w subregionach północnym i centralnym. Można przyjąć, iż w nadchodzących dekadach wody opadowe będą coraz częściej pochodziły z opadów ciekłych, a jedynie w znikomym stopniu z opadów stałych (śnieg). W ten sposób w pewnym zakresie ograniczone zostanie zagrożenie powodziami roztopowymi.

Prognozowany wzrost ilości rocznych sum opadów będzie niwelowany w pewnym stopniu w wyniku wzrostu intensywności ewapotranspiracji (rys. 388). Proces ten wynika przede wszystkim ze wzrostu

temperatury powietrza, toteż będzie zdecydowanie intensywniej występował w przypadku scenariusza RCP 8.5 zakładającego brak działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji będą szczególnie intensywne od lat 40. XXI w. w przypadku scenariusza RCP 8.5 oraz od lat 60. XXI w. w odniesieniu do scenariusza 4.5.

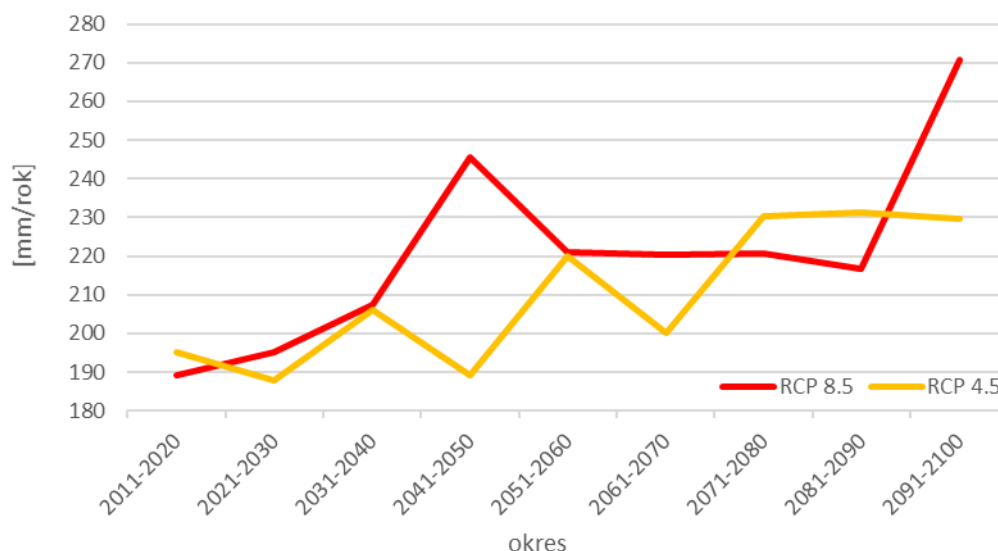


Rys. 387. Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie zachodnim

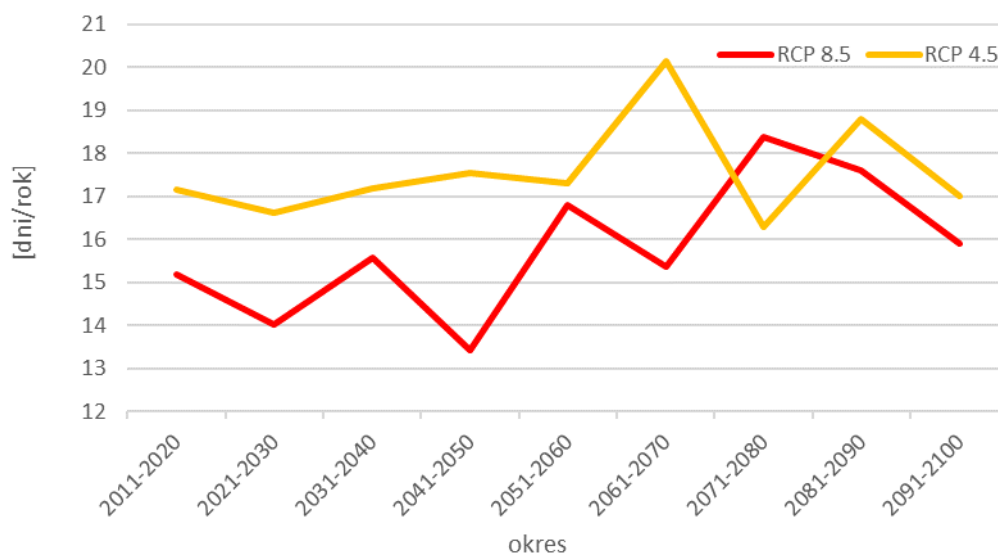


Rys. 388. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie zachodnim

Przedstawione powyżej elementy bilansu wodnego mają bezpośredni wpływ na całkowity odpływ wód powierzchniowych, czyli tę ilość wód, która w najłatwiejszy sposób może być wykorzystana przez człowieka i środowisko, która w miarę możliwości powinna być retencjonowana w sposób naturalny. Prognozy wskazują na wzrost tej charakterystyki w dwóch okresach (rys. 389). Pierwszy z nich obejmuje lata 40. XXI w. Wówczas przewiduje się duży wzrost odpływu powierzchniowego w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 oraz jego spadek w przypadku scenariusza RCP 4.5. Kolejny okres wyraźniej tendencji rosnącej całkowitego odpływu powierzchniowego zgodnie ze scenariuszem RCP 8.5 prognozowany jest na lata 80. i 90. XXI w. W tym czasie, zgodnie z prognozami dot. scenariusza RCP 4.5 nie będą następowały zmiany.



Rys. 389. Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie zachodnim



Rys. 390. Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion zachodni)

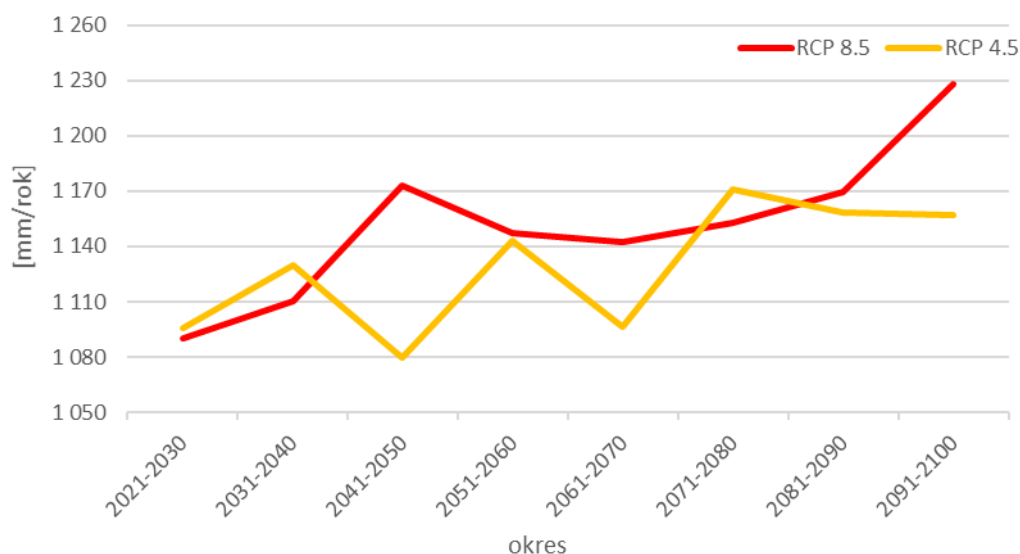
Przydatną charakterystyką, którą należy odnosić przede wszystkim do terenów położonych poza dużymi obszarami zurbanizowanymi i przemysłowymi jest liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym znajduje się poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (rys. 390). Charakterystyka ta jest przydatna z punktu widzenia przyszłych warunków dla rozwoju rolnictwa. Wyniki modelu hydrologicznego wskazują, iż generalnie lepsze warunki hydrologiczne dla rozwoju roślin (mniejsza liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin) będą występowały w przypadku scenariusza zakładającego brak działań na rzecz ograniczenia zmian klimatu (RCP 8.5). W tym miejscu trzeba jednak podkreślić, iż warunki hydrologiczne są tylko jednym z elementów warunkujących rozwój roślin.

Podsumowując powyższe analizy warto zaznaczyć, iż obserwowane i prognozowane zmiany klimatu prowadzą do wzrostu dynamiki procesów (rys. 386-390). W związku z prognozowanym wzrostem częstotliwości występowania opadów nawaalnych należy spodziewać się coraz częściej występujących podtopień, szczególnie na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Istotniejsze zmiany większości przedstawionych powyżej charakterystyk prognozowane są na lata 40., a następnie od lat

70. XXI w. Warto podkreślić, iż wszelkie działania adaptacyjne, w tym odpowiednie gospodarowanie wodami opadowymi i roztopowymi powinny odpowiadać nie tylko warunkom bieżącym panującym na danym obszarze, ale również, a nawet przede wszystkim, warunkom prognozowanym w horyzoncie kilkudziesięciu lat. Co więcej, warto brać pod uwagę nie tylko prognozy długookresowe (np. roczne, dekadowe), których cechą charakterystyczną jest uśrednianie charakterystyk w pewnym okresie czasu. Niezbędne jest uwzględnienie prognozowanych zmian w ujęciu krótkookresowym, w tym wzrostu intensywności i częstotliwości występowania zdarzeń o charakterze ekstremalnym.

3.5.4 Subregion południowy

Wykonane symulacje i analizy wykazały, iż w przypadku scenariusza RCP 4.5 do lat 70. bieżącego wieku nie prognozuje się istotnych zmian rocznych sum opadów (rys. 391). Istotny wzrost opadów już w latach 40. prognozowany jest natomiast w przypadku scenariusza RCP 8.5. W odniesieniu do obu scenariuszy zmian klimatu na istotny wzrost rocznych sum opadów modele wskazują począwszy od lat 70. Jest on szczególnie widoczny w przypadku scenariusza RCP 8.5, czyli tego, który zakłada brak istotnych działań na rzecz ograniczania zmian klimatu. Do końca bieżącego wieku roczna suma opadów może wzrosnąć o około 130 mm w stosunku do warunków bieżących. W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, iż przedstawione analizy dot. rocznych sum opadów, nie odnoszą się do ich rozkładu czasowego, do natężenia opadów. Prognozy zmian klimatu wskazują, iż natężenie opadów będzie wzrastało, czego skutkiem będzie rosące zagrożenie powodziami błyskawicznymi. Nastąpi również wydłużanie okresów suchych między opadami.

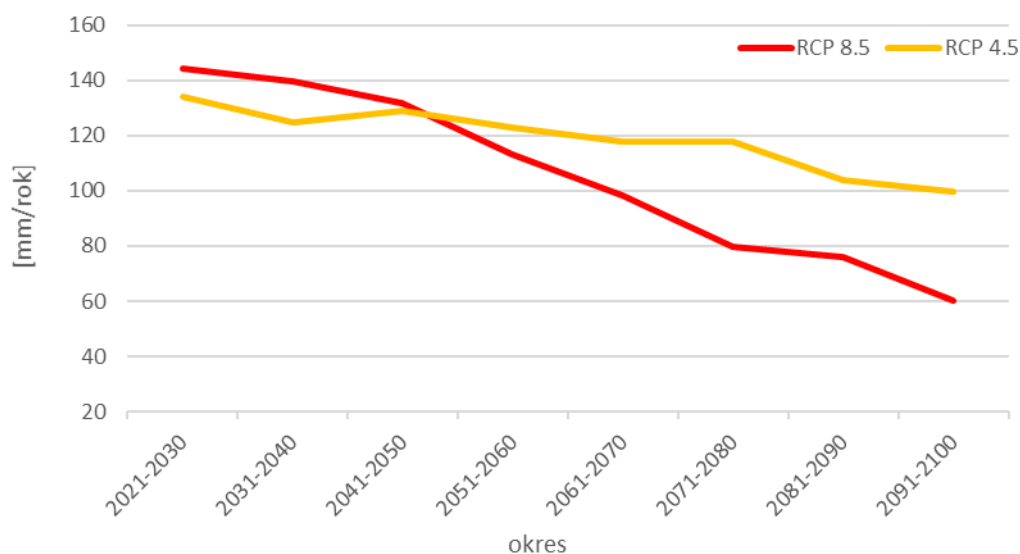


Rys. 391. Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie południowym

Prognozy zmian klimatu wskazują także na kontynuację obserwowanego już procesu skracania czasu występowania i grubości pokrywy śnieżnej, czego efektem będzie zmniejszająca się ilość wód roztopowych (rys. 392). Począwszy od lat 40. bieżącego wieku natężenie zmian będzie odwrotnie proporcjonalne do efektywności podejmowanych działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu, tj. intensywniejsze zmiany prognozowane są w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 niż w przypadku scenariusza RCP 4.5. Wyniki analiz wskazują na istotne zmiany od lat 50. bieżącego wieku. Do końca wieku, w przypadku scenariusza RCP 8.5, można się spodziewać zmniejszenia ilości wód roztopowych o około 80 mm. Większe zmniejszenie ilości wód opadowych z topniejącego śniegu

prognozowane jest w południa województwa (subregion południowy), mającego charakter górski, niż w pozostałych subregionach. Można przyjąć, iż w nadchodzących dekadach wody opadowe będą coraz częściej pochodziły z opadów ciekłych, a jedynie w znikomym stopniu z opadów stałych (śnieg). W ten sposób w pewnym zakresie ograniczone zostanie zagrożenie powodziąmi roztopowymi.

Prognozowany wzrost ilości rocznych sum opadów będzie niwelowany w pewnym stopniu w wyniku wzrostu intensywności ewapotranspiracji (rys. 393). Proces ten wynika przede wszystkim ze wzrostu temperatury powietrza, toteż będzie zdecydowanie intensywniej występował w przypadku scenariusza RCP 8.5 zakładającego brak działań mających na celu ograniczenie zmian klimatu. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji będą szczególnie intensywne od lat 40. XXI w. w przypadku scenariusza RCP 8.5 oraz od lat 60. XXI w. w odniesieniu do scenariusza 4.5.



Rys. 392. Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie południowym

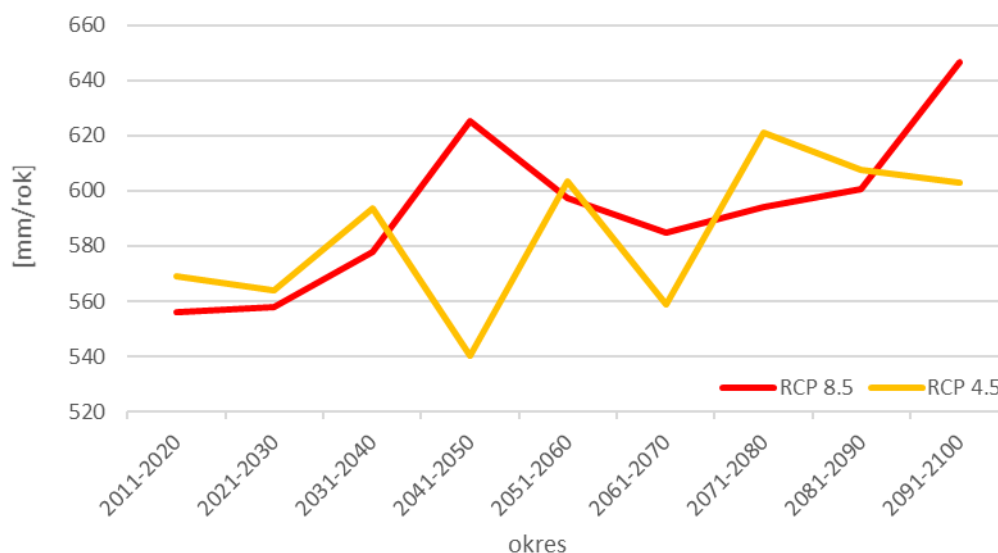


Rys. 393. Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie południowym

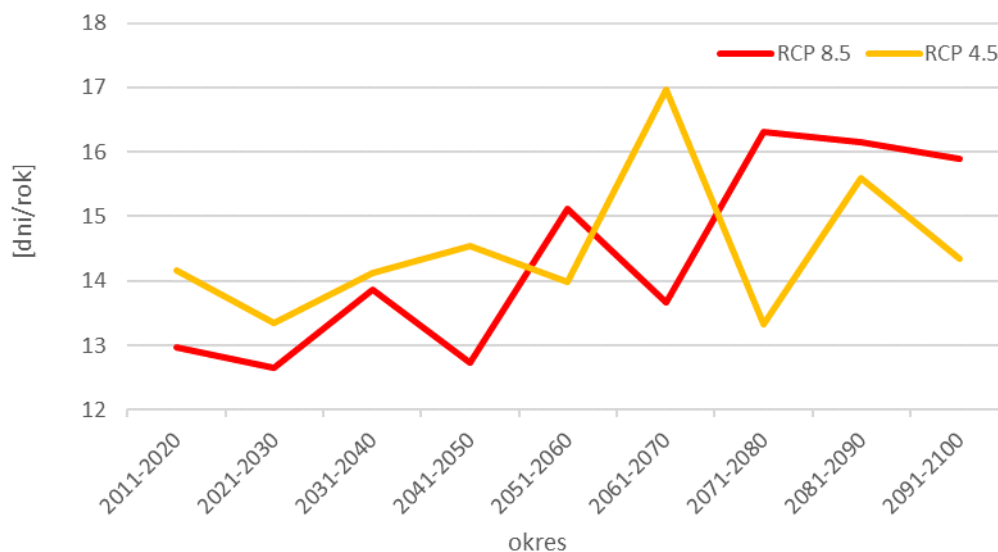
Przedstawione powyżej elementy bilansu wodnego mają bezpośredni wpływ na całkowity odpływ wód powierzchniowych, czyli tę ilość wód, która w najłatwiejszy sposób może być wykorzystana przez człowieka i środowisko, która w miarę możliwości powinna być retencjonowana w sposób naturalny. Prognozy wskazują na wzrost tej charakterystyki w dwóch okresach (rys. 394). Pierwszy z nich

obejmuje lata 40. XXI w. Wówczas przewiduje się duży wzrost odpływu powierzchniowego w odniesieniu do scenariusza RCP 8.5 oraz jego spadek w przypadku scenariusza RCP 4.5. Kolejny okres wyraźniej tendencji rosnącej całkowitego odpływu powierzchniowego prognozowany jest na lata 80. i 90. XXI w. W tym czasie zmiany w odniesieniu do scenariusza RCP 4.5 mają przeciwny kierunek – malejący, jednak prognozy wskazują, iż będą one znacznie mniej intensywne.

Przydatną charakterystyką, którą należy odnosić przede wszystkim do terenów położonych poza dużymi obszarami zurbanizowanymi i przemysłowymi jest liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym znajduje się poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (rys. 395). Charakterystyka ta jest przydatna z punktu widzenia przyszłych warunków dla rozwoju rolnictwa. Wyniki modelu hydrologicznego wskazują, iż generalnie lepsze warunki hydrologiczne dla rozwoju roślin (mniejsza liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin) będą występowały w przypadku scenariusza zakładającego brak działań na rzecz ograniczenia zmian klimatu (RCP 8.5). W tym miejscu trzeba jednak podkreślić, iż warunki hydrologiczne są tylko jednym z elementów warunkujących rozwój roślin.



Rys. 394. Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie południowym



Rys. 395. Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion południowy)

Podsumowując powyższe analizy warto zaznaczyć, iż obserwowane i prognozowane zmiany klimatu prowadzą do wzrostu dynamiki procesów (rys. 391-395). W związku z prognozowanym wzrostem częstotliwości występowania opadów nawaalnych należy spodziewać się coraz częściej występujących podtopień, szczególnie na terenach zurbanizowanych na obszarach o charakterze górskim.

Istotniejsze zmiany większości przedstawionych powyżej charakterystyk prognozowane są na lata 40., a następnie od lat 70. XXI w. Warto podkreślić, iż wszelkie działania adaptacyjne, w tym odpowiednie gospodarowanie wodami opadowymi i roztopowymi powinny odpowiadać nie tylko warunkom bieżącym panującym na danym obszarze, ale również, a nawet przede wszystkim, warunkom prognozowanym w horyzoncie kilkudziesięciu lat. Co więcej, warto brać pod uwagę nie tylko prognozy długookresowe (np. roczne, dekadowe), których cechą charakterystyczną jest uśrednianie charakterystyk w pewnym okresie czasu. Niezbędne jest uwzględnienie prognozowanych zmian w ujęciu krótkookresowym, w tym wzrostu intensywności i częstotliwości występowania zdarzeń o charakterze ekstremalnym.

Indeksy klimatyczne

Ocenę narażenia na zmiany klimatu wykonano na podstawie poniższych indeksów klimatycznych:

Indeksy temperaturowe	
Średnia roczna temperatura powietrza	Średnia temperatura powietrza w roku, obliczona według wzoru: $Tsr_n = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} Tsr_{i,n}}{dni_w_roku(n)},$ gdzie $Tsr_{i,n}$ jest średniodobową temperaturą powietrza w dniu i w roku n .
HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową $< 18^{\circ}\text{C}$	Suma liczby stopni Celsjusza brakujących do 18°C w tych dniach roku, w których średniodobowa temperatura powietrza jest niższa od tej wartości, obliczona według wzoru: $HDD_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} \max(0, 18 - Tsr_{i,n}),$ gdzie $Tsr_{i,n}$ jest średniodobową temperaturą powietrza w dniu i w roku n .
Liczba dni wegetacyjnych ($T_{sr} > 5^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku ze średniodobową temperaturą powietrza wyższą od 5°C .
Temperatura średnia miesięczna	Średnia temperatura powietrza w miesiącu, obliczona według wzoru: $Tsr_m = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_miesiacu(m)} Tsr_{i,m}}{dni_w_miesiacu(m)},$ gdzie $Tsr_{i,m}$ jest średniodobową temperaturą powietrza w dniu i w miesiącu m .
Średnia roczna temperatura maksymalna	Średnia w roku dobową temperaturę maksymalną, obliczona według wzoru: $Tmax_n = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} Tmax_{i,n}}{dni_w_roku(n)},$ gdzie $Tmax_{i,n}$ jest dobową temperaturą maksymalną powietrza w dniu i w roku n .
Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę maksymalną jest wyższą niż 30°C .
Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)	Liczba fal upałów występujących w ciągu dekady. Fala upałów to okres co najmniej 3 następujących po sobie dni z dobową temperaturą maksymalną wyższą od 30°C .
Średnia długość trwania fal upałów	Średnia długość okresów, w których dobową temperaturę maksymalną powyżej 30°C utrzymuje się przez co najmniej 3 kolejne doby.
Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę maksymalną jest wyższą niż 25°C .
Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$	Liczba okresów w ciągu dekady z dobową temperaturą maksymalną wyższą niż 25°C występującą przez co najmniej 5 kolejnych dni.
Liczba nocy tropikalnych ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w ciągu dekady, w których dobową temperaturę minimalną jest wyższą od 20°C .
Średnia roczna temperatura minimalna	Średnia w roku dobową temperaturę minimalną, obliczona według wzoru: $Tmin_n = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} Tmin_{i,n}}{dni_w_roku(n)},$ gdzie $Tmin_{i,n}$ jest dobową temperaturą minimalną powietrza w dniu i w roku n .

Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę minimalną jest niższa od 0°C .
Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	Liczba okresów w ciągu dekady, w których dobową temperaturę minimalną poniżej 0°C utrzymuje się przez co najmniej 5 następujących po sobie dni.
Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę maksymalną jest niższa od 0°C .
Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę minimalną jest niższa od -10°C .
Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	Liczba okresów w ciągu dekady, w których dobową temperaturę minimalną niższą od -10°C utrzymuje się przez co najmniej 3 kolejne doby.
Liczba dni z przejściem przez 0°C	Liczba dni w ciągu roku, podczas których dobową temperaturę maksymalną jest wyższa od 0°C , a dobową temperaturę minimalną jest niższa od 0°C .
Indeksy opadowe	
Roczna suma opadu	Roczna suma opadów atmosferycznych, obliczona według wzoru: $PR_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} PR_{i,n},$ gdzie $PR_{i,n}$ jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n .
Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm	Liczba dni w ciągu roku, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 1 mm.
Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$	Liczby dni w ciągu roku z opadem powyżej 1 mm, podczas których średniodobowa temperatura powietrza jest wyższa od -5°C , a niższa od $2,5^{\circ}\text{C}$.
Miesięczna suma opadu	Suma opadu atmosferycznego w danym miesiącu, obliczona według wzoru: $PR_m = \sum_{i=1}^{dni_w_miesiacu(m)} PR_{i,m},$ gdzie $PR_{i,m}$ jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w miesiącu m .
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 10 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 20 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 30 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 40 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 50 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 60 mm.
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm	Liczba dni w ciągu dekady, podczas których dobową sumę opadu atmosferycznego jest wyższa od 70 mm.

Maksymalny opad dobowy w miesiącu	Najwyższa dobową sumą opadu w danym miesiącu, obliczona według wzoru: $PR_m = \max(PR_{i,m}),$ gdzie $PR_{i,m}$ jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w miesiącu m .
Liczba dni bez opadu	Liczba dni w ciągu roku, podczas których dobową sumą opadu atmosferycznego jest niższa od 1 mm.
Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni	Liczba okresów w ciągu dekady, w których przez co najmniej 5 następujących po sobie dni nie występuje opad atmosferyczny.
Najdłuższy okres bez opadu	Największa w roku długość ciągu następujących po sobie dni, w których nie wystąpił żaden opad atmosferyczny.

Literatura

- AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014, [w:] <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z., 1999, *Hydrologia ogólna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Bartnik A., Jokiel P. 2005. *Niektóre problemy zmian i zmienności rocznego hydrogramu przepływu rzecznoego na podstawie Pilicy w Przedborzu*. Wiadomości IMGW. T. 28. Z. 2 s. 5–31.
- CMIP Phase 5 (CMIP5 protocol), [w:] <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip5>
- Dębski K., 1970, *Hydrologia*. Dział Wydawnictw SGGW, Warszawa.
- E-OBS dataset, [w:] <https://www.ecad.eu/download/ensembles/download.php>
- ERA5 dataset, [w:] <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>
- EURO-CORDEX, [w:] <http://www.euro-cordex.net>
- Fal B., 2007, *Niżówki na górnej i środkowej Wiśle*. Gospodarka Wodna, nr 2/2007.
- Global Warming of 1.5 °C, [w:] <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, [w:] <http://www.imgw.pl/>
- Kaznowska E., 2011, *Analysis of low flow characteristics and drought frequency in agricultural catchments*. [W:] Banasik K., Øygarden L., Hejduk L. (red.), *Prediction and Reduction of Diffuse*.
- Kaznowska E., Hejduk A., Hejduk L. 2015. *Charakterystyka występowania wezbrań i niżówek w małej zlewni niziny mazowieckiej*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 15. Z. 3 (51) s. 45–59.
- Kundzewicz Z.W. 2008. *Hydrological extremes in the changing world*. Folia Geographica. Ser. Geographica Physica. Vol. 39 s. 37–52.
- Ozga-Zielińska M., 1990, *Niżówki i wezbrania – ich definiowanie i modelowanie*. [W:] *Przegląd geofizyczny*, zeszyt 1-2.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997, *Hydrologia stosowana*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Pakiet języka programowania R 'qmap', [w:], <https://cran.r-Portal Klimada 2.0>, [w:] <https://klimada2.ios.gov.pl/>
- Pollution, Solid Emission and Extreme Flows from Rural Areas – case study of small agricultural catchment*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- project.org/web/packages/qmap/qmap.pdf
- RCP Database, [w:] <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb>
- Siwek G.T., 2016, *Analiza wyboru wartości przepływu granicznego wezbrań w zlewni górnego Wieprza*. [W:] *Annales Inversitatis Mariae Curie-Skłodowska*, vol. LXXI, z. 2, Lublin.
- Tokarczyk T., 2010, *Niżówka jako wskaźnik suszy hydrologicznej*. Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, IMGW, Warszawa.
- Tomaszewski E., 2015, *Metody oceny dynamiki rozwoju i zaniku niżówek rzecznych*. [W:] *Monografie Komisji Hydrologicznej PTG: Nowoczesne metody i rozwiązania w hydrologii i gospodarce wodnej*, Tom 3
- UERRA dataset, [w:] <http://www.uerra.eu/>
- WCRP CORDEX, [w:] <https://www.cordex.org/>
- Węglarczyk S., 2014, *Kryteria definicyjne niżówki i ich wpływ na własności charakterystyk niżówki*. 1. *Stacjonarność niżówek*. [W:] *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, nr II/1/2014. Polska Akademia Nauk, Kraków.
- Zelenhasi E., Salvai A. 1987. *A method of streamflow drought analysis*. Water Resources Research, Vol. 23, No 1.

Spis tabel

Tab. 1.	Zestawienie stacji meteorologicznych	5
Tab. 2.	Fale upałów w latach 1981-1993 i 1998-2022, Częstochowa	10
Tab. 3.	Fale chłodu w sezonach 1981/1982-1991/1992 i 1998/1999-2021/2022, Częstochowa	12
Tab. 4.	Fale upałów w Katowice-Muchowiec w latach 1991-2022	28
Tab. 5.	Fale chłodu w Katowice-Muchowiec (sezony 1991/1992-2021/2022)	30
Tab. 6.	Fale upałów w latach 1991-2022, Racibórz	47
Tab. 7.	Fale chłodu w latach 1991-2022, Racibórz	48
Tab. 8.	Fale upałów w latach 1991-2022, Bielsko-Biała	65
Tab. 9.	Fale chłodu w latach 1991-2022, Bielsko-Biała	66
Tab. 10.	Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Działoszyn, rz. Warta	182
Tab. 11.	Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Działoszyn, rz. Warta	184
Tab. 12.	Czas trwania niżówek (profil Działoszyn, rz. Warta)	186
Tab. 13.	Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Działoszyn, rz. Warta)	187
Tab. 14.	Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Jeleń, rz. Przemsza	189
Tab. 15.	Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Jeleń, rz. Przemsza	191
Tab. 16.	Czas trwania niżówek (profil Jeleń, rz. Przemsza)	193
Tab. 17.	Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Jeleń, rz. Przemsza)	194
Tab. 18.	Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Koźle, rz. Odra	197
Tab. 19.	Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Koźle, rz. Odra	199
Tab. 20.	Czas trwania niżówek (profil Koźle, rz. Odra)	200
Tab. 21.	Zestawienie wezbrań z ich charakterystykami (profil Koźle, rz. Odra)	201
Tab. 22.	Niżówki ogółem w okresie 1991-2022 w profilu Jawiszowice, rz. Wisła	203
Tab. 23.	Niżówki głębokie w okresie 1991-2022 w profilu Jawiszowice, rz. Wisła	204
Tab. 24.	Czas trwania niżówek (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	205
Tab. 25.	Zestawienie wezbrań wraz z ich charakterystykami (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	207

Spis rysunków

Rys. 1.	Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Częstochowa	6
Rys. 2.	Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Częstochowa	6
Rys. 3.	Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Częstochowa	7
Rys. 4.	Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Częstochowa	7
Rys. 5.	Przebieg średniej temperatury minimalnej powietrza, Częstochowa	8
Rys. 6.	Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Częstochowa	8
Rys. 7.	Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), Częstochowa	8
Rys. 8.	Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, Częstochowa	9
Rys. 9.	Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$), Częstochowa	9
Rys. 10.	Liczba i okres trwania fal upałów, Częstochowa	10
Rys. 11.	Dni z temperaturą minimalną $> 20^{\circ}\text{C}$, Częstochowa	11
Rys. 12.	Liczba i okres trwania fal chłodu, Częstochowa	12
Rys. 13.	Liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), Częstochowa	13
Rys. 14.	Dni bardzo mroźne ($T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$), Częstochowa	14
Rys. 15.	Dni z przejściem przez 0°C , Częstochowa	14
Rys. 16.	Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), Częstochowa	15
Rys. 17.	Okresy przymrozkowe, Częstochowa	15
Rys. 18.	Liczba dni w okresach przymrozkowych, Częstochowa	15
Rys. 19.	Dni wegetacyjne, Częstochowa	16
Rys. 20.	Dni z temperaturą od $+2,5^{\circ}\text{C}$ do -5°C i opadem, Częstochowa	16

Rys. 21.	Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Częstochowa	17
Rys. 22.	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Częstochowa	17
Rys. 23.	Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Częstochowa 17	
Rys. 24.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Częstochowa	18
Rys. 25.	Liczba dni z opadem większym lub równym 20 mm, Częstochowa	18
Rys. 26.	Liczba dni z opadem większym niż 30 mm, Częstochowa	19
Rys. 27.	Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70, 80 mm, Częstochowa	19
Rys. 28.	Liczba dni bez opadu, Częstochowa	19
Rys. 29.	Liczba okresów bez opadu, Częstochowa	20
Rys. 30.	Sumaryczna długość okresów bez opadu, Częstochowa	20
Rys. 31.	Najdłuższe okresy bezopadowe, Częstochowa	20
Rys. 32.	Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1981-2011, Częstochowa 21	
Rys. 33.	Liczba dni z burzą w wieloleciu 1981-2021, Częstochowa	22
Rys. 34.	Średnia liczba dni z burzą w wieloleciu, Częstochowa	22
Rys. 35.	Przebieg roczny dni z burzą, Częstochowa	22
Rys. 36.	Liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonach zimowych, Częstochowa	23
Rys. 37.	Grubość pokrywy śnieżnej w wieloleciu, Częstochowa	23
Rys. 38.	Maksymalna wysokość pokrywy śnieżnej, Częstochowa	23
Rys. 39.	Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Katowice-Muchowiec .. 24	
Rys. 40.	Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Katowice-Muchowiec	24
Rys. 41.	Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Katowice-Muchowiec	25
Rys. 42.	Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Katowice-Muchowiec	25
Rys. 43.	Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Katowice-Muchowiec	26
Rys. 44.	Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Katowice-Muchowiec	26
Rys. 45.	Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), Katowice-Muchowiec	27
Rys. 46.	Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, Katowice-Muchowiec	27
Rys. 47.	Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$), Katowice-Muchowiec	27
Rys. 48.	Liczba i okres trwania fal upałów, Katowice-Muchowiec	28
Rys. 49.	Dni z temperaturą minimalną $> 20^{\circ}\text{C}$, Katowice-Muchowiec	29
Rys. 50.	Liczba i okres trwania fal chłodu, Katowice-Muchowiec	30
Rys. 51.	Liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), Katowice-Muchowiec	31
Rys. 52.	Dni bardzo mroźne ($T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$), Katowice-Muchowiec	32
Rys. 53.	Dni z przejściem przez 0°C , Katowice-Muchowiec	32
Rys. 54.	Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), Katowice-Muchowiec	33
Rys. 55.	Okresy przymrozkowe, Katowice-Muchowiec	33
Rys. 56.	Liczba dni w okresach przymrozkowych, Katowice-Muchowiec	33
Rys. 57.	Dni wegetacyjne, Katowice-Muchowiec	34
Rys. 58.	Dni z temperaturą od $+2,5^{\circ}\text{C}$ do -5°C i opadem, Katowice-Muchowiec	34
Rys. 59.	Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Katowice-Muchowiec	35
Rys. 60.	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Katowice	35
Rys. 61.	Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Katowice- Muchowiec 36	
Rys. 62.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Katowice-Muchowiec	36
Rys. 63.	Liczba dni z opadem większym niż 20 mm, Katowice-Muchowiec	37
Rys. 64.	Liczba dni z opadem większym niż 30 mm, Katowice-Muchowiec	37
Rys. 65.	Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70 mm, Katowice-Muchowiec	37
Rys. 66.	Liczba dni bez opadu, Katowice-Muchowiec	38
Rys. 67.	Liczba okresów bez opadu, Katowice-Muchowiec	38

Rys. 68.	Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Katowice-Muchowiec	39
Rys. 69.	Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Katowice-Muchowiec.....	39
Rys. 70.	Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s, Katowice-Muchowiec	39
Rys. 71.	Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2020, Katowice-Muchowiec.....	40
Rys. 72.	Przebieg roczny dni z burzą w latach 1991-2020, Katowice-Muchowiec.....	40
Rys. 73.	Liczba dni z burzą w miesiącu lipcu w wieloleciu 1991-2020, Katowice-Muchowiec	40
Rys. 74.	Liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonach zimowych (1991/1992-2021/2022), Katowice-Muchowiec .	41
Rys. 75.	Suma grubości pokrywy śnieżnej w sezonach zimowych (1991/1992-2021/2022), Katowice-Muchowiec	41
Rys. 76.	Maksymalne wysokości pokrywy śnieżnej w latach 1991-2022, Katowice-Muchowiec	42
Rys. 77.	Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Racibórz.....	42
Rys. 78.	Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Racibórz	43
Rys. 79.	Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Racibórz	43
Rys. 80.	Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Racibórz.....	44
Rys. 81.	Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Racibórz	44
Rys. 82.	Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Racibórz	44
Rys. 83.	Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), Racibórz	45
Rys. 84.	Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, Racibórz	45
Rys. 85.	Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$), Racibórz	46
Rys. 86.	Liczba i okres trwania fal upałów, Racibórz.....	46
Rys. 87.	Dni z temperaturą minimalną $> 20^{\circ}\text{C}$, Racibórz	48
Rys. 88.	Liczba i okres trwania fal chłodu, Racibórz.....	48
Rys. 89.	Liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), Racibórz	50
Rys. 90.	Dni bardzo mroźne ($T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$), Racibórz.....	50
Rys. 91.	Dni z przejściem przez 0°C , Racibórz	51
Rys. 92.	Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), Racibórz	51
Rys. 93.	Okresy przymrozkowe, Racibórz	52
Rys. 94.	Liczba dni w okresach przymrozkowych, Racibórz.....	52
Rys. 95.	Dni wegetacyjne, Racibórz	52
Rys. 96.	Dni z temperaturą od $+2,5^{\circ}\text{C}$ do -5°C i opadem, Racibórz.....	53
Rys. 97.	Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Racibórz	53
Rys. 98.	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Racibórz	54
Rys. 99.	Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Racibórz	54
Rys. 100.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Racibórz	55
Rys. 101.	Liczba dni z opadem większym lub równym 20 mm, Racibórz.....	55
Rys. 102.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 30 mm, Racibórz	55
Rys. 103.	Liczba dni z opadem większym niż 40, 60, 90 mm, Racibórz	56
Rys. 104.	Liczba dni bez opadu, Racibórz	56
Rys. 105.	Liczba okresów bez opadu, Racibórz.....	57
Rys. 106.	Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Racibórz	57
Rys. 107.	Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Racibórz	57
Rys. 108.	Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1991-2021, Racibórz	58
Rys. 109.	Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2021, Racibórz.....	58
Rys. 110.	Wieloletni przebieg roczny dni z burzą w latach 1991-2021, Racibórz	59
Rys. 111.	Liczba dni z pokrywą śnieżną, Racibórz	59
Rys. 112.	Suma grubości pokrywy śnieżnej, Racibórz.....	59
Rys. 113.	Maksymalne wysokości pokrywy śnieżnej, Racibórz.....	60
Rys. 114.	Wieloletnia zmienność średniej rocznej dobowej temperatury powietrza, Bielsko-Biała	60

Rys. 115.	Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Bielsko-Biała	61
Rys. 116.	Przebieg średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza, Bielsko-Biała.....	61
Rys. 117.	Przebieg dobowej temperatury maksymalnej powietrza, Bielsko-Biała	62
Rys. 118.	Przebieg średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza, Bielsko-Biała.....	62
Rys. 119.	Przebieg dobowej temperatury minimalnej powietrza, Bielsko-Biała	62
Rys. 120.	Liczba dni gorących ($T_{max} > 25^{\circ}C$), Bielsko-Biała.....	63
Rys. 121.	Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}C$, Bielsko-Biała.....	63
Rys. 122.	Liczba dni upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}C$), Bielsko-Biała.....	64
Rys. 123.	Liczba i okres trwania fal upałów, Bielsko-Biała	64
Rys. 124.	Dni z temperaturą minimalną $> 20^{\circ}C$, Bielsko-Biała.....	65
Rys. 125.	Liczba i okres trwania fal chłodu, Bielsko-Biała.....	66
Rys. 126.	Liczba dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}C$), Bielsko-Biała	67
Rys. 127.	Dni bardzo mroźne ($T_{max} < -10^{\circ}C$), Bielsko-Biała	68
Rys. 128.	Dni z przejściem przez $0^{\circ}C$, Bielsko-Biała	68
Rys. 129.	Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}C$), Bielsko-Biała	69
Rys. 130.	Okresy przymrozkowe, Bielsko-Biała	69
Rys. 131.	Liczba dni w okresach przymrozkowych, Bielsko-Biała	69
Rys. 132.	Dni wegetacyjne, Bielsko-Biała.....	70
Rys. 133.	Dni z temperaturą od $+2,5^{\circ}C$ do $-5^{\circ}C$ i opadem, Bielsko-Biała.....	70
Rys. 134.	Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Bielsko-Biała	71
Rys. 135.	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Bielsko-Biała.....	71
Rys. 136.	Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Bielsko-Biała 72	
Rys. 137.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Bielsko-Biała	72
Rys. 138.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 20 mm, Bielsko-Biała	73
Rys. 139.	Liczba dni z opadem większym bądź równym 30 mm, Bielsko-Biała	73
Rys. 140.	Liczba dni z opadem większym niż 40, 50, 60, 70, 80, 90 mm, Bielsko-Biała	73
Rys. 141.	Liczba dni bez opadu, Bielsko-Biała.....	74
Rys. 142.	Liczba okresów bez opadu, Bielsko-Biała	74
Rys. 143.	Suma dni w okresach bez opadu w wieloleciu 1991-2022, Bielsko-Biała	74
Rys. 144.	Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1991-2022, Bielsko-Biała.....	75
Rys. 145.	Liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s i 15 m/s w wieloleciu 1991-2020, Bielsko-Biała 75	
Rys. 146.	Liczba dni z burzą w wieloleciu 1991-2021, Bielsko-Biała	76
Rys. 147.	Wieloletni przebieg miesięczny dni z burzą w latach 1991-2022, Bielsko-Biała	76
Rys. 148.	Liczba dni z pokrywą śnieżną, Bielsko-Biała	77
Rys. 149.	Suma grubości pokrywy śnieżnej, Bielsko-Biała	77
Rys. 150.	Maksymalne wysokości pokrywy, Bielsko-Biała	77
Rys. 151.	Domena obliczeniowa EuroCORDEX (źródło: https://euro-cordex.net/).....	78
Rys. 152.	Różnice projekcji emisji CO ₂ (lewy panel) i prognozowanych stężeń CO ₂ (prawy panel) pomiędzy scenariuszami RCP. Obszar zacieniony odpowiada 98. i 90. percentylowi (jasny i ciemny szary) z literatury 79	
Rys. 153.	Finalna projekcja temperatury średniej rocznej na podstawie scenariusza RCP 8.5.	81
Rys. 154.	Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego.....	82
Rys. 155.	HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową $< 18^{\circ}C$, uśredniona dla subregionu północnego . 83	
Rys. 156.	Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śrd}} > 5^{\circ}C$), uśredniona dla subregionu północnego	83
Rys. 157.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	84
Rys. 158.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego,	

dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5	84
Rys. 159. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5.....	84
Rys. 160. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	85
Rys. 161. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5	85
Rys. 162. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5.....	85
Rys. 163. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu północnego	86
Rys. 164. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego.....	87
Rys. 165. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	87
Rys. 166. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu północnego	88
Rys. 167. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego.....	88
Rys. 168. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu północnego .	89
Rys. 169. Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	89
Rys. 170. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu północnego	90
Rys. 171. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	91
Rys. 172. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	91
Rys. 173. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	92
Rys. 174. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego.....	92
Rys. 175. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu północnego	93
Rys. 176. Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu północnego.....	93
Rys. 177. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu północnego.....	94
Rys. 178. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu północnego	95
Rys. 179. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu północnego	95
Rys. 180. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	96
Rys. 181. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	96
Rys. 182. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5 .	96
Rys. 183. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	97
Rys. 184. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	97
Rys. 185. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5 .	97
Rys. 186. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu północnego	98
Rys. 187. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu północnego	98
Rys. 188. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu północnego	99
Rys. 189. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu północnego	100
Rys. 190. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu północnego	

.....	100
Rys. 191. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu północnego	
.....	101
Rys. 192. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu północnego	
.....	101
Rys. 193. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5.....	102
Rys. 194. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	102
Rys. 195. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 4.5.....	102
Rys. 196. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu północnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5.....	103
Rys. 197. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu północnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	103
Rys. 198. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu północnego; scenariusz RCP 8.5.....	103
Rys. 199. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu północnego	104
Rys. 200. Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu północnego	104
Rys. 201. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu północnego	105
Rys. 202. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego	106
Rys. 203. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu centralnego	106
Rys. 204. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śrd}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	107
Rys. 205. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	107
Rys. 206. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5	108
Rys. 207. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5.....	108
Rys. 208. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	108
Rys. 209. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5	109
Rys. 210. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5.....	109
Rys. 211. Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu centralnego	110
Rys. 212. Liczba dni upalnych ($T_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	110
Rys. 213. Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	111
Rys. 214. Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu centralnego	111
Rys. 215. Liczba dni gorących ($T_{\text{max}} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	112
Rys. 216. Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\text{max}} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu centralnego	112
Rys. 217. Liczba nocy tropikalnych ($T_{\text{min}} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego.....	113
Rys. 218. Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu centralnego	114
Rys. 219. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	114
Rys. 220. Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu	

centralnego	115
Rys. 221. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	115
Rys. 222. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	116
Rys. 223. Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu centralnego	116
Rys. 224. Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu centralnego	117
Rys. 225. Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu centralnego	118
Rys. 226. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	118
Rys. 227. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu centralnego	119
Rys. 228. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	119
Rys. 229. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	120
Rys. 230. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5	120
Rys. 231. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	120
Rys. 232. Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	121
Rys. 233. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5	121
Rys. 234. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	122
Rys. 235. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	122
Rys. 236. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	123
Rys. 237. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	123
Rys. 238. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	124
Rys. 239. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu centralnego Rys. 240. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu centralnego	125
Rys. 241. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5.....	126
Rys. 242. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	126
Rys. 243. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 4.5.....	126
Rys. 244. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu centralnego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5.....	127
Rys. 245. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu centralnego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	127
Rys. 246. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu centralnego; scenariusz RCP 8.5.....	127
Rys. 247. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu centralnego	128

Rys. 248.	Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu centralnego	128
Rys. 249.	Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu centralnego	129
Rys. 250.	Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego	130
Rys. 251.	HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu zachodniego	130
Rys. 252.	Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śrd}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	131
Rys. 253.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	131
Rys. 254.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5	132
Rys. 255.	Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 4.5.....	132
Rys. 256.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	132
Rys. 257.	Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5	133
Rys. 258.	Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 8.5.....	133
Rys. 259.	Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu zachodniego	134
Rys. 260.	Liczba dni upalnych ($T_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	134
Rys. 261.	Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	135
Rys. 262.	Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu zachodniego	135
Rys. 263.	Liczba dni gorących ($T_{\text{max}} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	136
Rys. 264.	Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\text{max}} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu zachodniego	136
Rys. 265.	Liczba nocy tropikalnych ($T_{\text{min}} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego.....	137
Rys. 266.	Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu zachodniego	138
Rys. 267.	Liczba dni przymrozkowych ($T_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	138
Rys. 268.	Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	139
Rys. 269.	Liczba dni mroźnych ($T_{\text{max}} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	139
Rys. 270.	Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\text{min}} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	140
Rys. 271.	Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\text{min}} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu zachodniego	140
Rys. 272.	Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu zachodniego	141
Rys. 273.	Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego	142
Rys. 274.	Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego.....	142
Rys. 275.	Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu zachodniego	143
Rys. 276.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5.....	143
Rys. 277.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	144
Rys. 278.	Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 4.5	144
Rys. 279.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5.....	144
Rys. 280.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów: 2010, 2030 i	

2050; scenariusz RCP 8.5.....	145
Rys. 281. Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego; scenariusz RCP 8.5	
145	
Rys. 282. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu	146
Rys. 283. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	146
Rys. 284. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	147
Rys. 285. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	147
Rys. 286. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	148
Rys. 287. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	148
Rys. 288. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu zachodniego	
.....	149
Rys. 289. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontu	
2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony;	
scenariusz RCP 4.5.....	150
Rys. 290. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontów:	
2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5	150
Rys. 291. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu zachodniego;	
scenariusz RCP 4.5.....	150
Rys. 292. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu zachodniego, dla horyzontu	
2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony;	
scenariusz RCP 8.5.....	151
Rys. 293. Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu zachodniego, dla horyzontów:	
2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	151
Rys. 294. Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu zachodniego;	
scenariusz RCP 8.5.....	151
Rys. 295. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu zachodniego	152
Rys. 296. Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu zachodniego	152
Rys. 297. Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu zachodniego	153
Rys. 298. Średnia roczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego	154
Rys. 299. HDD – stopniodni z temperaturą średnią dobową < 18°C, uśredniona dla subregionu	
południowego	154
Rys. 300. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śrd}} > 5^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	155
Rys. 301. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego,	
dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 –	
kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5	155
Rys. 302. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego,	
dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 4.5.....	156
Rys. 303. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu południowego;	
scenariusz RCP 4.5.....	156
Rys. 304. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego,	
dla horyzontu roku 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu roku 2050 –	
kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5	156
Rys. 305. Średnia miesięczna temperatura powietrza, uśredniona dla subregionu południowego,	
dla horyzontów 2010, 2030 oraz 2050; scenariusz RCP 8.5.....	157
Rys. 306. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza, uśredniona dla subregionu południowego;	
scenariusz RCP 8.5.....	157

Rys. 307.	Średnia roczna temperatura maksymalna, uśredniona dla subregionu południowego	158
Rys. 308.	Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	158
Rys. 309.	Liczba fal upałów (co najmniej 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego ..	159
Rys. 310.	Średnia długość trwania fal upałów, uśredniona dla subregionu południowego	159
Rys. 311.	Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego.....	160
Rys. 312.	Liczba okresów długości co najmniej 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu południowego	160
Rys. 313.	Liczba nocy tropikalnych ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego.....	161
Rys. 314.	Średnia roczna temperatura minimalna, uśredniona dla subregionu południowego	162
Rys. 315.	Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	162
Rys. 316.	Liczba okresów przymrozkowych (co najmniej 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	163
Rys. 317.	Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	163
Rys. 318.	Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego	164
Rys. 319.	Liczba fal chłodu (co najmniej 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$), uśredniona dla subregionu południowego ..	164
Rys. 320.	Liczba dni z przejściem przez 0°C , uśredniona dla subregionu południowego	165
Rys. 321.	Roczna suma opadu, uśredniona dla subregionu południowego	166
Rys. 322.	Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm, uśredniona dla subregionu południowego ..	166
Rys. 323.	Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$, uśredniona dla subregionu południowego	167
Rys. 324.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5.....	167
Rys. 325.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	168
Rys. 326.	Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 4.5	168
Rys. 327.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5.....	168
Rys. 328.	Suma miesięczna opadu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	169
Rys. 329.	Anomalia sumy miesięcznej opadu, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 8.5	169
Rys. 330.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm, uśredniona dla subregionu południowego	170
Rys. 331.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm, uśredniona dla subregionu południowego	170
Rys. 332.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm, uśredniona dla subregionu południowego	171
Rys. 333.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm, uśredniona dla subregionu południowego	171
Rys. 334.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm, uśredniona dla subregionu południowego	172
Rys. 335.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm, uśredniona dla subregionu południowego	172
Rys. 336.	Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm, uśredniona dla subregionu południowego	173
Rys. 337.	Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 4.5.....	174
Rys. 338.	Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 4.5.....	174
Rys. 339.	Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 4.5.....	174
Rys. 340.	Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniony dla subregionu południowego, dla horyzontu 2010 – kolor niebieski, dla horyzontu roku 2030 – kolor zielony i dla horyzontu 2050 – kolor czerwony; scenariusz RCP 8.5.....	175

Rys. 341.	Maksymalny opad dobowy w miesiącu, uśredniona dla subregionu południowego, dla horyzontów: 2010, 2030 i 2050; scenariusz RCP 8.5.....	175
Rys. 342.	Anomalia maksymalnego opadu dobowego, uśredniona dla subregionu południowego; scenariusz RCP 8.5.....	175
Rys. 343.	. Liczba dni bez opadu, uśredniona dla subregionu południowego	176
Rys. 344.	Liczba okresów bez opadu długości co najmniej 5 dni, uśredniona dla subregionu południowego	176
Rys. 345.	Najdłuższy okres bez opadu, uśredniony dla subregionu południowego	177
Rys. 346.	Zmienność charakterystyk rocznych przepływu – rz. Warta, profil Działoszyn.....	182
Rys. 347.	Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)	185
Rys. 348.	Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)	185
Rys. 349.	Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Działoszyn, rz. Warta)	186
Rys. 350.	Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)	186
Rys. 351.	Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta)	187
Rys. 352.	Liczba dni z wezbrzeniami w latach hydrologicznych (profil Działoszyn, rz. Warta).....	188
Rys. 353.	Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Działoszyn, rz. Warta)	188
Rys. 354.	Zmienność charakterystyk rocznych przepływu – rz. Przemsza, profil Jeleń	189
Rys. 355.	Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)	193
Rys. 356.	Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)	193
Rys. 357.	Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Jeleń, rz. Przemsza)	194
Rys. 358.	Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)	194
Rys. 359.	Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)	195
Rys. 360.	Liczba dni z wezbrzeniami w latach hydrologicznych (profil Jeleń, rz. Przemsza)	195
Rys. 361.	Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Jeleń, rz. Przemsza).....	196
Rys. 362.	Zmienność stanów charakterystycznych rocznych – rz. Odra, profil Koźle	197
Rys. 363.	Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Koźle, rz. Odra)	199
Rys. 364.	Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Koźle, rz. Odra)	199
Rys. 365.	Liczba dni z wezbrzeniami w latach hydrologicznych (profil Koźle, rz. Odra)	200
Rys. 366.	Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Koźle, rz. Odra)	200
Rys. 367.	Przebieg rocznych przepływów maksymalnych w wieloleciu (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	202
Rys. 368.	Przebieg przepływów rocznych średnich i minimalnych w wieloleciu (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	202
Rys. 369.	Liczba dni z niżówką w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	205
Rys. 370.	Deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	205
Rys. 371.	Odsetek dni z niżówkami przypadający na poszczególne miesiące (okres 1991-2022; profil Jawiszowice, rz. Wisła)	206
Rys. 372.	Deficyt względny odpływu niżówkowego w poszczególnych latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	206
Rys. 373.	Objętość fal wezbraniowych w latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	207
Rys. 374.	Liczba dni z wezbrzeniami w latach hydrologicznych (profil Jawiszowice, rz. Wisła)	207

Rys. 375.	Występowanie wezbrań w poszczególnych miesiącach (profil Jawiszowice, rz. Wiśła).....	208
Rys. 376.	Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie północnym	210
Rys. 377.	Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie północnym	210
Rys. 378.	Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie północnym	211
Rys. 379.	Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie północnym	211
Rys. 380.	Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion północny)	212
Rys. 381.	Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie centralnym	213
Rys. 382.	Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie centralnym	213
Rys. 383.	Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie centralnym	214
Rys. 384.	Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych subregionie centralnym.....	214
Rys. 385.	Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion centralny)	215
Rys. 386.	Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie zachodnim	216
Rys. 387.	Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie zachodnim.....	217
Rys. 388.	Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie zachodnim	217
Rys. 389.	Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie zachodnim	218
Rys. 390.	Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion zachodni)	218
Rys. 391.	Prognozowane zmiany rocznych sum opadów w subregionie południowym.....	219
Rys. 392.	Prognozowana ilość wód roztopowych w subregionie południowym	220
Rys. 393.	Prognozowane zmiany natężenia ewapotranspiracji w subregionie południowym	220
Rys. 394.	Prognozowany całkowity odpływ wód powierzchniowych w subregionie południowym	221
Rys. 395.	Prognozowana liczba dni, w których zawartość wody w profilu glebowym będzie się znajdować poniżej wartości optymalnej dla wzrostu roślin (subregion południowy)	221



IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy



Województwo
Śląskie

