



Załącznik 2

Charakterystyka zjawisk klimatycznych

Autorzy:

mgr Anna Romańczak
prof. dr hab. Maciej Sadowski
mgr inż. Michał Marcinkowski
dr inż. Maciej Jefimow
mgr inż. Paulina Jagiełło
inż. Aleksander Norowski
dr hab. inż. Joanna Strużewska-Krajewska

Warszawa, 2020

SPIS TREŚCI

1	Charakterystyka zjawisk meteorologicznych na podstawie danych historycznych	3
1.1	Uwagi metodyczne	3
1.2	Warunki termiczne	3
1.3	Warunki termiczno-opadowe.....	17
1.4	Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)	19
1.5	Warunki anemometryczne miasta	25
2	Analiza częstotliwości występowania i przebiegu niżówek.....	27
2.1	Uwagi metodyczne	27
2.2	Analiza niżówek	28
3	Projekcje temperatury i opadu na obszarze miasta Ławy w perspektywie do 2050 roku.....	35
3.1	Uwagi metodyczne	35
3.2	Warunki termiczne	38
3.3	Warunki termiczno-opadowe.....	60
3.4	Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)	61
4	Literatura	75
	Indeksy klimatyczne	76

1 Charakterystyka zjawisk meteorologicznych na podstawie danych historycznych

1.1 Uwagi metodyczne

Zjawiska klimatyczne w Ławie zostały scharakteryzowane na podstawie danych meteorologicznych ze stacji położonych w najbliższej odległości od miasta. Na potrzeby analiz wykorzystano dane z okresu 1981-2019 ze stacji meteorologicznej IMGW-PIB Olsztyn i dane z lat 1981-2014 ze stacji meteorologicznej Prabuty. Zastosowano w analizach również dane opadowe z lat 2000-2019 ze stacji opadowej Dziarny, lecz w znacznie mniejszym zakresie ze względu na duże braki w obserwacjach opadów. Wybór stacji jest uwarunkowany dostępnością odpowiednio długiej serii pomiarów meteorologicznych.

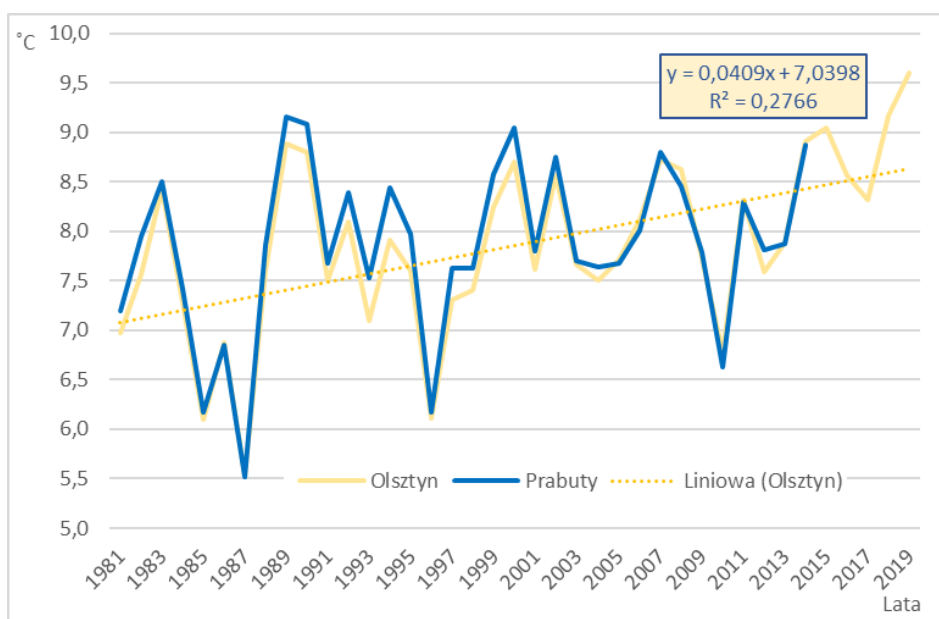
Dane pomiarowe pochodzące ze wskazanych stacji uznano za odpowiednie do przeanalizowania tendencji zmian klimatu w mieście i otoczeniu Ławy. Wartości zmiennych klimatycznych zarejestrowanych na stacji Olsztyn i Prabuty należy traktować jako wskaźnikowe do oceny zjawisk klimatycznych w analizowanym obszarze, uznając, że różnią się od wartości wskaźników, które byłyby mierzone w centrum miasta. Zjawiska klimatyczne Ławy opisano przez średnie wieloletnie oraz najwyższe i najniższe wartości wybranych elementów i wskaźników klimatu.

1.2 Warunki termiczne

Charakterystyka warunków termicznych Ławy obejmuje analizę wskaźników opisujących zjawiska klimatyczna znaczące ze względu na funkcjonowanie miasta:

- temperaturę średnią, temperaturę maksymalną i temperaturę minimalną,
- okresy upałów,
- okresy chłodu,
- temperaturę przejściową i dni charakterystyczne termicznie.

Średnia roczna temperatura powietrza

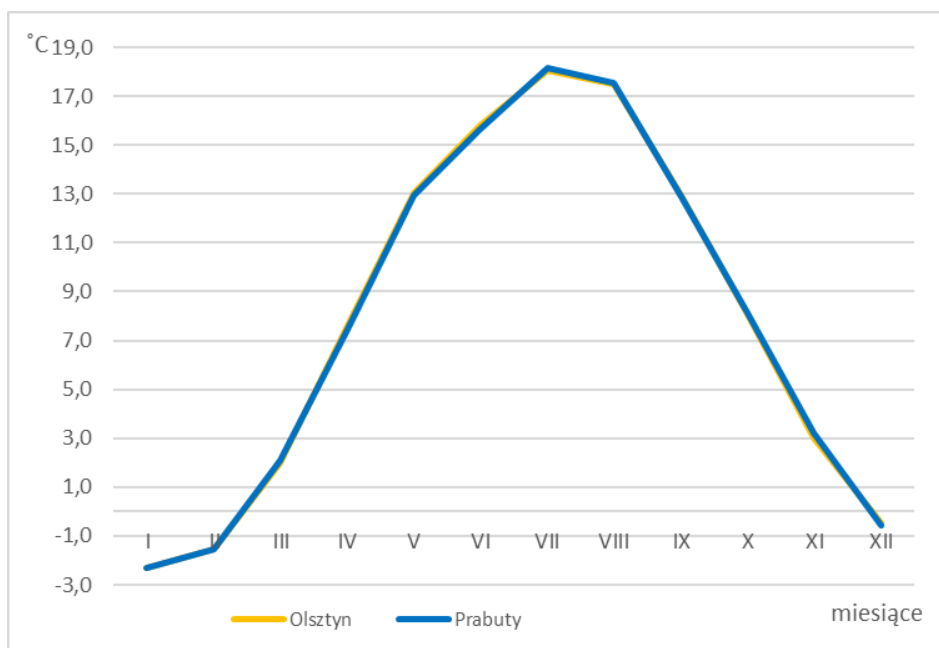


Rys.1. Wieloletnia zmienność średniej rocznej temperatury powietrza, Olsztyn i Prabuty

Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1981-2019 na wybranych stacjach meteorologicznych reprezentujących warunki termiczne miasta Ława, wskazuje na stopniowe ocieplanie klimatu omawianego obszaru.

Wartości średniej rocznej temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu wahały się od 5,5°C w 1987 r. do 9,6°C w 2019 r. (rys.1). Średnia roczna temperatura w tym okresie wyniosła 7,8°C i 7,9°C, odpowiednio w Prabutach i Olsztynie. Analiza 39-letniego przebiegu rocznej temperatury (Olsztyn) wskazuje na wyraźny dodatni trend zmian temperatury średniej na poziomie około 0,4°C w dziesięcioleciu.

Średnia miesięczna temperatura powietrza

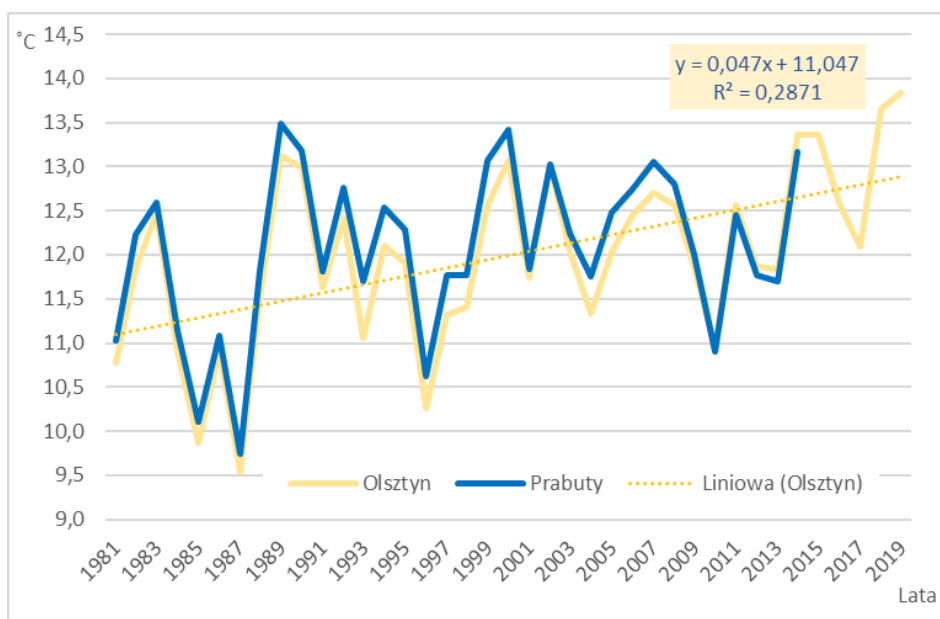


Rys.2. Przebieg roczny średniej miesięcznej temperatury powietrza, Olsztyn i Prabuty

Roczny przebieg średniej miesięcznej temperatury obliczonej jako wartość średnia z wielolecia wskazuje, że najchłodniejszym miesiącem jest styczeń ze średnią temperaturą wynoszącą -2,3°C (średnią temperaturą minimalną -4,7°C na obu stacjach oraz średnią maksymalną 0,1°C w Prabutach i 0,4°C w Olsztynie). Najcieplejszym miesiącem w wieloleciu jest lipiec ze średnią temperaturą 18,2°C w Prabutach i 18,0°C w Olsztynie (średnią temperaturą minimalną 12,7°C w Prabutach i 12,9°C w Olsztynie oraz średnią maksymalną 23,4°C na obu stacjach).

Temperatura maksymalna

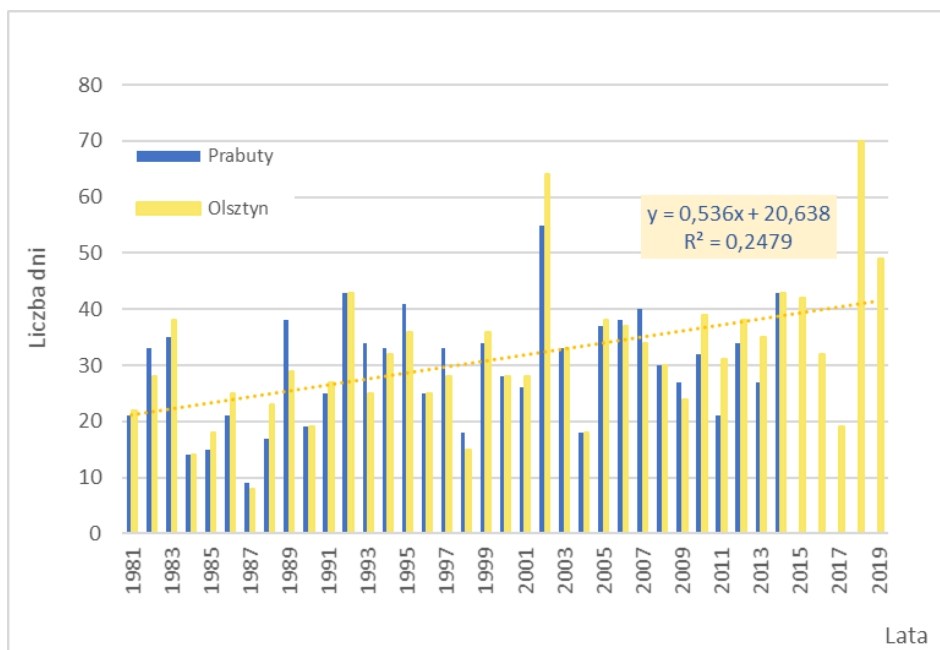
Wskaźnikiem zmian warunków termicznych jest także temperatura maksymalna powietrza (Tmax) w wieloleciu. W latach 1981-2019 zaznacza się wyraźny, silnie istotny statystycznie wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej.



Rys.3. Przebieg średniej temperatury maksymalnej powietrza, Olsztyn i Prabuty

W analizowanym okresie temperatura maksymalna na reprezentatywnych dla Ławy stacjach meteorologicznych systematycznie rośnie w tempie blisko 0,5°C/dekadę (rys. 3). Najniższą wartość osiągnęła w 1987 r. (9,5°C w Olsztynie i 9,7°C w Prabutach), a najwyższą w 1989 r. (13,5°C w Prabutach) i 2019 r. (13,8°C w Olsztynie). Absolutna temperatura maksymalna odnotowana została 10 sierpnia 1992 r. i osiągnęła wartość 36,2°C w Olsztynie i 36,5°C w Prabutach.

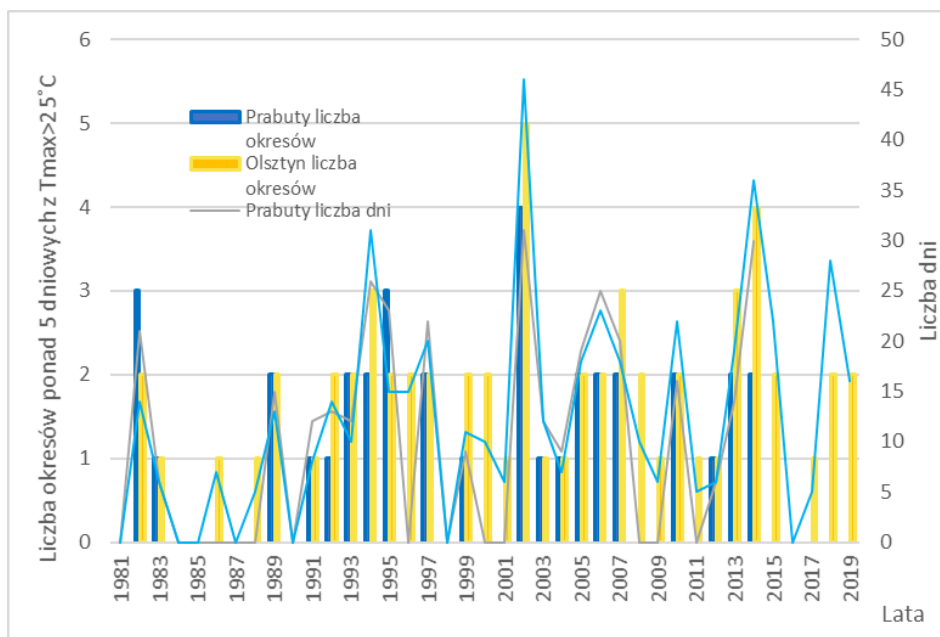
Dni gorące



Rys.4. Liczba dni gorących (Tmax > 25°C), Olsztyn i Prabuty

Zmiany warunków termicznych scharakteryzowane na podstawie wartości średniej rocznej temperatury i średniej temperatury maksymalnej znajdują potwierdzenie w kierunku zmian innych badanych wskaźników termicznych w czasie. Przebieg liczby dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C (rys. 4) świadczy o zdecydowanym wzroście najwyższej w ciągu doby temperatury.

Wyraźnie zwiększa się liczba dni z temperaturą przekraczającą wyznaczony próg termiczny 25°C, średnio o 5,4 dnia/dekadę. Najmniej dni z takimi warunkami termicznymi (dni gorących) było w roku 1987 (8 i 9 dni, odpowiednio w Olsztynie i Prabutach) najwięcej natomiast w roku 2018 (70 dni w Olsztynie) i 2002 (55 dni w Prabutach).



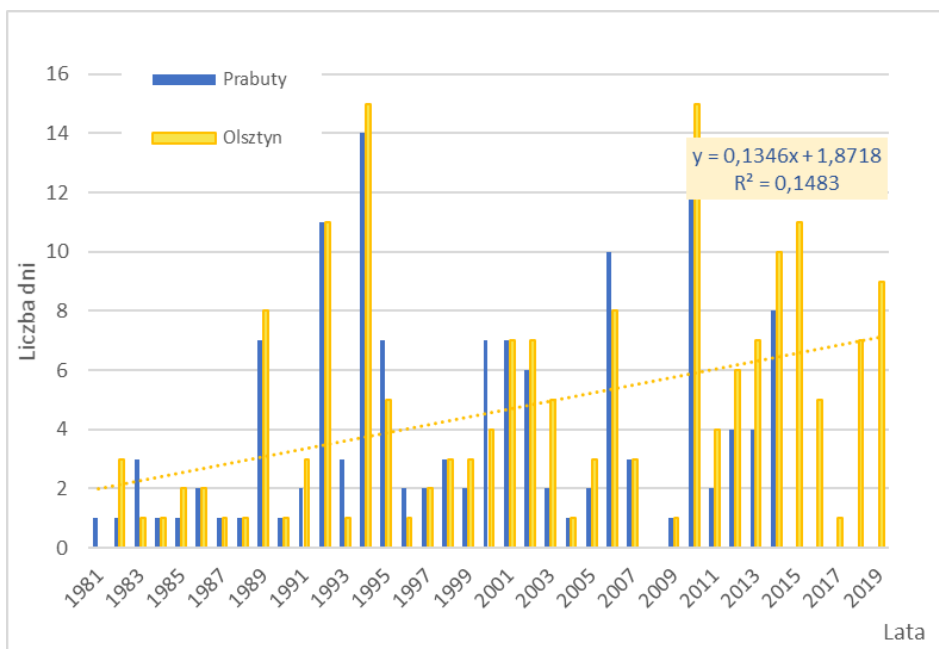
Rys.5. Okresy ponad 5 dniowe z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, Olsztyn i Prabuty

Zwiększa się również liczba okresów z temperaturą maksymalną przekraczającą 25°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni (rys. 5), w ciągu dekady wzrost wynosi około 0,3 okresu. Największa liczba okresów wystąpiła w 2002 r. (4-5 przypadków), natomiast w kilku latach w analizowanym wieloleciu nie zaobserwowano tego zjawiska – 14 lat (Prabuty) i 7 lat (Olsztyn).

Czas trwania okresu z temperaturą maksymalną powyżej 25°C wynosi średnio 8-9 dni (odpowiednio Olsztyn, Prabuty). Najdłuższy okres trwania takich warunków termicznych wyniósł 19 dni w 1994 r. Największe natężenie zjawiska odnotowano w 2002 r. (5 okresów o łącznej długości 46 dni – Olsztyn; 4 okresy o łącznej długości 31 dni – Prabuty). W analizowanym wieloleciu występuje tendencja wzrostowa długości okresu o 3 dni/dekadę.

Dni upalne

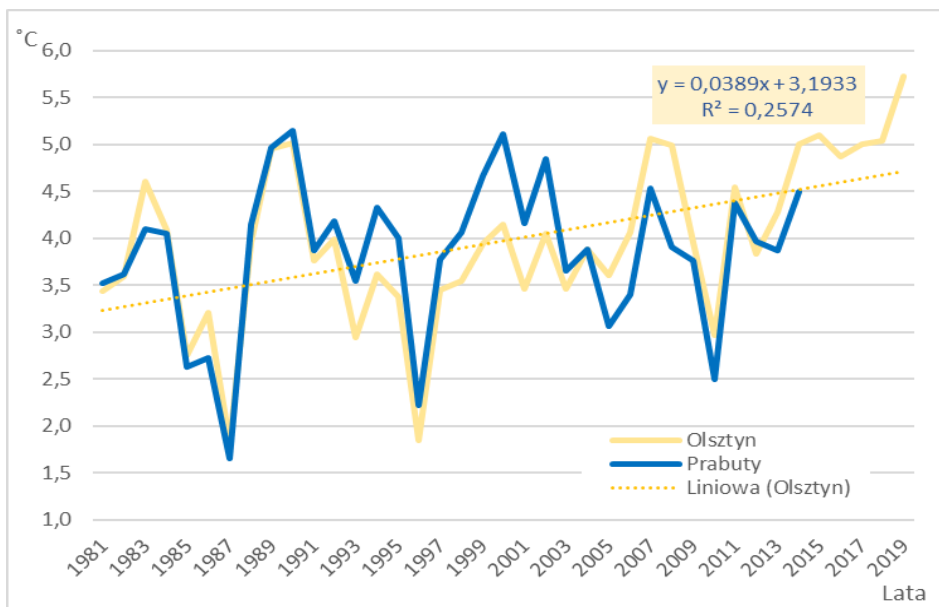
W analizowanym wieloleciu 1981-2019 zauważalne jest także zwiększenie liczby dni upalnych, tj. dni z maksymalną temperaturą przekraczającą 30°C, średnio o 3 dni w dziesięciolecie (rys. 6). Dni upalne najliczniej wystąpiły w 1994 r. i 2010 r. (14-15 dni). Charakterystyczna jest duża zmienności takich warunków termicznych na obszarze objętym badaniem. W pojedynczych latach nie zarejestrowano temperatury przekraczającej 30°C, a w kilku nastąpiło to tylko 1-2 razy w roku.



Rys.6. Liczba dni upalnych (Tmax > 30°C), Olsztyn i Prabuty

Temperatura minimalna

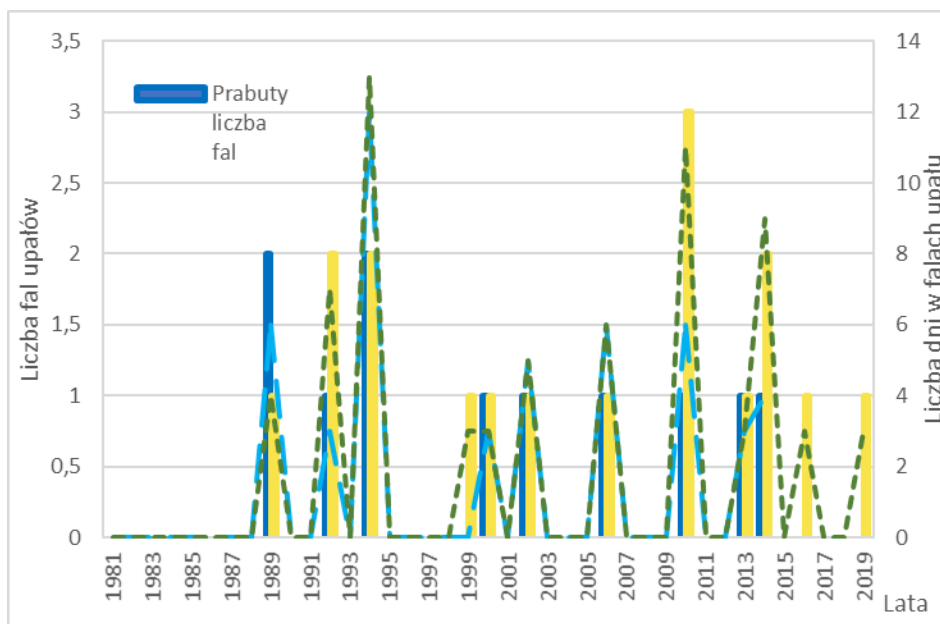
Tendencję wzrostową obserwuje się również w przebiegu wieloletnim temperatury minimalnej powietrza. Analizy wskazują na ocieplenie w tempie 0,4°C/dekadę (rys. 7). W latach 1981-2019 najchłodniejszym rokiem był 1987 ze średnią temperaturą minimalną 1,7°C w Prabutach i 1,8°C w Olsztynie, a najcieplejszy 2019 r. (5,7°C w Olsztynie) oraz 1990 r. i 2000 r. (5,1°C w Prabutach). Absolutne minimum, wynoszące -31,3°C w Prabutach i -30,2°C w Olsztynie, zanotowano w dniu 8 stycznia 1987 r.



Rys.7. Przebieg średniej temperatury minimalnej powietrza, Olsztyn i Prabuty

Fale upałów

Fale upałów, definiowane jako ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu, odnotowano tylko w ciągu piętnastu lat analizowanego wielolecia 1981-2019 (rys. 8). Temperatura powyżej 30°C przeciętnie utrzymywała się przez 4 kolejne dni. Najdłuższą, ośmiodniową falę upałów odnotowano na przełomie lipca i sierpnia 1994 r. Najwięcej przypadków fal upałów wystąpiło w roku 2010 – 3 zjawiska o łącznej długości trwania 11 dni (Olsztyn), oraz w roku 1989 – 2 fale, o łącznym czasie trwania 6 dni (Prabuty), roku 1992 – 2 fale, o łącznym czasie trwania 7 dni (Olsztyn), roku 1994 – 2 fale, o łącznym czasie trwania 12-13 dni, i roku 2014 – 2 fale, o łącznym czasie trwania 9 dni (tab. 1 i tab. 2).



Rys.8. Liczba i okres trwania fal upałów, Olsztyn i Prabuty

Zjawisko fal upałów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością między poszczególnymi latami. Analiza przebiegu liczby i czasu trwania fal upałów wykazuje nieznaczne zwiększenie się częstotliwości i natężenia tego zjawiska w badanym okresie, trend wzrostowy należy jednak uznać za mało istotny statystycznie.

Tab. 1. Fale upałów w Olsztynie (1981-2019)

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1992-08-09	1992-08-11	3	34,7	1992-08-09	
1992-08-28	1992-08-31	4	36,1	1992-08-29	
1994-07-12	1994-07-16	5	31,6	1994-07-14	1994-07-15
1994-07-26	1994-08-02	8	36,1	1994-07-31	
1999-07-04	1999-07-06	3	32,8	1999-07-05	
2000-06-20	2000-06-22	3	33,0	2000-06-22	
2002-07-29	2002-08-02	5	32,7	2002-07-30	
2006-07-06	2006-07-11	6	32,6	2006-07-08	
2010-07-10	2010-07-13	4	31,4	2010-07-12	
2010-07-15	2010-07-18	4	33,5	2010-07-17	
2010-08-14	2010-08-16	3	31,5	2010-08-15	

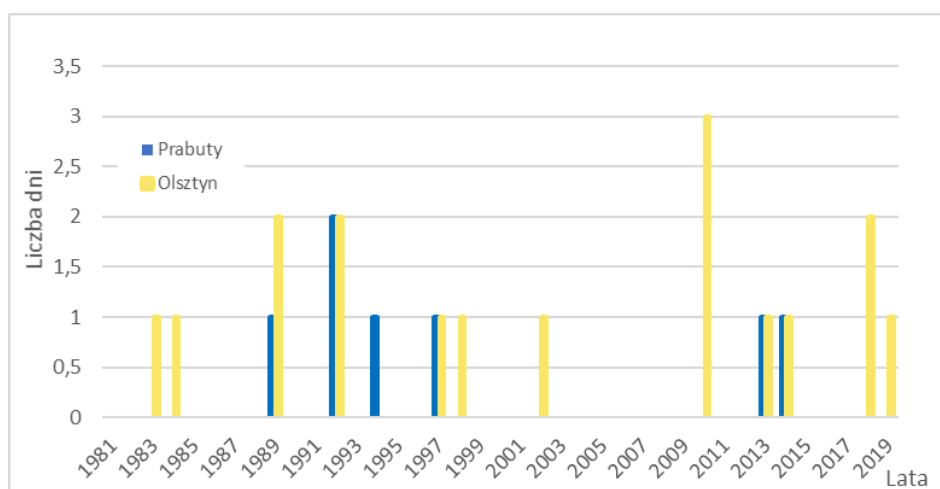
Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
2013-08-06	2013-08-08	3	35,7	2013-08-08	
2014-07-26	2014-07-30	5	32,5	2014-07-29	
2014-08-02	2014-08-05	4	34,5	2014-08-04	
2016-06-24	2016-06-26	3	33,7	2016-06-25	
2019-06-11	2019-06-13	3	33,4	2019-06-11	

Tab. 2. Fale upałów w Prabutach (1981-2014)

Data rozpoczęcia fali upałów	Data zakończenia fali upałów	Liczba dni	Najwyższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1989-07-07	1989-07-09	3	32,5	1989-07-08	
1989-08-15	1989-08-17	3	34,0	1989-08-16	
1992-08-28	1992-08-30	3	36,0	1992-08-29	
1994-07-12	1994-07-15	4	32,4	1994-07-15	
1994-07-26	1994-08-02	8	36,0	1994-07-31	
2000-06-20	2000-06-22	3	34,1	2000-06-22	
2002-07-29	2002-08-02	5	32,2	2002-07-31	
2006-07-06	2006-07-11	6	32,9	2006-07-09	2010-07-13
2010-07-10	2010-07-15	6	33,4	2010-07-12	
2013-08-06	2013-08-08	3	32,9	2013-08-08	2014-07-30
2014-07-27	2014-07-30	4	31,2	2014-07-29	

Noce tropikalne

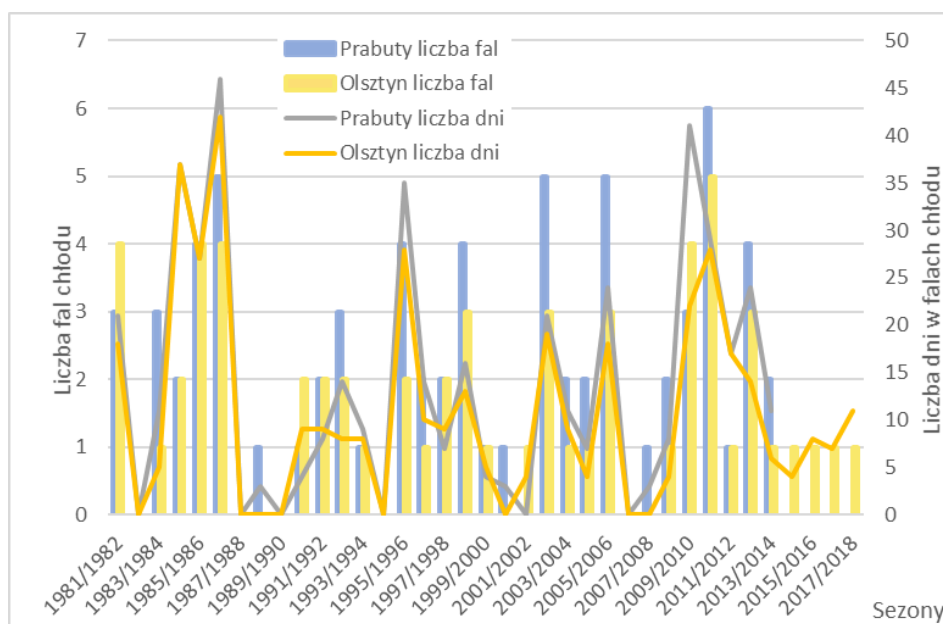
Dni z temperaturą minimalną dobową powyżej 20°C (noce tropikalne) występowały niezwykle rzadko (rys. 9). W analizowanym okresie było ich tylko 17 na stacji Olsztyn (1981-2019) i 7 w Prabutach (1981- 2014). To niezbyt częste zjawisko pojawiało się średnio raz w roku, a w wielu latach stwierdzono jego brak (27 lat, Olsztyn). Charakterystyczna jest skrajnie duża zmienność występowania nocy tropikalnych, największą ich liczbę zaobserwowano w 2010 r. - 3 epizody.



Rys.9. Dni z temperaturą minimalną >20°C, Olsztyn i Prabuty

Fale chłodu

Fale chłodu, definiowane jako okresy z temperaturą minimalną poniżej -10°C utrzymującą się przez co najmniej 3 dni, występowały średnio 1,5-2 razy w roku, trwając przeciętnie 6-7 dni. W analizowanym okresie zidentyfikowano 59 i 72 takich zjawisk, odpowiednio w Olsztynie i Prabutach, trwających od 3 do 30 dni (2010 r. w Prabutach). Największe natężenie fal chłodu wystąpiło w sezonie zimowym 2010/2011 (5-6 fal chłodu), w 6-8 latach zaś opisywane zjawisko nie zaistniało (rys. 10, tab. 3 i tab. 4). Analizowana zmiana częstotliwości i intensywności fal chłodu w wieloleciu wskazuje na znikomą tendencję spadkową na stacji Olsztyn i zauważalną minimalną tendencję wzrostową na stacji Prabuty.



Rys.10. Liczba i okres trwania fal chłodu, Olsztyn i Prabuty

Tab. 3. Fale chłodu w Olsztynie (sezony 1981/1982-2018/2019)

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1981-12-15	1981-12-19	5	-17,4	1981-12-15	
1982-01-06	1982-01-10	5	-16,1	1982-01-09	
1982-01-15	1982-01-18	4	-17,3	1982-01-16	
1982-02-03	1982-02-06	4	-13,8	1982-02-06	
1984-02-15	1984-02-19	5	-14,1	1984-02-16	
1985-01-04	1985-01-22	19	-23,3	1985-01-06	
1985-02-06	1985-02-23	18	-25,5	1985-02-11	
1986-02-02	1986-02-09	8	-22,7	1986-02-08	
1986-02-11	1986-02-16	6	-18,5	1986-02-12	
1986-02-19	1986-02-27	9	-20,1	1986-02-26	
1986-03-01	1986-03-04	4	-20,2	1986-03-03	
1987-01-02	1987-01-22	21	-30,2	1987-01-08	
1987-01-28	1987-01-31	4	-28,8	1987-01-30	
1987-02-26	1987-03-07	10	-22,1	1987-03-03	
1987-03-09	1987-03-15	7	-18,5	1987-03-12	

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1991-01-30	1991-02-03	5	-17,7	1991-02-02	
1991-02-05	1991-02-08	4	-13,9	1991-02-06	
1992-01-20	1992-01-24	5	-19,5	1992-01-22	
1992-02-22	1992-12-25	4	-12,8	1992-12-25	
1993-01-02	1993-01-05	4	-16,8	1993-01-03	
1993-03-02	1993-03-05	4	-18,8	1993-03-05	
1994-02-12	1994-02-19	8	-23,7	1994-02-14	
1995-12-25	1996-01-02	9	-20,5	1995-12-30	
1996-01-23	1996-02-12	19	-24,1	1996-02-09	
1996-12-24	1997-01-02	10	-27,5	1997-01-01	
1997-12-15	1997-12-19	5	-17,7	1997-12-17	
1998-02-01	1998-02-04	4	-12,3	1998-02-02	
1998-11-19	1998-11-23	5	-20,2	1998-11-21	
1998-12-01	1998-12-04	4	-18,9	1998-12-01	
1998-12-10	1998-12-13	4	-14,4	1998-12-10	1998-12-11
1999-11-21	2000-01-25	5	-19,5	2000-01-23	
2002-01-01	2002-01-04	4	-22,8	2002-01-04	
2002-12-07	2002-12-10	4	-18,1	2002-12-10	
2002-12-23	2002-12-27	5	-20,5	2002-12-24	
2002-12-31	2003-01-09	10	-28,4	2003-01-07	
2004-01-03	2004-01-11	9	-16,1	2004-01-04	
2005-02-06	2005-02-09	4	-14,6	2005-02-08	
2006-01-19	2006-01-28	10	-28,5	2006-01-23	
2006-02-04	2006-02-07	4	-20,5	2006-02-06	
2006-03-07	2006-03-10	4	-15,8	2006-03-07	
2009-01-04	2009-01-07	4	-22,6	2009-01-05	
2009-12-17	2009-12-21	5	-19,8	2009-12-20	
2010-01-13	2010-01-16	4	-17,3	2010-01-16	
2010-01-20	2010-01-28	9	-25,3	2010-01-26	
2010-03-07	2010-03-10	4	-12,5	2010-03-07	
2010-11-29	2010-12-05	7	-19,2	2010-12-01	
2010-12-14	2010-12-17	4	-17,3	2010-12-14	
2010-12-27	2011-01-29	5	-19,4	2010-12-28	
2011-02-13	2011-02-16	4	-15,7	2011-02-15	
2011-02-19	2011-02-26	8	-23,2	2011-02-24	
2012-01-27	2012-02-12	17	-25,9	2012-02-03	
2012-12-21	2012-12-24	4	-18,1	2012-12-22	
2013-01-18	2013-01-23	6	-14,5	2013-01-20	
2013-01-25	2013-01-28	4	-16,9	2013-01-26	
2014-01-21	2014-01-26	6	-19,5	2014-01-23	
2014-12-27	2014-12-30	4	-16,8	2014-12-30	
2016-01-01	2016-01-08	8	-16,9	2016-01-04	
2017-01-05	2017-01-11	7	-20,7	2017-01-07	

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
2018-02-23	2018-03-05	11	-18,4	2018-02-26	

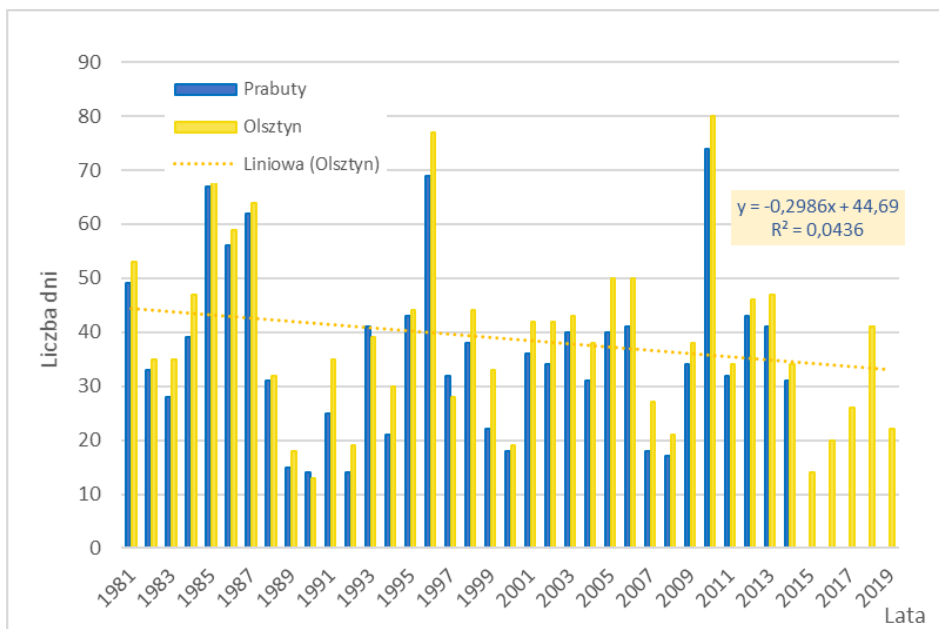
Tab. 4. Fale chłodu w Prabutach (sezony 1981/1982-2013/2014)

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1981-02-19	1981-02-22	4	-16,4	1981-02-22	
1981-12-14	1981-12-24	10	-18,5	1981-12-15	
1982-01-06	1982-01-10	5	-17,9	1982-01-09	
1982-01-14	1982-01-19	6	-13,9	1982-01-17	
1983-12-02	1983-12-04	3	-19,4	1983-12-02	
1983-12-13	1983-12-15	3	-14,9	1983-12-14	
1984-02-15	1984-02-19	5	-14,6	1984-02-18	
1985-01-03	1985-01-21	19	-25,2	1985-01-06	
1985-02-06	1985-02-23	18	-27,7	1985-02-11	
1986-02-03	1986-02-09	7	-21,2	1986-02-07	1986-02-08
1986-02-11	1986-02-17	7	-17,7	1986-02-13	
1986-02-19	1986-02-27	9	-22,0	1986-02-25	
1986-03-01	1986-03-04	4	-22,2	1986-03-03	
1987-01-02	1987-01-22	21	-31,3	1987-01-08	
1987-01-27	1987-01-31	5	-31,3	1987-01-30	
1987-02-02	1987-02-04	3	-14,8	1987-02-03	
1987-02-26	1987-03-07	10	-23,3	1987-03-02	
1987-03-09	1987-03-15	7	-19,8	1987-03-12	
1988-12-01	1988-12-03	3	-11,6	1988-12-01	
1991-01-31	1991-02-03	4	-15,5	1991-01-31	1991-02-01
1991-12-08	1991-12-10	3	-16,4	1991-12-09	
1992-01-20	1992-01-24	5	-16,7	1992-01-22	
1993-01-01	1993-01-05	5	-17,3	1993-01-03	
1993-01-29	1993-02-01	4	-12,7	1993-01-29	
1993-03-01	1993-03-05	5	-16,8	1993-03-05	
1994-02-12	1994-02-20	9	-18,8	1994-02-13	
1995-12-27	1996-01-02	7	-16,4	1995-12-31	
1996-01-19	1996-01-29	10	-21,5	1996-01-26	
1996-02-01	1996-02-12	12	-24,1	1996-02-06	
1996-02-07	1996-02-12	6	-20,5	1996-02-08	
1996-12-23	1996-12-31	9	-21,1	1996-12-27	
1997-01-01	1997-01-05	5	-25,1	1997-01-01	
1997-12-15	1997-12-18	4	-15,9	1997-12-17	
1998-01-31	1998-02-02	3	-12,8	1998-02-02	
1998-11-20	1998-11-23	4	-17,5	1998-11-21	
1998-11-30	1998-12-04	5	-16,9	1998-12-02	1998-12-03
1998-12-10	1998-12-13	4	-19,5	1998-12-11	

Data rozpoczęcia fali chłodu	Data zakończenia fali chłodu	Liczba dni	Najniższa temperatura [°C]	Data wystąpienia	Data wystąpienia
1999-01-29	1999-01-31	3	-21,7	1999-01-31	
2000-01-22	2000-01-25	4	-20,8	2000-01-23	
2001-02-03	2001-02-05	3	-17,4	2001-02-05	
2002-12-07	2002-12-10	4	-19,6	2002-12-10	
2002-12-22	2002-12-26	5	-20,6	2002-12-25	
2002-12-31	2003-01-02	3	-14,5	2003-01-01	
2003-01-04	2003-01-09	6	-28,4	2003-01-07	
2003-02-11	2003-02-13	3	-18,4	2003-02-13	
2004-01-04	2004-01-09	6	-14,8	2004-01-06	
2004-01-22	2004-01-26	5	-19,1	2004-01-26	
2005-02-06	2005-02-09	4	-14,2	2005-02-07	
2005-03-03	2005-03-05	3	-17,0	2005-03-05	
2006-01-08	2006-01-10	3	-16,3	2006-01-09	
2006-01-15	2006-01-17	3	-14,7	2006-01-17	
2006-01-19	2006-01-28	10	-29,7	2006-01-23	
2006-02-04	2006-02-07	4	-14,3	2006-02-05	
2006-03-07	2006-03-10	4	-17,3	2006-03-07	
2008-01-03	2008-01-05	3	-12,9	2008-01-05	
2009-01-04	2009-01-08	5	-18,5	2009-01-06	
2009-02-20	2009-02-22	3	-14,5	2009-02-21	
2009-12-17	2009-12-22	6	-21,5	2009-12-20	
2010-01-06	2010-01-10	5	-14,8	2010-01-09	
2010-01-13	2010-02-11	30	-29,4	2010-01-26	
2010-12-01	2010-12-05	5	-19,0	2010-12-01	
2010-12-14	2010-12-20	7	-15,4	2010-12-15	
2010-12-27	2010-12-29	3	-18,7	2010-12-28	
2011-02-14	2011-02-16	3	-16,5	2011-02-15	
2011-02-19	2011-02-26	8	-23,5	2011-02-24	
2011-03-01	2011-03-03	3	-15,1	2011-03-02	
2012-01-27	2012-02-12	17	-24,1	2012-02-11	
2012-12-22	2012-12-24	3	-17,3	2012-12-22	
2013-01-19	2013-01-28	10	-19,1	2013-01-26	
2013-03-13	2013-03-18	6	-19,6	2013-03-14	
2013-03-23	2013-03-27	5	-17,8	2013-03-23	
2014-01-22	2014-01-27	8	-18,9	2014-01-23	
2014-01-29	2014-01-31	3	-12,3	2014-01-29	2014-01-31

Dni mroźne

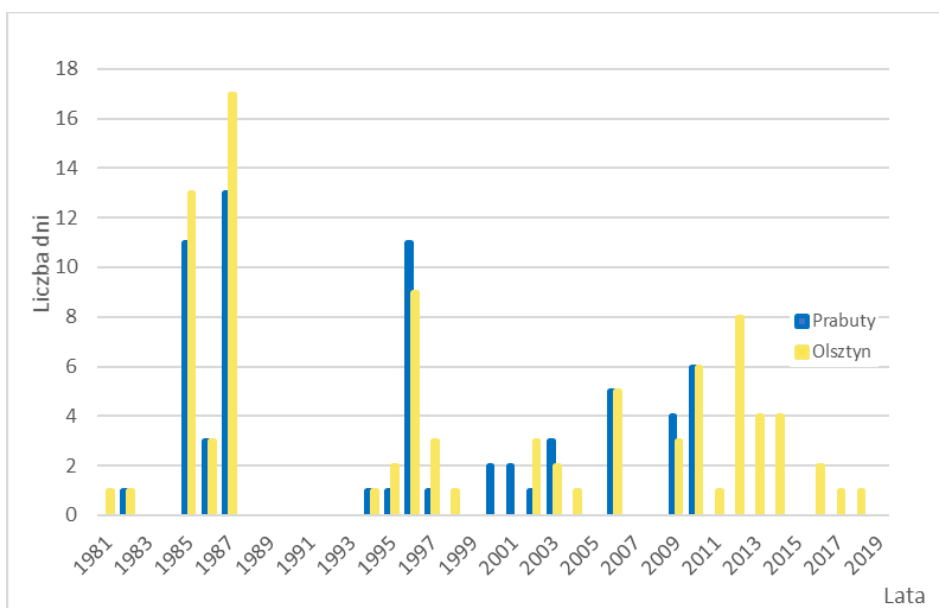
Dni mroźnych (dni z temperaturą poniżej 0°C) jest średnio 36-39 w roku. Charakterystyczna jest duża zmienność występowania takich warunków termicznych, od 13-14 dni w roku 1990 do 74-80 dni w roku 2010 (rys. 11). Liczba dni mroźnych wykazuje tendencję spadkową w analizowany wielolecie, około 3 dni/dekadę.



Rys.11. Liczba dni mroźnych (Tmax<0°C), Olsztyn i Prabuty

Dni bardzo mroźne

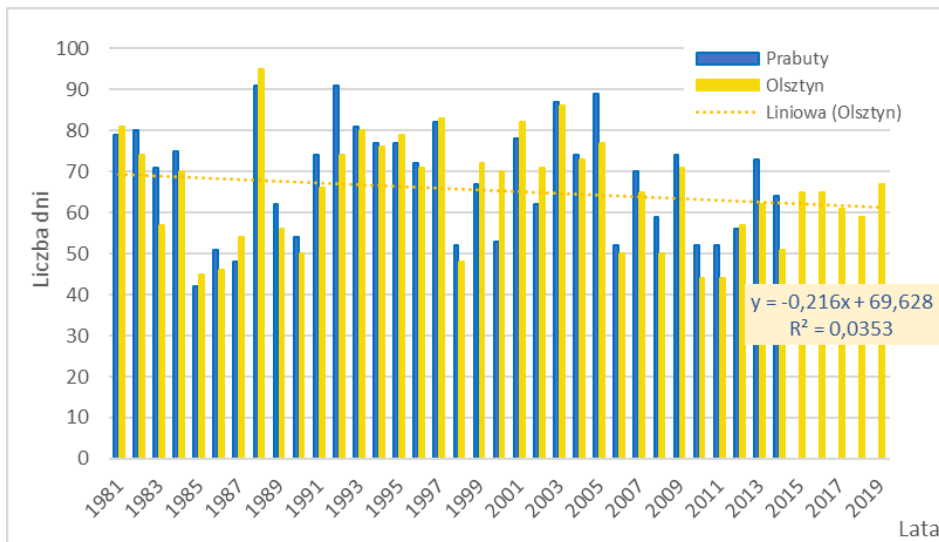
Liczba dni z temperaturą maksymalną poniżej -10°C, określanych jako dni bardzo mroźne, sięga około 2 w roku. Występuje duże zróżnicowanie zjawiska dni bardzo mroźnych w analizowanym wielolecie. Najwięcej dni bardzo mroźnie pojawiło się w latach 1985-1987 – od 33 do 47 dni w roku, natomiast w 16-19 latach wielolecia takie warunki termiczne nie wystąpiły. Zauważany jest słaby spadek liczby dni bardzo mroźnych.



Rys.12. Dni bardzo mroźne ($T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$), Olsztyn i Prabuty

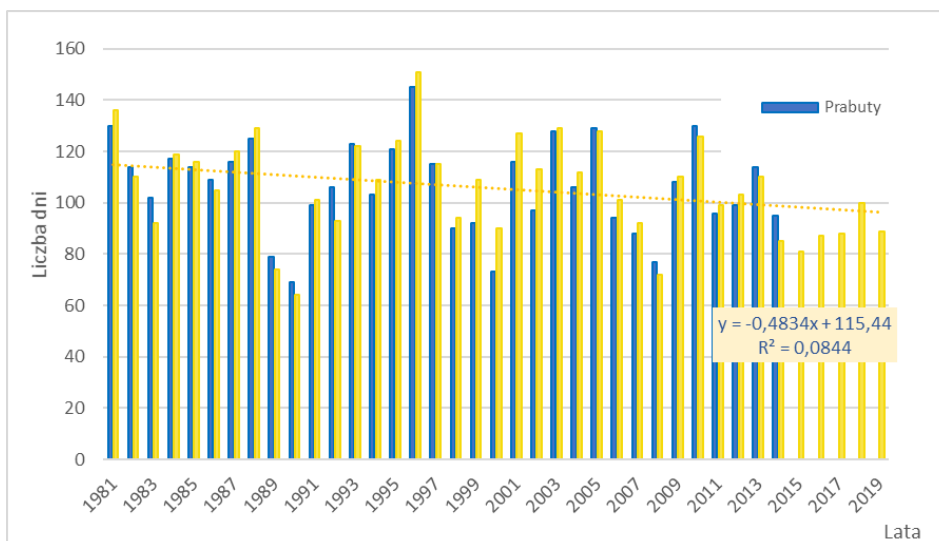
Dni z temperaturą przejściową

Dni, w których temperatura powietrza przechodzi przez punkt 0°C (rys. 13) jest średnio 63-65 w ciągu roku, a zakres zmienności ich liczby w wieloleciu waha się od 50-54 w 1990 r. do 91-95 w 1988 r. W badanym okresie stwierdzono spadek liczby takich dni o około 2 dni/dekadę.

Rys.13. Dni z przejściem przez 0°C , Olsztyn i Prabuty

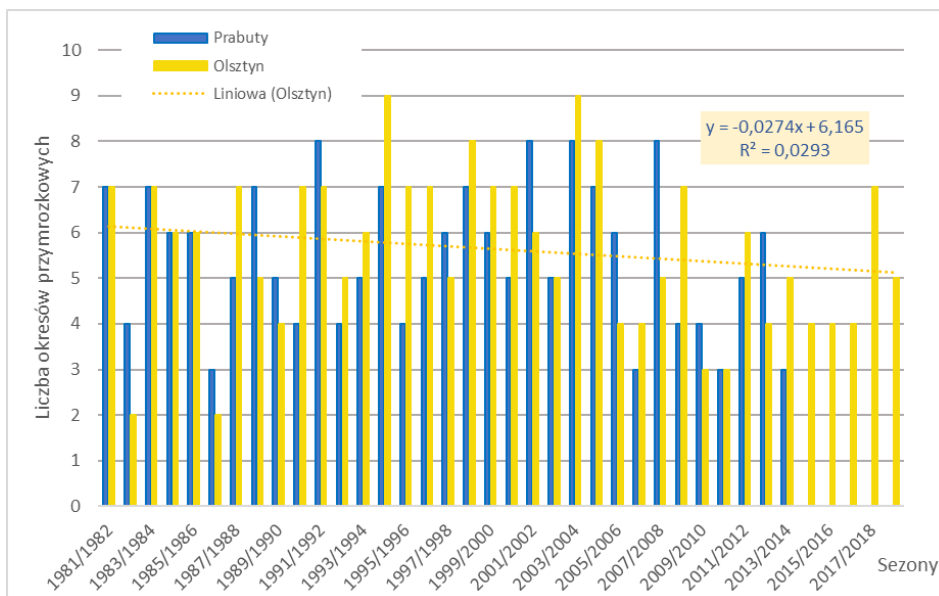
Dni i okresy przymrozkowe

Dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C (dni przymrozkowe) jest średnio 106 w roku, ich liczba w poszczególnych latach w analizowanym okresie sięga od 64-69 dni w 1990 r. do 145-151 dni w 1996 r. (rys. 14). Liczba dni o takich warunkach termicznych wykazuje tendencję spadkową o blisko 5 dni/dekadę.

Rys.14. Dni przymrozkowe ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), Olsztyn i Prabuty

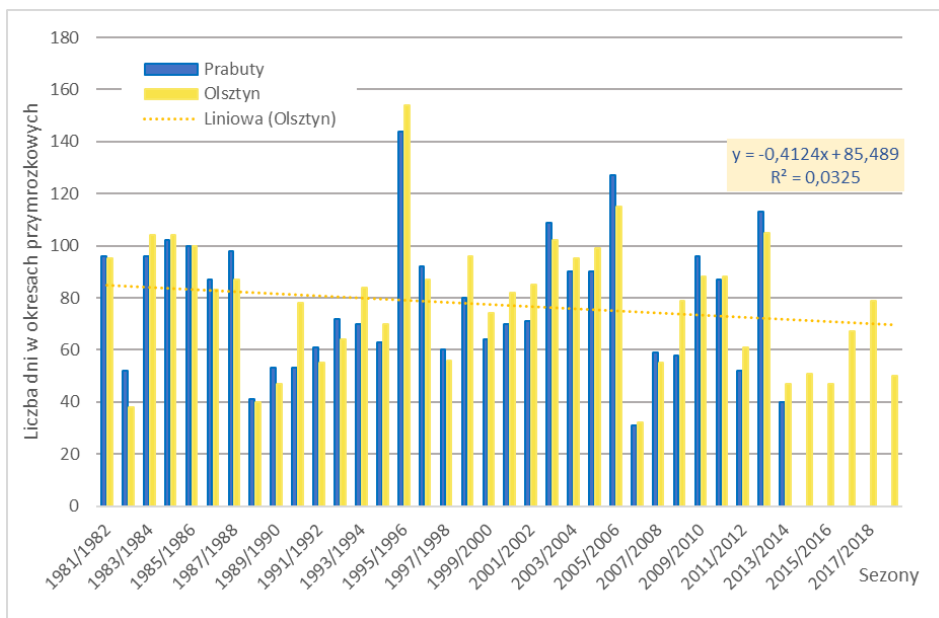
Okresy przymrozkowe, definiowane jako okresy z dobową temperaturą minimalną poniżej 0°C utrzymującą się przez co najmniej 5 dni, występują średnio 5 razy w roku w analizowanych wieloleciach (rys. 15). Największe natężenie tego zjawiska odnotowano w sezonie 1994/1995

i 2003/2004 (9 okresów), najmniejszą liczbę okresów przymrozkowych natomiast w sezonie 1982/1983 i 1986/1987(2 okresy). Następuje niewielki spadek liczby okresów przymrozkowych (około 0,3 okresu/dekadę).



Rys.15. Okresy przymrozkowe, Olsztyn i Prabuty

Liczba dni w okresach przymrozkowych w poszczególnych latach wielolecia waha się od 31-32 dni w sezonie 2006/2007 do 144-154 dni w sezonie 1995/1996 (rys. 16). Najdłuższe okresy przymrozkowe odnotowano w sezonie 1995/1996 (82 dni) i w sezonie 2009/2010 (60 dni). Liczba dni w okresach przymrozkowych wykazuje tendencję spadkową, średnio 4 dni/dekadę.

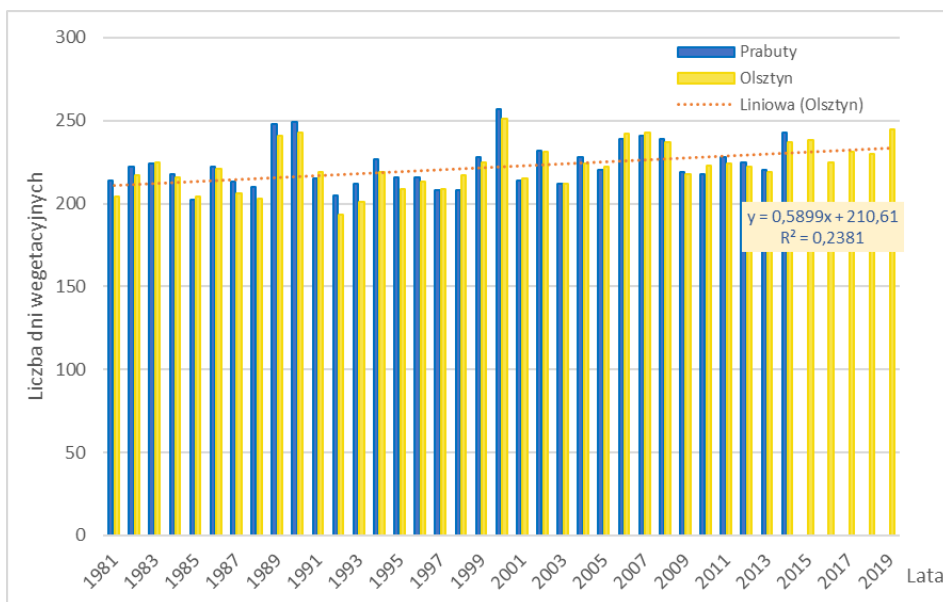


Rys.16. Liczba dni w okresach przymrozkowych, Olsztyn i Prabuty

Dni wegetacyjne

Liczba dni wegetacyjnych, definiowanych jako dni ze średniodobową temperaturą powietrza przekraczającą 5°C, wynosi średnio 223 w roku, wahania w poszczególnych latach okresu 1981-2019

sięgają od 193 (1992 r.) do 251-257 dni (2000 r.) (rys. 17). Liczba dni wegetacyjnych wykazuje w analizowanym wieloleciu silny trend wzrostowy, o około 6 dni/dekadę.

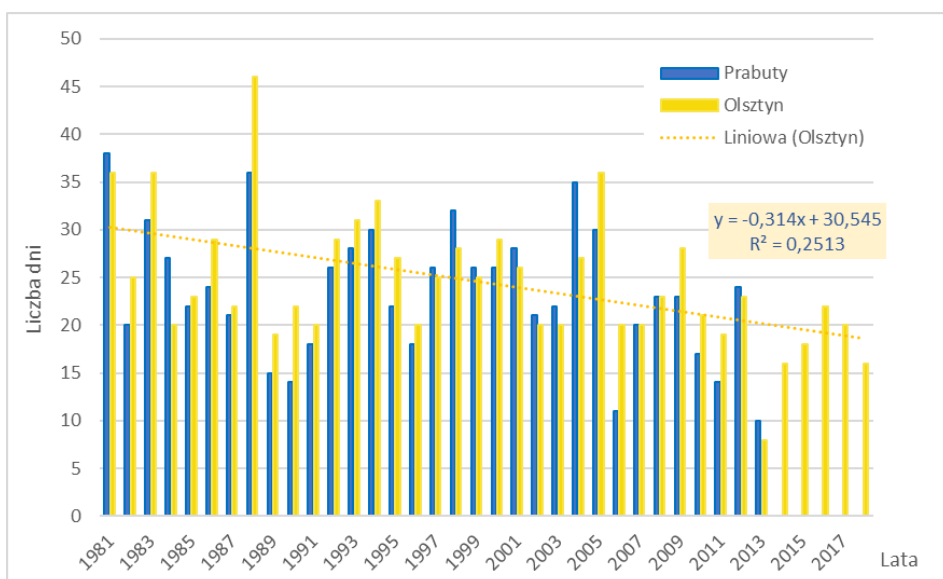


Rys.17. Dni wegetacyjne, Olsztyn i Prabuty

1.3 Warunki termiczno-opadowe

Dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do $+2,5^{\circ}\text{C}$ i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych

Liczba dni charakteryzujących się występowaniem opadu powyżej 1 mm i średniodobową temperaturą powietrza osiągnącą wartość w przedziale od -5°C do $+2,5^{\circ}\text{C}$, wynosi średnio 23 w roku. Takie warunki termiczno-opadowe cechuje duże zróżnicowanie w analizowanym wieloleciu, od 8 dni w 2013 r. do 46 dni w 1988 r. (rys. 18). Liczba takich charakterystycznych pogodowo dni wykazuje silną tendencję spadkową, średnio 3 dni/dekadę.



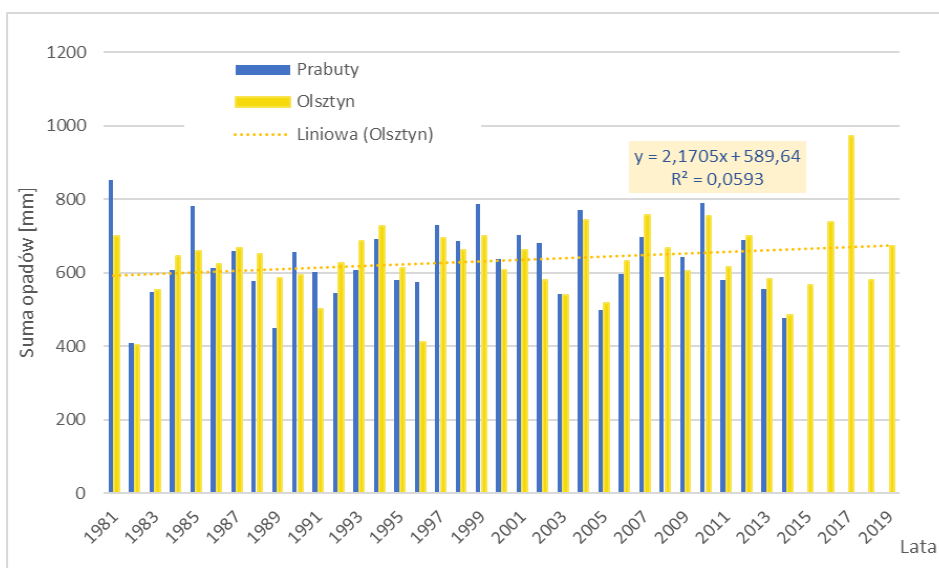
Rys.18. Dni z temperaturą od -5°C do $+2,5^{\circ}\text{C}$ i opadem, Olsztyn i Prabuty

1.4 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

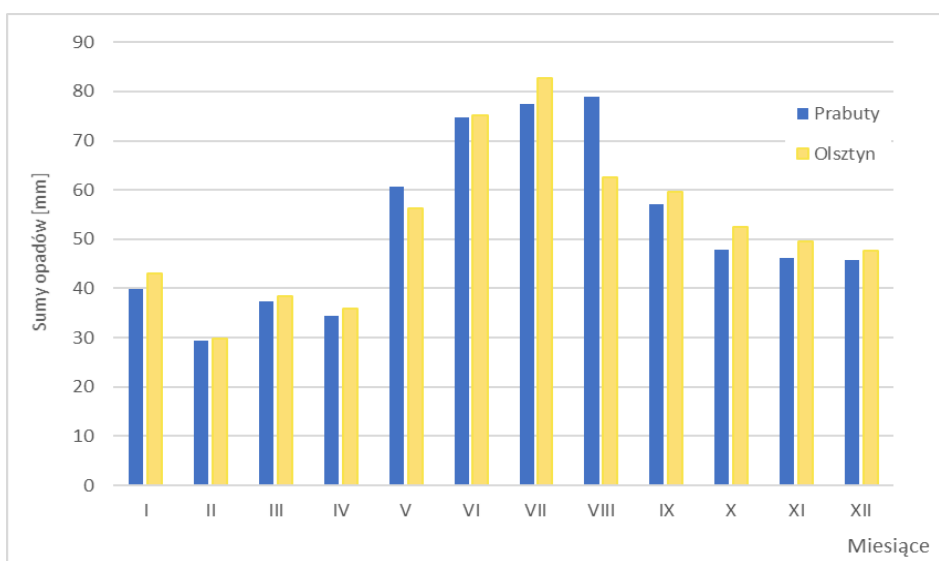
Charakterystyka warunków pluwialnych Ławy obejmuje przebieg wieloletnich i rocznych opadów atmosferycznych oraz zmienność liczby dni z opadem w określonych przedziałach. Analizy dotyczą danych pomiarowych ze stacji Olsztyn i Prabuty oraz stacji Dziarny. Dane ze stacji Dziarny pomimo znacznych braków w obserwacjach zostały włączone w badania ze względu na lokalizację stacji w najbliższym otoczeniu Ławy, dane te należy jednak traktować jedynie pogładowo.

Sumy roczne i miesięczne opadów

Opady atmosferyczne w ciągu roku osiągają przeciętnie wartość około 630 mm. W analizowanym wieloleciu występuje duże zróżnicowanie rocznych sum opadów (rys. 19) od 403 mm i 410 mm w 1992 r., odpowiednio w Prabutach i Olsztynie, do 852 mm w 1981 r. w Prabutach i 973 mm w 2017 r. w Olsztynie. Analiza rocznych sum opadów w Olsztynie wskazuje na słabą tendencję wzrostową, średnio o 22 mm/dekadę.



Rys.19. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów atmosferycznych, Olsztyn i Prabuty

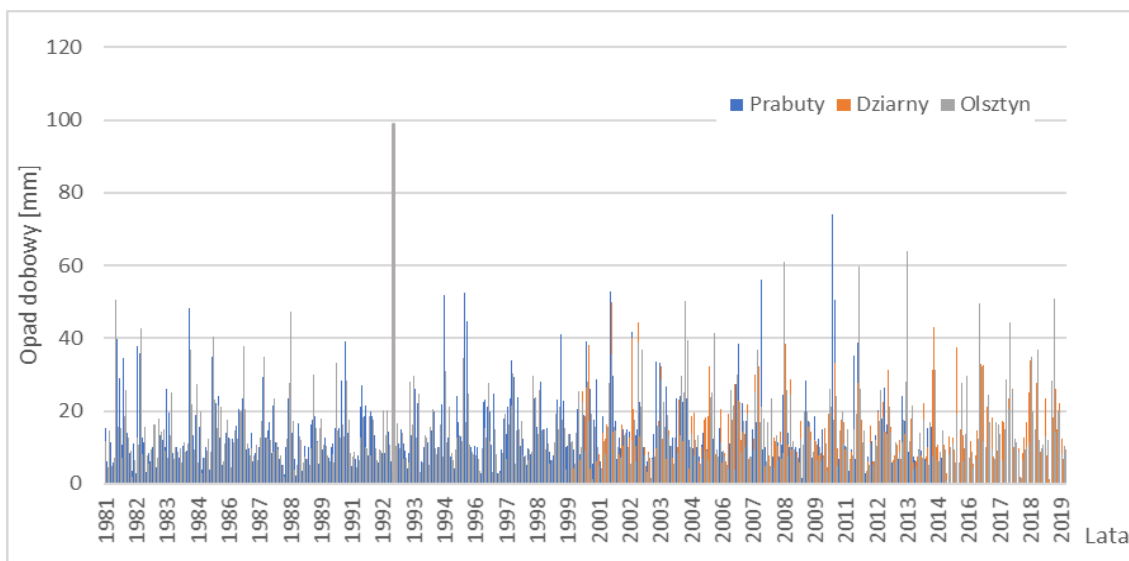


Rys.20. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych, Olsztyn i Prabuty

W przebiegu rocznym średnie wieloletnie maksimum opadów wystąpiło w lipcu (83,0 mm w Olsztynie) i sierpniu (79,0 mm w Prabutach), minimum natomiast w lutym – 29,0 mm w Prabutach i 30,0 mm w Olsztynie (rys. 20).

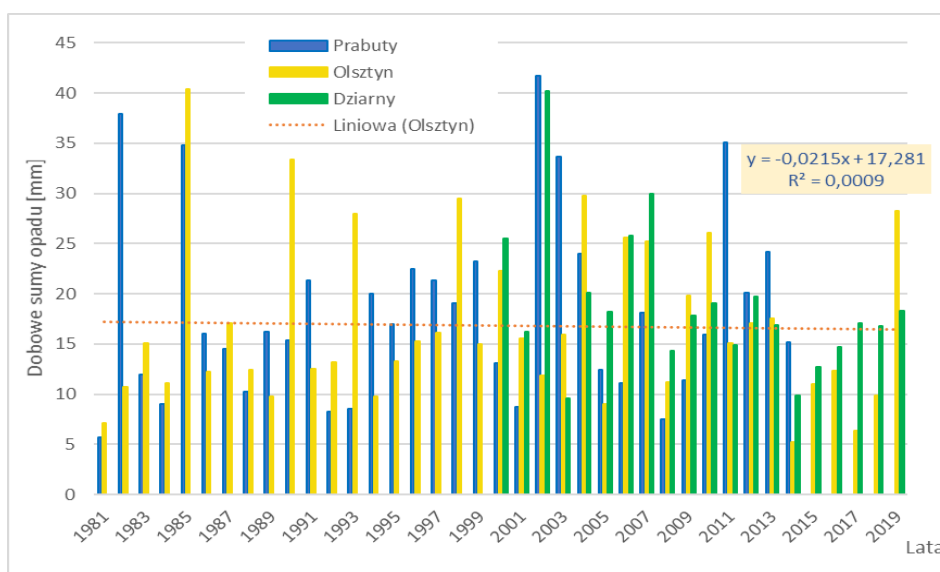
Maksymalne dobowe opady w miesiącu

W przebiegu wieloletnim maksymalnych opadów dobowych (rys. 21) najwyższe wartości wystąpiły we wrześniu 1998 r. (98,9 mm na stacji Olsztyn), lipcu 2010 r. (74,1 mm na stacji Prabuty) i lipcu 2013 r. (56,6 mm na stacji Dziarny). Najniższe dobowe sumy opadów w wieloleciu zaobserwowano w październiku 1993 r. (1,4 mm na stacji Prabuty), lutym 2015 r. (1 mm na stacji Olsztyn), październiku 2010 r. (0,6 mm na stacji Dziarny).

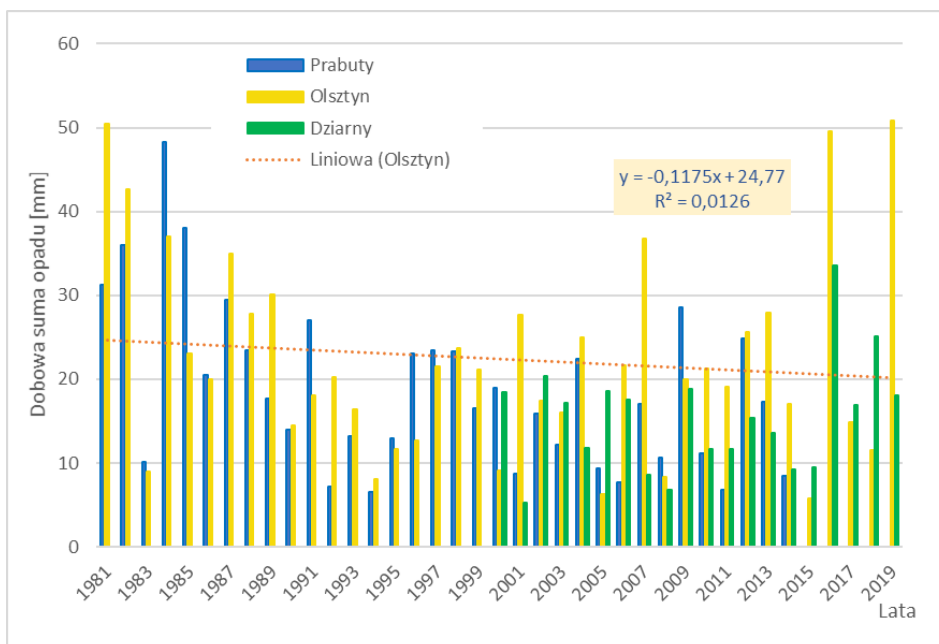


Rys.21. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w miesiącu, Olsztyn, Prabuty, Dziarny

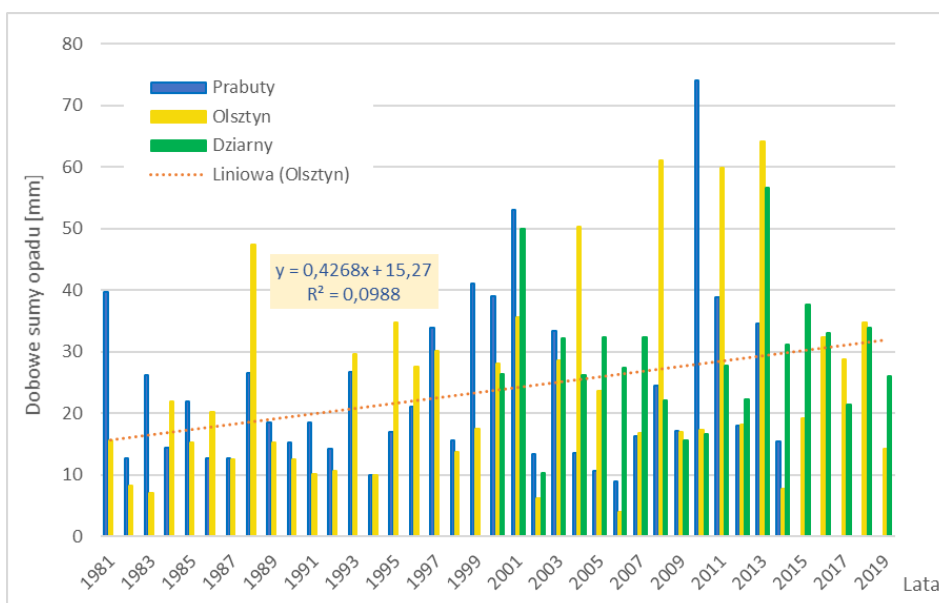
Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów w miesiącach letnich wykazuje tendencję wzrostową w lipcu (o 4 mm/dekadę) i sierpniu (1,6 mm/dekadę), natomiast w maju i czerwcu zaznacza się spadek maksymalnej sumy dobowej opadów (rys. 22, rys. 23, rys. 24 i rys. 25).



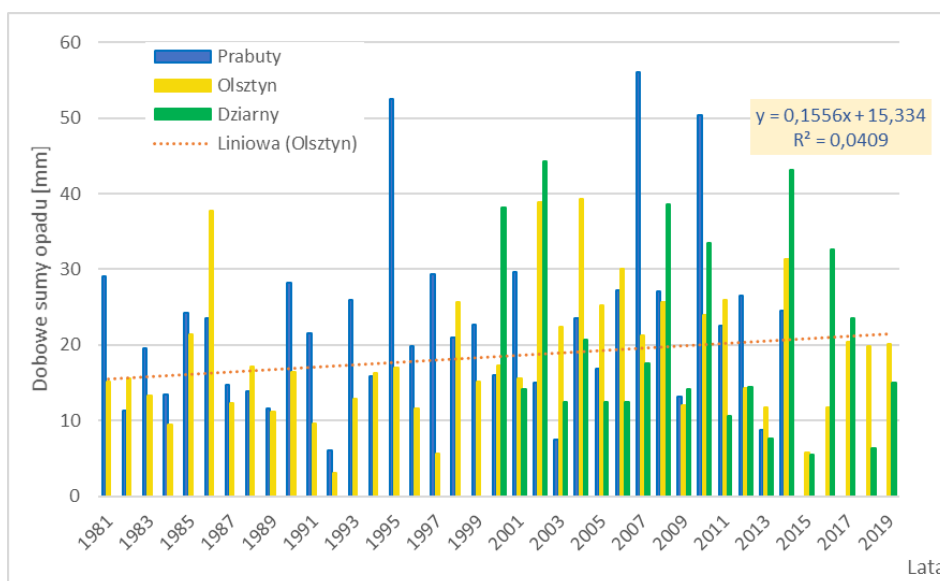
Rys.22. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w maju, Olsztyn, Prabuty, Dziarny



Rys.23. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w czerwcu, Olsztyn, Prabuty, Dziarny



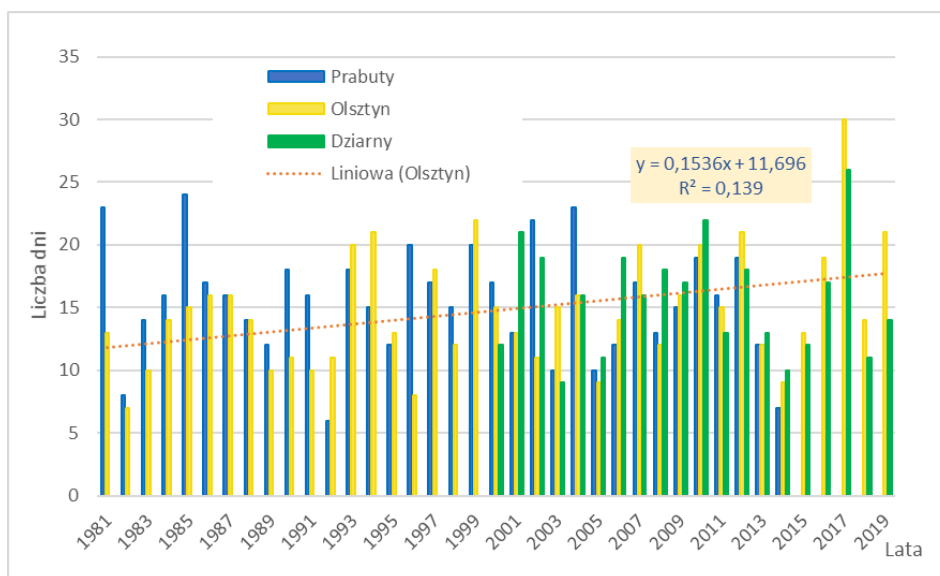
Rys.24. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w lipcu, Olsztyn, Prabuty, Dziarny



Rys.25. Przebieg wieloletni maksymalnych dobowych opadów atmosferycznych w sierpniu, Olsztyn, Prabuty, Dziarny

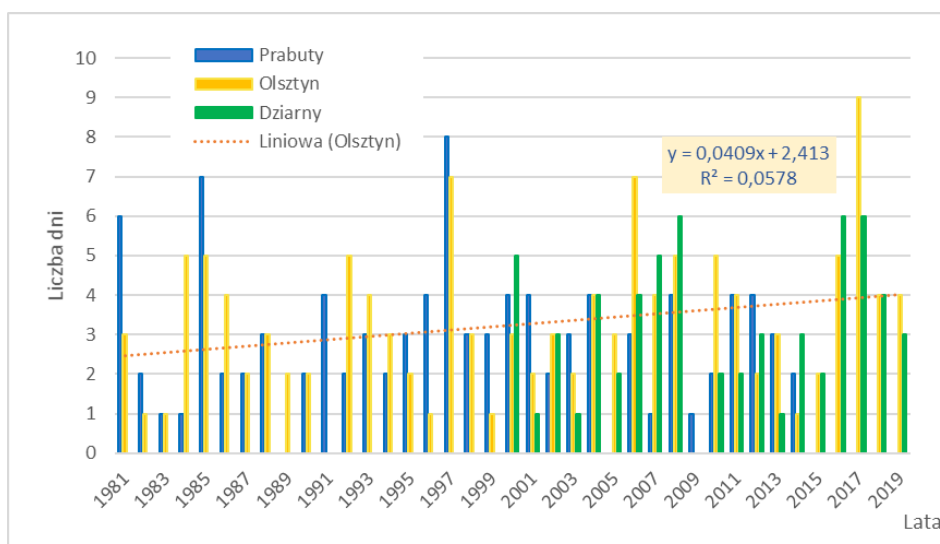
Dobowe opady o dużym natężeniu

Dobowe opady większe lub równe 10 mm występują przeciętnie od 15 do 16 dni w roku (rys. 26). W przebiegu wieloletnim liczba dni z opadem równym lub większym niż 10 mm waha się od 6 (Prabuty w 1992 r.), 7 (Olsztyn w 1982 r.) i 9 (Dziarny w 2003 r.) do 24 (Prabuty w 1985 r.), 26 dni (Dziarny w 2017 r.) i 30 dni (Olsztyn w 2017 r.). Liczba dni z takim opadem wykazuje trend wzrostowy o 1,5 dnia/dekadę



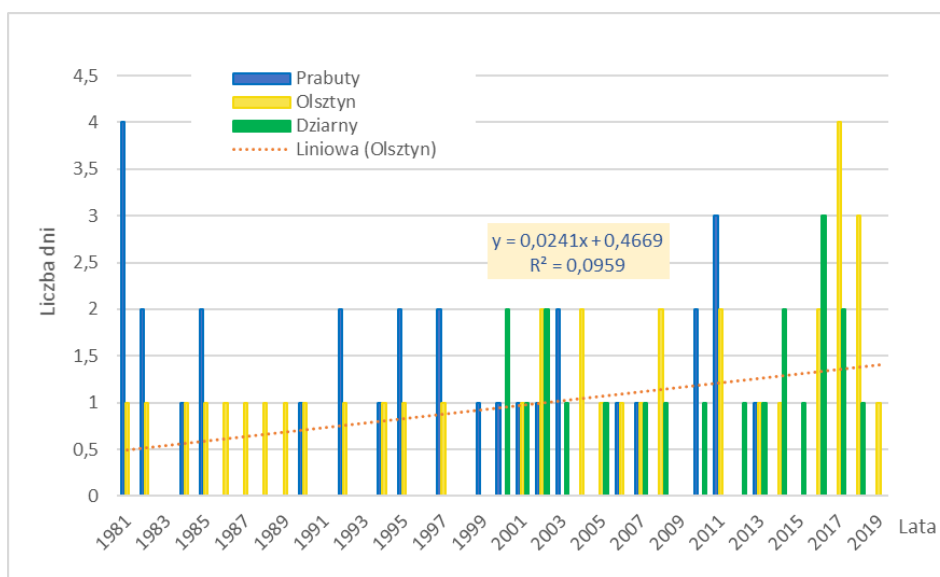
Rys.26. Liczba dni z opadem większym bądź równym 10 mm, Olsztyn, Prabuty, Dziarny

W ciągu roku odnotowuje się przeciętnie 3 dni z opadem większym niż 20 mm. Liczba dni cechujących się takim opadem dobowym zmienia się od 1 do 6 (Dziarny w latach 2008, 2016 i 2017), 8 (Prabuty w 1997 r.) lub 9 (Olsztyn w 2017 r.). W badanym wieloleciu w kilku latach nie zarejestrowano opadów dobowych przekraczających 20 mm. Analiza przebiegu liczby dni z opadem większym niż 20 mm w latach 1981-2019 wykazuje wzrost liczby dni z takim opadem o 0,4 dnia/dekadę.



Rys.27. Liczba dni z opadem większym niż 20 mm, Olsztyn, Prabuty, Dziarny

Opady dobowe większe niż 30 mm obserwuje się stosunkowo rzadko, na co wskazuje liczba dni z takim opadem w analizowanym wieloleciu (rys. 28), tj. brak takich przypadków w 13-15 latach, po jednym w 10-20 latach, po dwa w 5-7 latach, trzy i cztery przypadki w jednym roku badanego okresu. Nieznacznie zwiększa się liczba dni z opadem przekraczającym 30 mm, średnio o 0,2 dnia/dekadę.

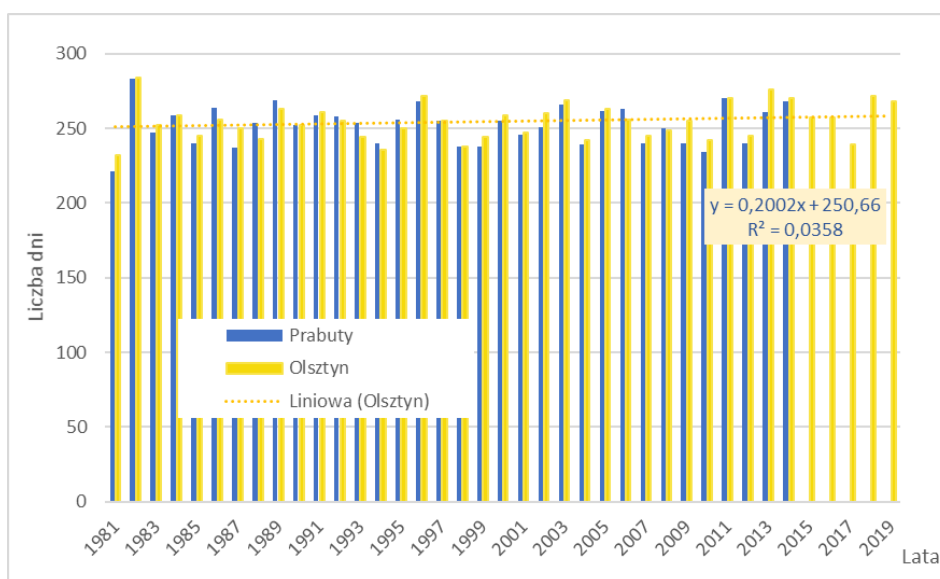


Rys.28. Liczba dni z opadem większym niż 30 mm, Olsztyn, Prabuty i Dziarny

Długotrwałe okresy bezopadowe

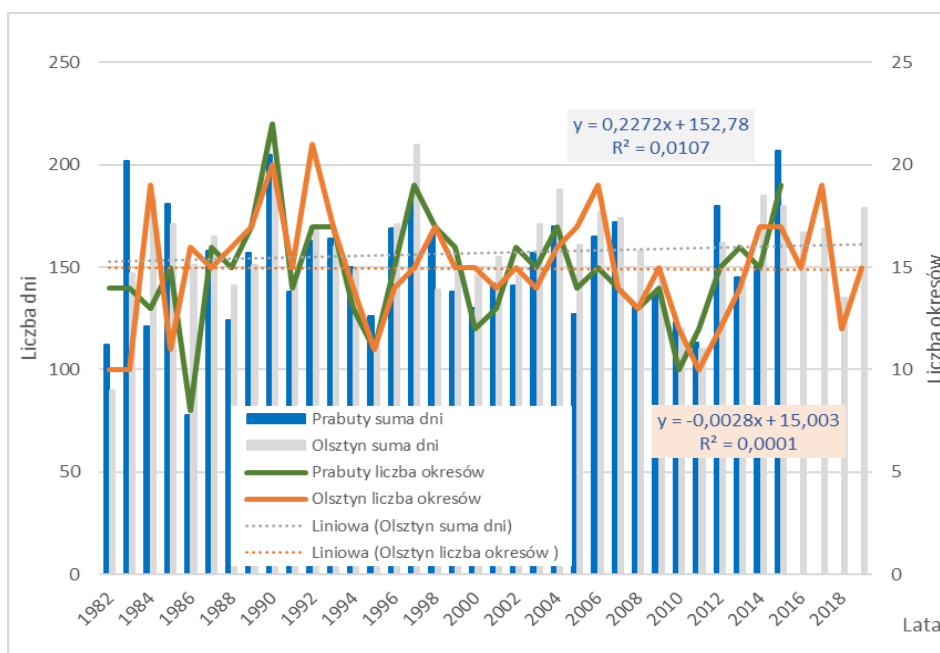
Liczba dni bez opadu (opad < 1 mm) cechuje niewielka zmienność, od 221-232 dni (1981 r.) do 283-284 dni (1982 r.), przeciętnie w wieloleciu wynosi około 253 dni. Liczba dni bez opadu wykazuje tendencję wzrostową o 2 dni/dekadę.

Okresy bezopadowe, definiowane jako okresy bez opadu trwające ponad 5 dni, występowały w badanym wieloleciu przeciętnie 15 razy w roku (rys. 30). Najczęściej, 22-21 okresy bezopadowe, wystąpiły w 1990 r. (Prabuty) i 1992 r. (Olsztyn), najmniejsza ich liczba (8 i 10 okresów bezopadowych) została odnotowana w 1986 r. (Prabuty) i w latach 1982, 1983 i 2011 (Olsztyn). Występowanie w roku okresów bezopadowych dłuższych od 5 dni cechuje nieznaczna tendencja wzrostowa.



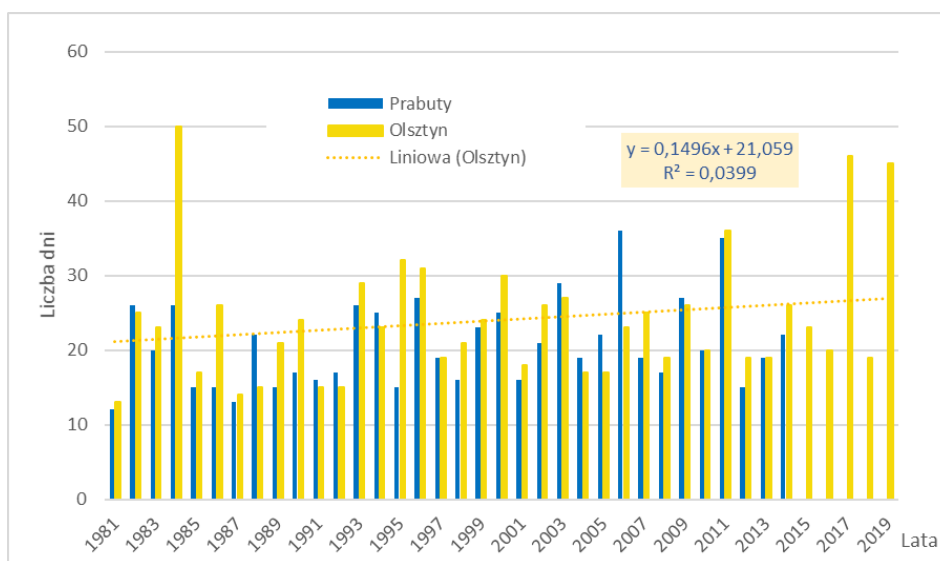
Rys.29. Liczba dni bez opadu, Olsztyn i Prabuty

Liczba dni w okresach bezopadowych zmieniła się badanym wieloleciu z 78 (Prabuty w 1985 r.) i 90 (Olsztyn w 1981 r.) do 207 (Prabuty w 2014 r.) i 210 (Olsztyn w 1996 r.). Sumaryczna długość w roku okresów bezopadowych zwiększa się średnio o 2 dni/dekadę.



Rys.30. Okresy bez opadu, Olsztyn i Prabuty

Najdłuższy okres bez opadu, trwający 50 dni, wystąpił w 1984 r. (Olsztyn), najkrótszy (12-13 dni) w 1981 r. Analiza czasu trwania najdłuższych okresów bezopadowe wykazuje słabą tendencję wzrostową, średnio 1,5 dnia/dekadę.

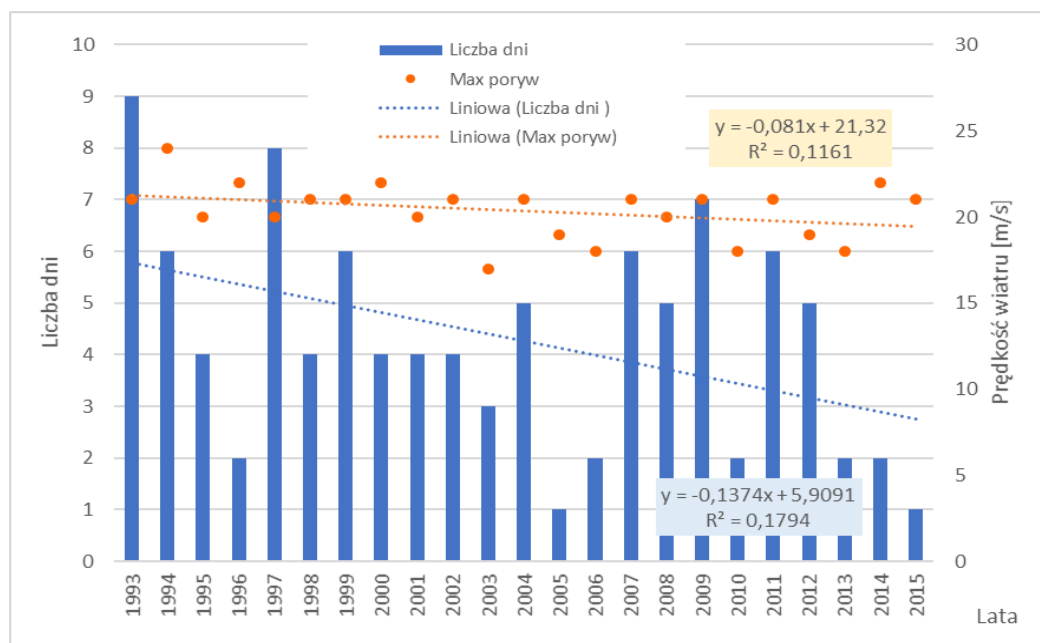


Rys.31. Najdłuższe okresy bezopadowe w wieloleciu 1981-2019, Olsztyn i Prabuty

1.5 Warunki anemometryczne miasta

Silny i bardzo silny wiatr

Bardzo silny wiatr, w porywach przekraczający prędkość 17 m/s, występuje średnio 4 dni w roku w latach 1993-2015 (rys. 32). Największą intensywność tego zjawiska obserwowano w 1993 r. (9 dni), najmniejszą w 2015 r. (1 dzień). W analizowanym wieloleciu (1993-2015) zmniejszyła się liczba dni z porywami wiatru o takiej sile, średnio o 1,3 dnia/dekadę.

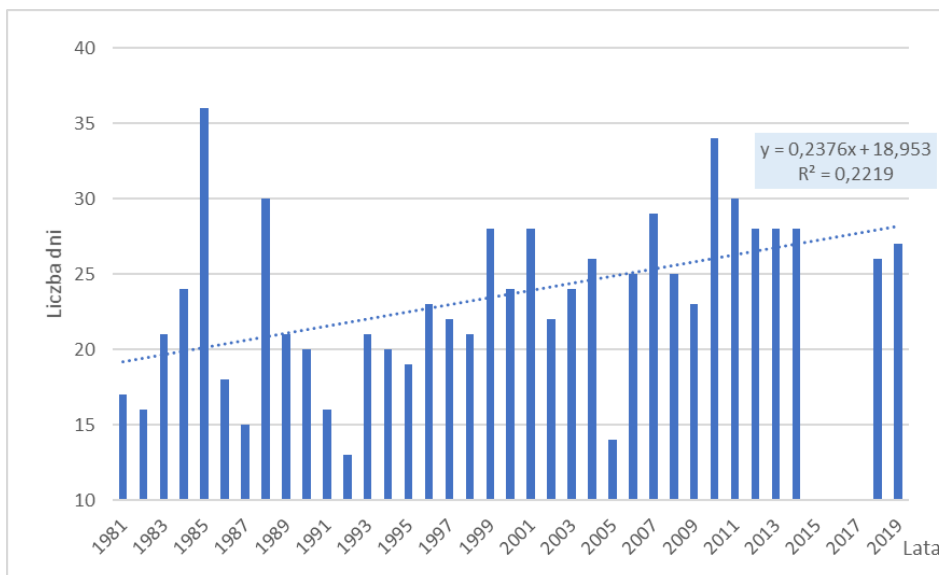


Rys.32. Liczba dni z porywem wiatru przekraczającym 17 m/s i maksymalna prędkość wiatru w wieloleciu 1993-2015, Olsztyn

Maksymalna prędkość wiatru w latach 1993-2015 (rys. 33) wykazuje słabą tendencję spadkową (0,8 m/s/dekadę). Najwyższe prędkości wiatru dochodzą do 22 m/s (1994 r.). Najśłabsze porywy wiatru odnotowano w 2003 r.(17m/s).

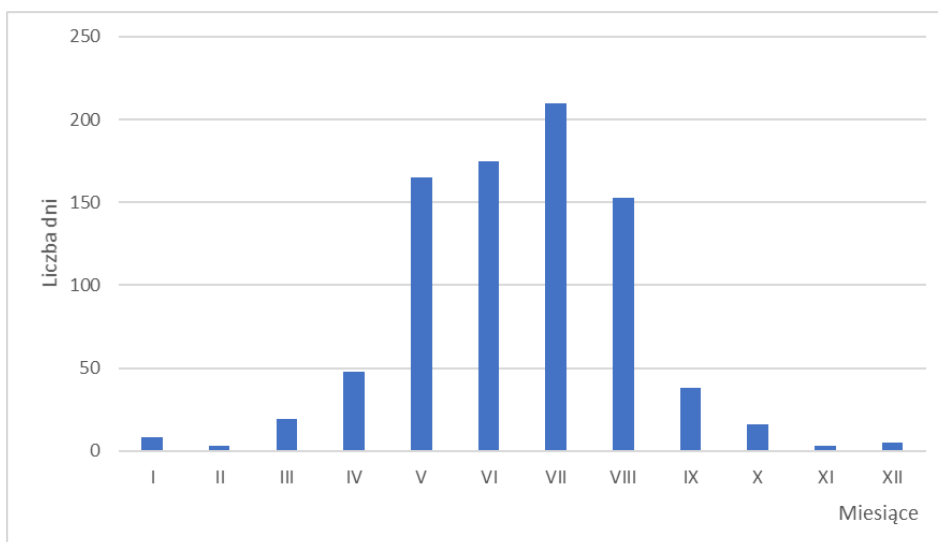
Burze

Liczba dni z burzą stopniowo zwiększa się w wieloleciu 1981-2019, średnio o około 2,3 dni/dekadę (rys. 33). Najintensywniejszy pod względem występowania burz był 1985 r. (36 dni), natomiast najmniej zjawisk o takim charakterze było 1992 r. (13 dni).



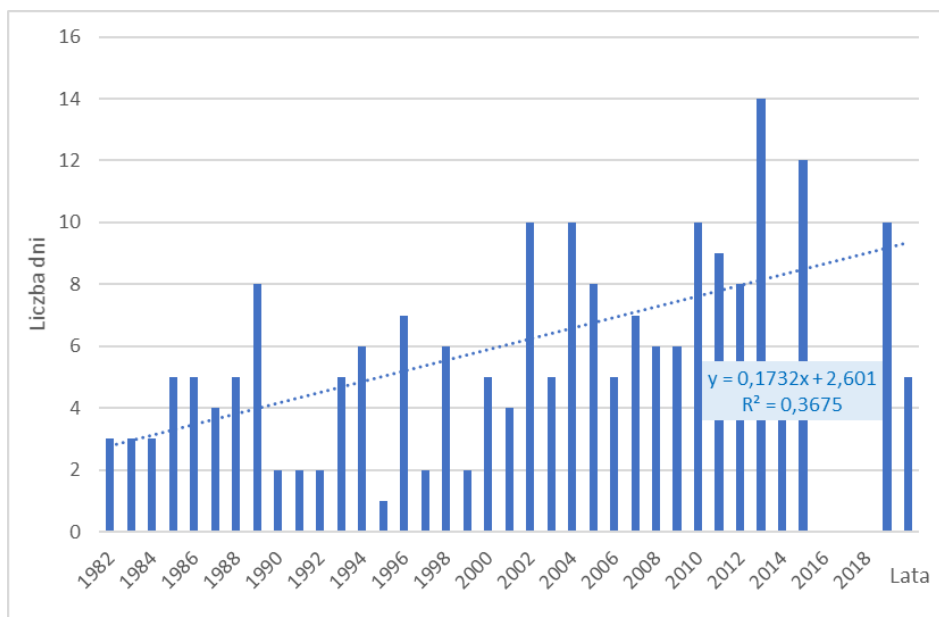
Rys.33. Liczba dni z burzą, Olsztyn

Wieloletni przebieg roczny liczby dni z burzą cechuje wzrost liczby zjawisk w okresie wiosenno-letnim (maj-sierpień), z maksimum przypadającym w miesiącu lipcu (rys. 34).



Rys.34. Wieloletni przebieg roczny dni z burzą w latach 1981-2019, Olsztyn

Wieloletni przebieg liczby dni burzą w miesiącu lipcu, charakteryzującym się największą intensywnością zjawisk burzowych, wykazuje tendencję zwiększania liczby dni z burzą w tempie około 1,7 dnia na dekadę.



Rys.35. Liczba dni z burzą w miesiącu lipcu, Olsztyn

2 Analiza częstotliwości występowania i przebiegu niżówek

2.1 Uwagi metodyczne

Niżówki, obok wezbrań, stanowią jeden z najważniejszych wyróżników ustroju hydrologicznego rzeki. Są przejawem sezonowości przepływu (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. Jednocześnie, jako zjawiska ekstremalne, są przedmiotem badań w aspekcie zmian klimatu (Kundzewicz, 2008, za Kaznowska i in., 2015).

Niemal cały obszar miasta Ława leży w granicach zlewni rz. Ławki zamkniętej profilem Dziarny. W celu oceny częstotliwości i przebiegu niżówek na tym terenie wykorzystano dane pomiarowo-obszernicze z lat hydrologicznych 1981-2019.

Nie istnieje jedna uniwersalna definicja pojęcia niżówka. Brak jest uzgodnionych metod analizy niżówek (Węglarczyk, 2014). Generalnie identyfikuje się ją z okresem niskich przepływów spowodowanym ograniczonym zasilaniem rzeki wynikającym z wyczerpywania się zasobów wodnych dorzecza, czyli tzw. suszą hydrologiczną. Przyczyną niskich stanów wody w polskich rzekach jest zmniejszone zasilanie wywołane długotrwałą suszą atmosferyczną w półroczu letnim i utrudnioną infiltracją wody w zamrożone podłoże w półroczu zimowym (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1999). W literaturze funkcjonuje szereg różnych metod określania przepływu granicznego niżówki, czyli przepływu, poniżej którego uznaje się, że występuje niżówka. Powinny być one traktowane równorzędnie, jednak trzeba mieć na uwadze, iż 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 (WNQ). Tak zdefiniowany przepływ graniczny może 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.

Konieczne jest również jednoznaczne określenie minimalnego czasu trwania niżówki, a także zasad agregacji zdarzeń sąsiadujących ze sobą. Także w tym przypadku w literaturze podawane są zróżnicowane kryteria. 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.

2.2 Analiza niżówek

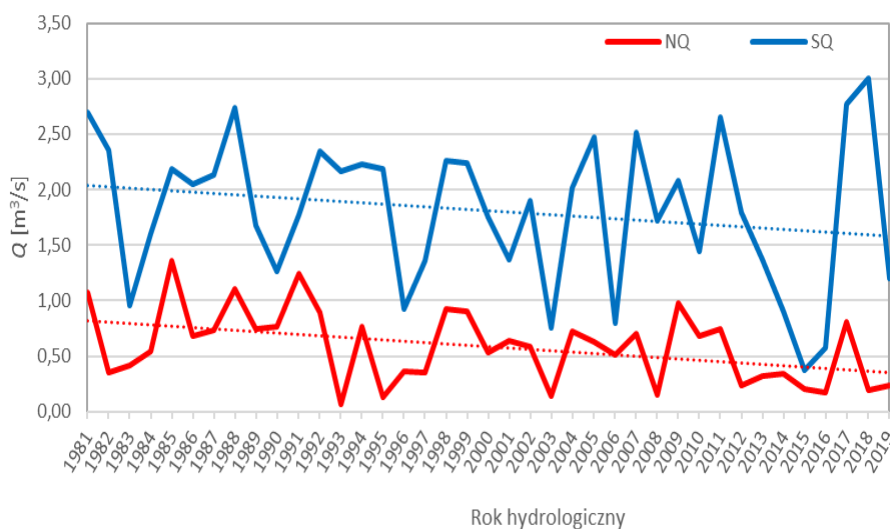
Obliczone zgodnie z powyższym algorytmem przepływy graniczne niżówek dla profilu Dziarny na podstawie obserwacji z lat 1981-2019 wynoszą odpowiednio:

- dla niżówek płytkich: $WNQ = 1,36 \text{ m}^3/\text{s}$;
- dla niżówek głębokich: $SNQ = 0,59 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wśród podstawowych charakterystyk ilościowych niżówek należy wymienić (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1999; Węglarczyk, 2014):

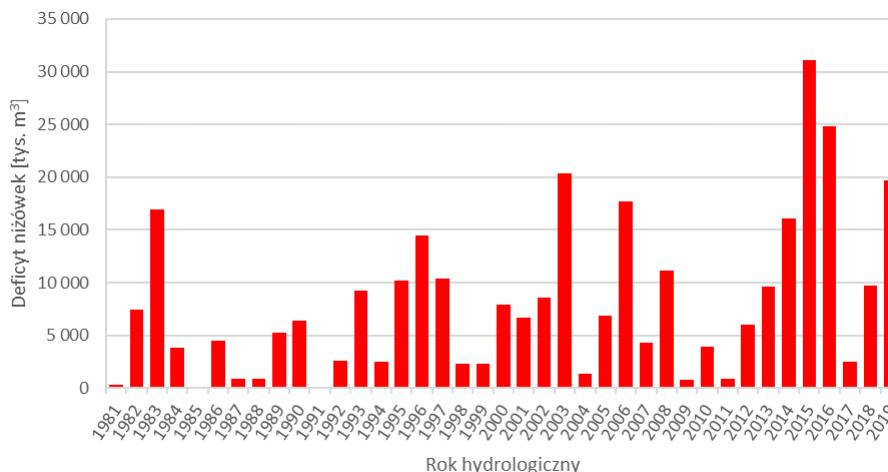
- przepływ ekstremalny niżówki;
- przepływ średni niżówki;
- objętość niżówki, czyli objętość niedoboru wody;
- czas trwania niżówki;
- czas pomiędzy kolejnymi niżówkami.

Dla obu typów analizowanych niżówek zostały one zestawione w poniższej w tabelach (Tab. 5 ,6 i 7 na końcu pod rozdziału). Zgodnie z przyjętą metodyką w charakterystykach dot. płytkich niżówek zawarte są również okresy niżówek głębokich.



Rys.36. Przebieg średnich i minimalnych przepływów rocznych w wieloleciu (rz. Ławka, profil Dziarny)

W analizowanym okresie widoczna jest nieznaczna tendencja malejąca zarówno przepływów niskich, jak i średnich rocznych (rys. 36). Proces ten znajduje swoje odzwierciedlenie w rosnącym deficycie niżówek (rys. 37). Na rz. Ławce występowały one przede wszystkim w półroczu letnim (rys. 38). Przeciętnie w wieloleciu najwięcej z nich wystąpiło w sierpniu (15,2% dni z niżówkami) oraz lipcu (14,0% dni z niżówkami) i we wrześniu (14,1 % dni z niżówkami) (rys. 39). W tych trzech miesiącach odnotowywano najniższe przepływy w całym analizowanym okresie. Najniższy przepływ w wieloleciu wyniósł zaledwie 0,07 m³/s i wystąpił w dniach 29 sierpnia – 1 września 1993 roku podczas czteromiesięcznej niżówki trwającej od połowy maja. Najrzadziej niżówki występowały natomiast w lutym (3,0% dni z niżówkami), kwietniu (3,2% dni z niżówkami) oraz marcu (3,4% dni z niżówkami). Przyczyną niżówek letnich jest susza atmosferyczna i będąca jej konsekwencją susza glebowa. W związku z brakiem zasilania opadami następuje stopniowe wyczerpywanie zasobów retencyjnych zlewni. Tego typu niżówki dominują w nizinnej części Polski. Odmienną genezę mają najczęściej niżówki zimowe. Ich występowanie jest najczęściej związane z długimi okresami ujemnych temperatur powietrza. W takich warunkach następuje zatrzymanie 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. Mogą być piętrzone w wyniku występowania zjawisk lodowych (Fal, 2007).



Rys.37. Zmiany deficytu niżówek w wieloleciu (rz. Ławka, profil Dziarny)

W analizowanym okresie wystąpiło w sumie 60 niżówek, z czego około połowy (31) można uznać za niżówki głębokie. Liczebnie przeważały zdecydowanie niżówki długie trwające powyżej 30 dni. Stanowią one ponad 63% ogółu liczby wydzielonych niżówek. Najdłuższa z niżówek trwała niemal 3 lata (900 dni) – od maja 2014 do listopada 2016. Jej deficyt wyniósł ponad 65 000 tys. m³, a średni przepływ zaledwie 0,5 m³/s. Przez niemal cały 2015 rok (08.01.2015 – 25.12.2015) niżówka ta miała charakter niżówki głębokiej. W analizowanym okresie wystąpiła jeszcze jedna niżówka trwająca ponad rok. Trwała od czerwca 2005 roku do listopada 2006 roku, a jej deficyt wyniósł niemal 25 000 tys. m³. W sumie w okresie 1981-2019 wystąpiło 12 niżówek o deficycie przekraczającym 10 000 tys. m³.

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].

W przypadku analizowanych danych wskaźnik ten wynosi:

- dla niżówek głębokich: 6,6;
- dla niżówek płytkich: 1,2.

W związku z tym można powiedzieć, iż odstępy między niżówkami głębokimi były przeciętnie ponad 6 razy dłuższe od samych epizodów niżówkowych. W przypadku niżówek płytkich wskaźnik ten wynosi zaledwie 1,2, a więc średni czas trwania niżówek i okresów między nimi są do siebie bardzo zbliżone.

Cennych informacji dostarcza również inna charakterystyka – względny deficyt niżówki – obliczany wg wzoru (Tomaszewski, 2015):

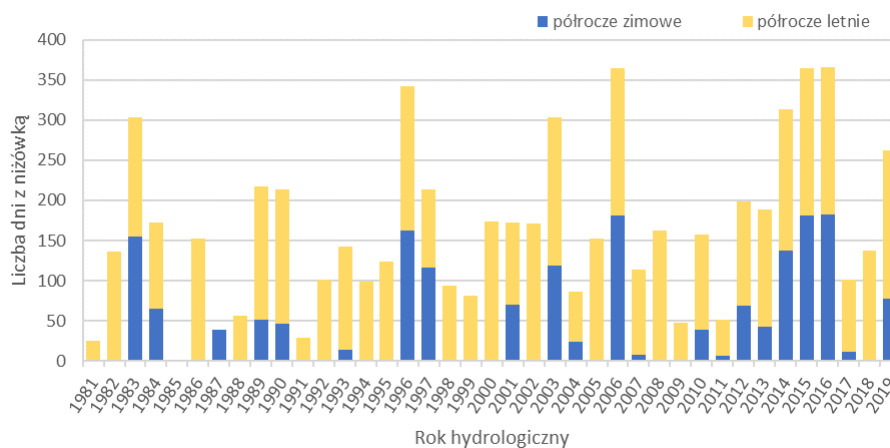
$$DWN = \frac{VN}{Vmax} * 100\%$$

gdzie:

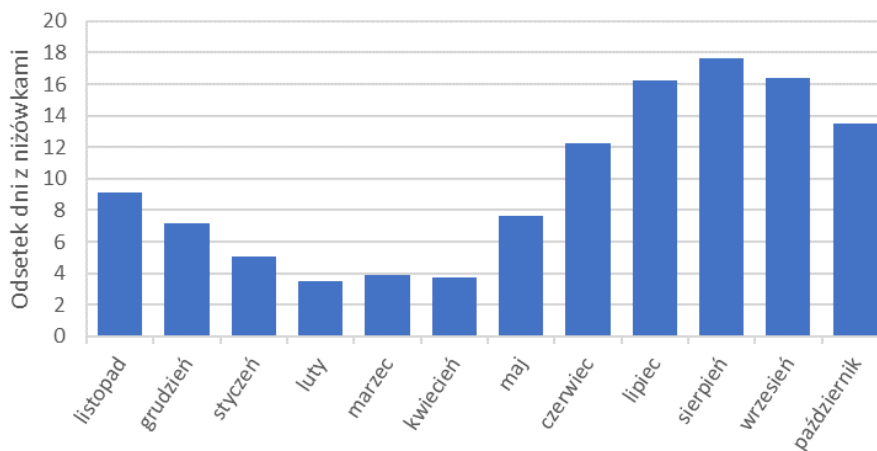
- DWN – deficyt względny odpływu niżówkowego [%],
- VN – objętość niżówki [m³],

V_{max} – objętość maksymalnego możliwego niedoboru odpływu niżówkowego w danym okresie, tzn. takiego, w którym przepływ rzeczny wynosi $0 \text{ m}^3/\text{s}$ [m^3].

Pozwala on na obiektywną ocenę niedoborów wody. Uważany jest za dobry estymator stopnia surowości suszy hydrologicznej, gdyż wskazuje na stopień zdrenowania zasobów wodnych zlewni pozostających w związku hydraulicznym z przepływem niżówkowym. Deficyt względny odpływu ogółu niżówek dla analizowanego zakresu danych waha się od 0,25% do ponad 64% osiągając średnią wartość niecały 25%.

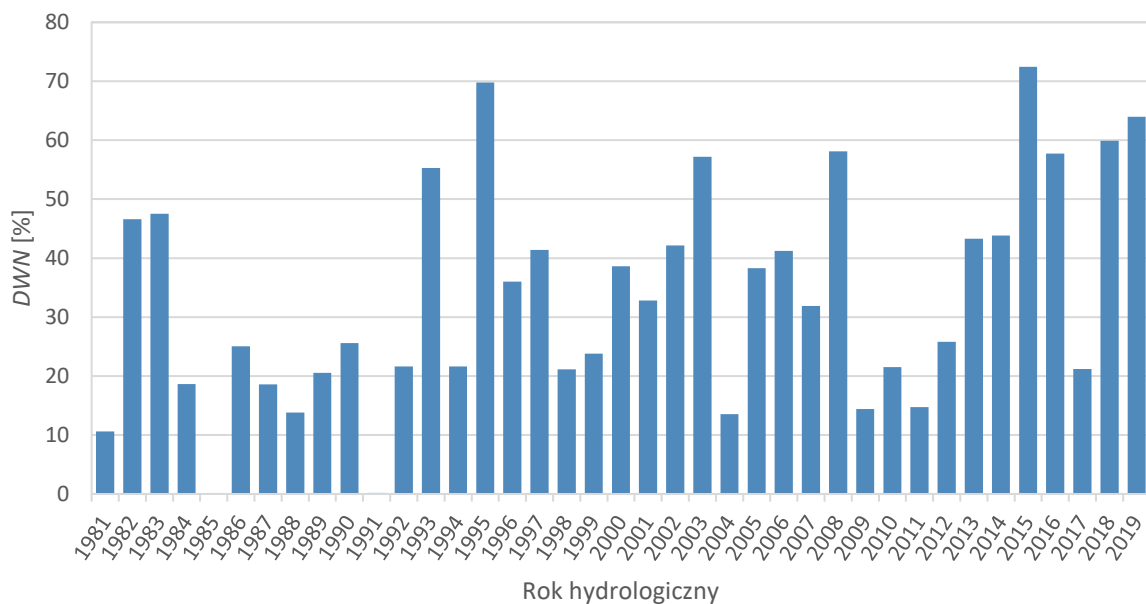


Rys.38. Okresy występowania niżówek (rz. Ławka, profil Dziarny)



Rys.39. Odsetek dni z niżówkami (rz. Ławka, profil Dziarny)

Z punktu widzenia zmian klimatu oraz ich wpływu na kształtowanie się warunków hydrologicznych ważne jest również przeanalizowanie zmian tej charakterystyki w czasie. Z tego też względu przeanalizowano średnie deficyty względne odpływu niżówek występujących w poszczególnych latach hydrologicznych (rys. 40). Mają one tendencję wyraźnie rosnącą.



Rys.40. Względny deficyt niżówek w poszczególnych latach hydrologicznych (rz. Ławka, profil Dziarny)

Tab. 5. Płytkie niżówki w okresie 1981 – 2019 w profilu Dziarny na rz. Ławce

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m ³]	Przepływ minimalny [m ³ /s]	Średni przepływ [m ³ /s]	Liczba dni do kolejnej niżówki
od	do					
22.07.1981	15.08.1981	25	311,04	1,07	1,22	279
22.05.1982	17.06.1982	27	336,10	1,10	1,22	27
15.07.1982	04.04.1983	264	15 660,00	0,35	0,67	62
06.06.1983	04.01.1984	213	11 315,81	0,42	0,75	130
14.05.1984	01.06.1984	19	53,57	1,18	1,33	19
21.06.1984	03.07.1984	13	88,13	1,20	1,28	13
17.07.1984	03.08.1984	18	222,05	1,14	1,22	12
16.08.1984	24.09.1984	40	418,18	1,14	1,24	9
04.10.1984	13.10.1984	10	39,74	1,28	1,31	5
19.10.1984	26.10.1984	8	29,38	1,29	1,32	578
28.05.1986	22.06.1986	26	364,61	0,97	1,20	5
28.06.1986	24.11.1986	150	4 890,24	0,68	0,98	45
09.01.1987	23.01.1987	15	65,66	1,28	1,31	590
05.09.1988	05.12.1988	92	1 154,30	1,10	1,21	129
14.04.1989	15.06.1989	63	1 000,51	1,01	1,18	19
05.07.1989	17.12.1989	166	5 052,67	0,74	1,01	140
07.05.1990	20.10.1990	167	5 387,90	0,77	0,99	298
15.08.1991	23.08.1991	9	2,59	1,34	1,36	28
21.09.1991	27.09.1991	7	9,50	1,33	1,34	260
14.06.1992	23.09.1992	102	2 592,00	0,89	1,07	97
30.12.1992	12.01.1993	14	238,46	1,12	1,16	118
11.05.1993	15.09.1993	128	8 982,14	0,07	0,55	294

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m ³]	Przepływ minimalny [m ³ /s]	Średni przepływ [m ³ /s]	Liczba dni do kolejnej niżówki
od	do					
07.07.1994	13.10.1994	99	2 513,38	0,76	1,07	259
30.06.1995	10.04.1996	286	16 003,87	0,13	0,71	24
05.05.1996	24.02.1997	296	14 574,82	0,47	0,79	135
10.07.1997	15.10.1997	98	4 479,84	0,35	0,83	230
03.06.1998	04.09.1998	94	2 332,80	0,92	1,07	321
23.07.1999	12.10.1999	82	2 294,78	0,90	1,04	211
11.05.2000	09.01.2001	244	11 447,14	0,53	0,82	132
22.05.2001	23.07.2001	63	1 785,89	0,84	1,03	17
10.08.2001	17.09.2001	39	1 297,73	0,77	0,97	234
10.05.2002	27.10.2002	171	8 465,47	0,58	0,79	39
06.12.2002	26.01.2003	52	2 661,98	0,51	0,77	16
12.02.2003	05.03.2003	22	77,76	1,28	1,32	11
17.03.2003	24.11.2003	253	18 532,80	0,14	0,51	263
14.08.2004	15.10.2004	63	480,38	1,16	1,27	229
02.06.2005	08.11.2006	525	24 708,67	0,51	0,82	183
11.05.2007	24.08.2007	106	4 094,50	0,70	0,91	271
22.05.2008	31.10.2008	163	11 134,37	0,15	0,57	214
03.06.2009	09.06.2009	7	63,94	1,20	1,25	84
02.09.2009	12.10.2009	41	749,09	0,98	1,15	32
14.11.2009	26.11.2009	13	159,84	1,02	1,22	101
08.03.2010	21.03.2010	14	236,74	1,05	1,16	28
19.04.2010	18.05.2010	30	388,80	1,05	1,21	52
10.07.2010	21.09.2010	74	2 727,65	0,68	0,93	14
06.10.2010	07.11.2010	33	566,78	1,08	1,16	215
11.06.2011	14.07.2011	34	774,14	0,74	1,10	69
22.09.2011	02.10.2011	11	15,55	1,31	1,34	30
02.11.2011	15.11.2011	14	61,34	1,22	1,31	3
19.11.2011	02.01.2012	45	272,16	1,16	1,29	45
17.02.2012	26.02.2012	10	134,78	0,89	1,20	118
24.06.2012	06.12.2012	166	5 962,46	0,23	0,94	138
24.04.2013	06.05.2013	13	11,23	1,25	1,35	38
14.06.2013	18.01.2014	219	13 435,20	0,32	0,65	40
28.02.2014	25.03.2014	26	571,97	0,90	1,11	4
30.03.2014	18.05.2014	50	718,85	0,99	1,19	8
27.05.2014	11.11.2016	900	66 715,49	0,17	0,50	205
05.06.2017	02.09.2017	90	2 297,38	0,81	1,06	286
16.06.2018	09.01.2019	208	14 953,25	0,19	0,53	103
23.04.2019	31.10.2019	192	14 446,94	0,24	0,49	-

Tab. 6. Głębokie niżówki w okresie 1981 – 2019 w profilu Dziarny na rz. ławce

Okres		Czas trwania [dni]	Deficyt niżówki [tys. m3]	Przepływ minimalny [m3/s]	Średni przepływ [m3/s]	Liczba dni do kolejnej niżówki
od	do					
29.08.1982	22.11.1982	86	1 127,81	0,35	0,43	16
09.12.1982	17.01.1983	40	159,55	0,47	0,54	10
28.01.1983	03.02.1983	7	22,18	0,55	0,55	219
11.09.1983	15.11.1983	66	408,67	0,42	0,00	3 512
28.06.1993	05.09.1993	70	2 167,49	0,07	0,23	689
27.07.1995	06.12.1995	133	3 150,72	0,13	0,31	208
02.07.1996	08.07.1996	7	17,86	0,54	0,56	14
23.07.1996	03.08.1996	12	22,46	0,50	0,57	13
17.08.1996	07.09.1996	22	108,58	0,47	0,53	358
01.09.1997	23.09.1997	23	226,66	0,35	0,47	993
13.06.2000	22.06.2000	10	33,41	0,53	0,55	828
29.09.2002	10.10.2002	12	6,91	0,58	0,58	78
28.12.2002	15.01.2003	19	120,67	0,51	0,51	132
28.05.2003	31.10.2003	157	4 419,07	0,14	0,26	734
04.11.2005	13.11.2005	10	55,87	0,51	0,52	230
02.07.2006	11.07.2006	10	26,50	0,52	0,56	6
18.07.2006	30.07.2006	13	13,54	0,55	0,57	676
06.06.2008	21.08.2008	77	2 041,06	0,15	0,28	1 482
12.09.2012	20.10.2012	39	838,94	0,23	0,34	276
24.07.2013	13.09.2013	52	473,18	0,33	0,48	10
24.09.2013	06.11.2013	44	432,29	0,32	0,47	271
05.08.2014	27.12.2014	145	2 192,54	0,2	0,41	11
08.01.2015	25.12.2015	352	6 508,22	0,17	0,37	6
01.01.2016	02.02.2016	33	451,01	0,29	0,43	65
08.04.2016	16.04.2016	9	36,29	0,54	0,54	18
05.05.2016	18.05.2016	14	42,62	0,54	0,55	55
13.07.2016	17.08.2016	36	349,92	0,4	0,47	33
20.09.2016	23.10.2016	34	241,63	0,46	0,50	659
14.08.2018	27.12.2018	136	2 329,92	0,19	0,39	128
05.05.2019	04.07.2019	61	855,94	0,24	0,42	14
19.07.2019	17.10.2019	91	1 557,50	0,3	0,39	-

Tab. 7. Liczba niżówek o różnym czasie trwania (rz. Ławka , profil Dziarny)

Rodzaj niżówki	Liczba niżówek				
	Ogółem	do 7-10 dni	11-20 dni	21-30 dni	powyżej 30 dni
Ogółem	60	5	11	6	38
Głębokie	31	6	5	2	18

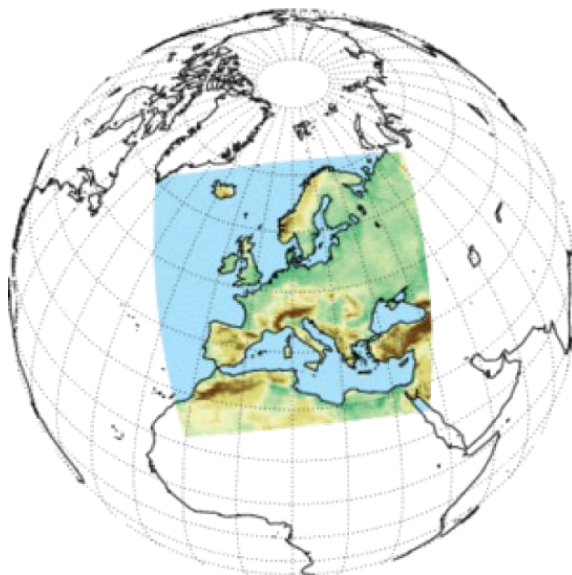
3 Projekcje temperatury i opadu na obszarze miasta Ławy w perspektywie do 2050 roku

3.1 Uwagi metodyczne

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 w rozdzielczości 0.11° (ok. 12,5km).

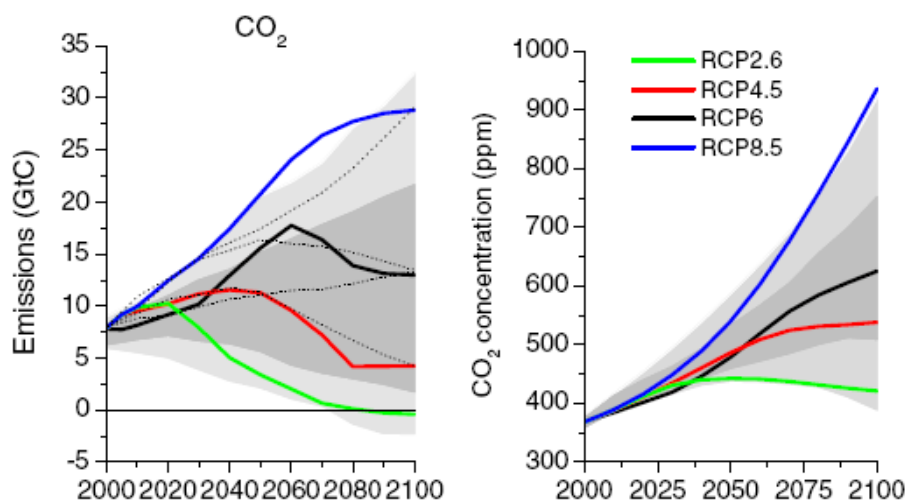


Rys.41. Domena obliczeniowa EuroCORDEX (źródło: <https://euro-cordex.net/>).

Klimat zależy od wielu czynników globalnych, wśród których najistotniejszym jest ilość gazów cieplarnianych w atmosferze. Zgodnie z wynikami analiz IPCC to gazy cieplarniane (głównie dwutlenek węgla) odpowiadają za obserwowany w wielu miejscach na świecie wzrost temperatury. W ostatnim

60-leciu średnie stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wzrosło od 315 do ponad 410 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 społeczno-ekonomicznego, rozważane są różne, uzgodnione międzynarodowo, scenariusze, które co kilka lat podlegają uaktualnieniu.

Analizy zmian temperatury i opadu przeprowadzono dla dwóch scenariuszy rozwoju opisanych akronimami RCP4.5 oraz RCP8.5. Umiarkowany scenariusz RCP4.5 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 540 ppm w r. 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie 4.5 W/m², zaś scenariusz ekstrapolacyjny RCP8.5 odpowiada wzrostowi stężeń CO₂ do 940 ppm w r. 2100 i ciągły wzrost wymuszenia radiacyjnego do poziomu 8.5 W/m².



Rys.42. Różnice projekcji emisji CO₂ (lewy panel) i prognozowanych stężeń CO₂ (prawy panel) pomiędzy różnymi scenariuszami RCP przedstawia. Obszar zaciemniony odpowiada 98 i 90 percentylowi (jasny i ciemny szary) (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]
- temperatura maksymalna dobowa [°C]
- temperatura minimalna dobowa [°C]
- dobowa suma opadu [mm/doba]

Z repozytorium EuroCORDEX pobrano wszystkie dostępne realizacje dla powyższych czterech parametrów. Dla każdego parametru dostępne było kilkanaście realizacji. Pojedyncza unikatowa realizacja jest jednoznacznie określona poprzez połączenie akronimu regionalnego modelu (RCM) wykorzystanym 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.

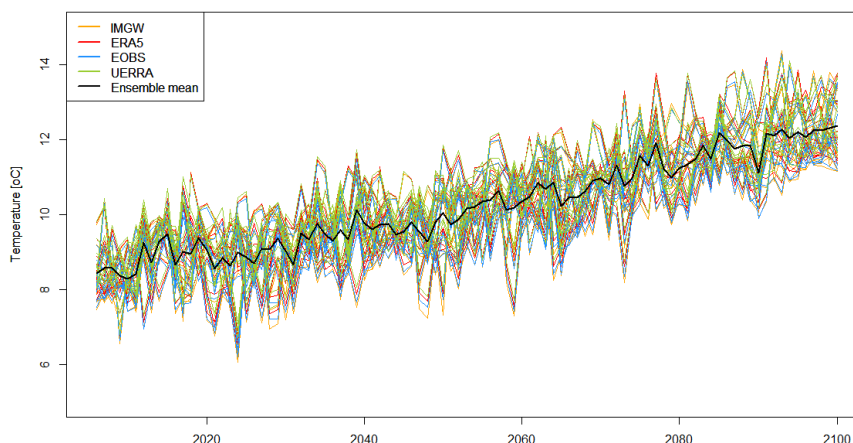
Historyczne dane meteorologiczne¹

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 IMGW, 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 1950-01-01 i jest ciągle aktualizowany. Dane są udostępniane na regularnej siatce o rozdzielczości 0.25°.
- Reanaliza ERA5 - stworzona w oparciu o metodę asymilacji danych 4DVar z CY41R2 systemu Integrated Forecast System (IFS) organizacji ECMWF. ERA5 zawiera dane globalne o rozdzielczości ok. 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 konfiguracji 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.



Rys.43. Finalna projekcja temperatury średniej rocznej na podstawie scenariusza RCP8.5.

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.

¹ Dane opracowane w ramach projektu „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”, realizowanego przez IOŚ-PIB i finansowanego ze środków UE (POIiŚ) przez NFOŚiGW.

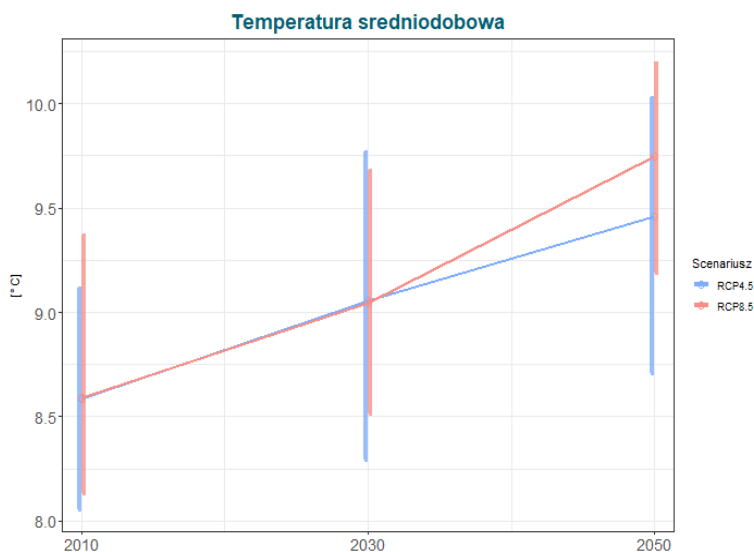
Po wykonaniu statystycznego skalowania powstały niezależne wiązki bazujące na opisanych powyżej różnych zestawach danych obserwacyjnych. Rysunek 43 przedstawia przykładowy przebieg temperatur średnich rocznych prognozowanych przez indywidualne regionalne modele klimatu, po zastosowaniu procedury statystycznego 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.

Prognozowane zmiany temperatury i opadu

Na podstawie czterech podstawowych parametrów (temperatury średniej, temperatury minimalnej, temperatury maksymalnej i wysokości opadu) obliczony został zestaw indeksów klimatycznych (por. Aneks) pozwalających na ocenę zmiany narażenia w mieście Ława ze względu na termiczne i opadowe warunki średnie i ekstremalne. Analiza została wykonana dla dwóch scenariuszy rozwoju: RCP4.5 i RCP8.5. Zmiany w warunkach przyszłego klimatu przedstawione zostały dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) oraz 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055). Dla warunków klimatu bieżącego przeprowadzono obliczenia dla horyzontu 2010, obliczonego jako średnia z lat 2006-2016. Dodatkowo na wykresach został przedstawiony rozrzut wyników jako najwyższa i najniższa spośród wartości rocznych dla każdego dziesięciolecia.

3.2 Warunki termiczne

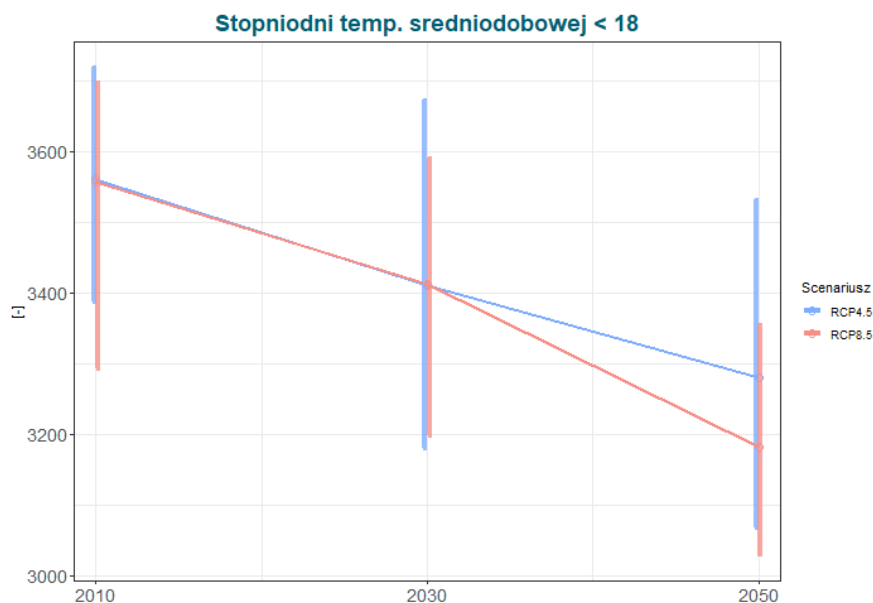
Średnia roczna temperatura powietrza



Rys.44. Średnia roczna temperatura powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

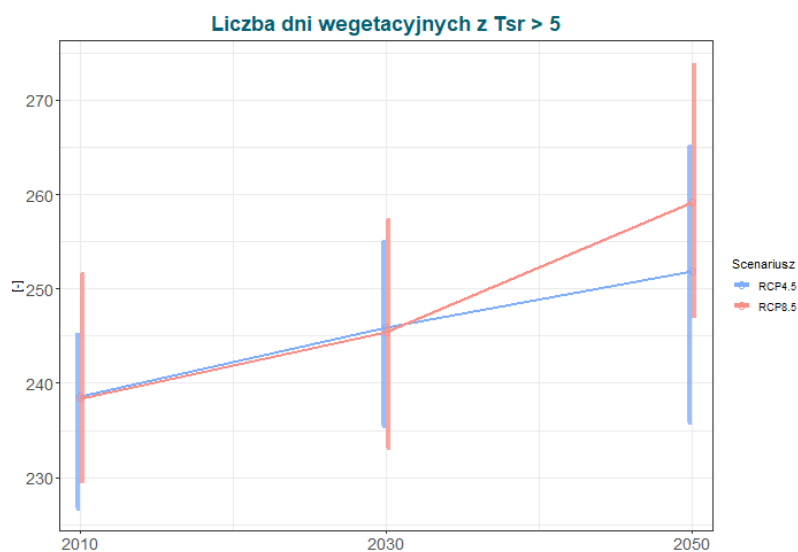
Wyniki prognozy wskazują, iż dla wartości temperatury średniej rocznej występuje trend wzrostowy. Według obu scenariuszy (RCP4.5 i RCP8.5) średnia roczna temperatura powietrza do roku 2030 wzrośnie o około 0,4°C. Natomiast do 2050, zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 wzrost wyniesie około 0,8°C, a w scenariuszu RCP8.5 o około 1,2°C. Prognozowany jest systematyczny wzrost temperatury średniorocznej.

HDD- Stopniodni z temperaturą średnią dobową <18°C



Rys.45. Liczba HDD- stopniodni z temperaturą średnią dobową <18°C; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

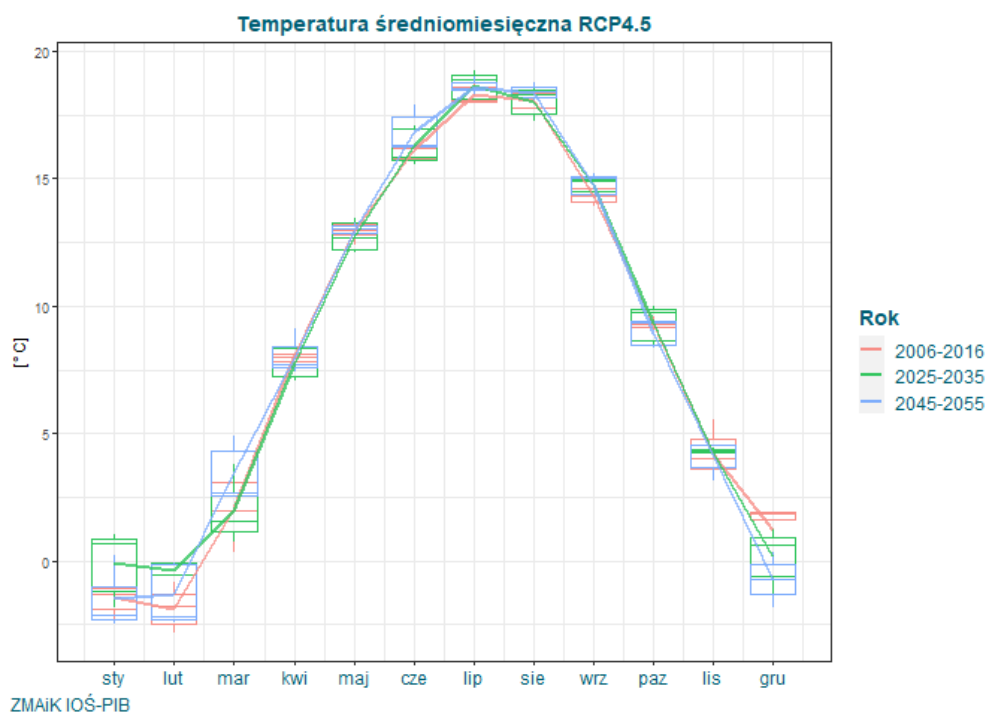
Prognoza stopniodni dla średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 18°C wykazuje trend spadkowy. Średnia dziesięcioletnia dla horyzontu 2030 w przypadku obu scenariuszy wykazuje spadek o około 145°C·dzień. Natomiast prognoza zmiany sumy liczby dni HDD dla horyzontu 2050 zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 wskazuje spadek o 280 °C·dzień, a w scenariuszu RCP8.5 o 370 °C·dzień. Prognozowany jest systematyczny spadek stopniodni ze średnią dobową temperaturą powietrza <18°C.

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

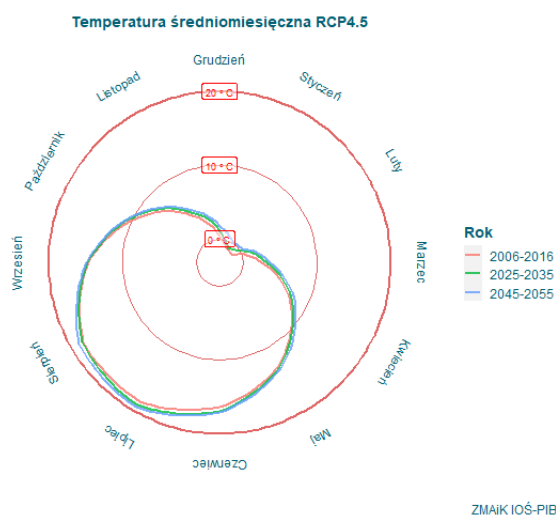
Rys.46. Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{śr.d.}} > 5^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Liczba dni wegetacyjnych, ze średnią dobową temperaturą powietrza powyżej 5°C wykazuje trend wzrostowy w całym okresie prognozy. W przypadku scenariusza RCP4.5 liczba dni wegetacyjnych wzrośnie z 238 (w klimacie bieżącym) do 252 horyzont 2050). Natomiast w scenariuszu RCP8.5 liczba tych dni wzrośnie do 2050 roku do 259. Prognoza według scenariusza RCP4.5 i RCP8.5 dla horyzontu 2030 jest zbieżna, za to dla horyzontu 2050 scenariusz RCP8.5 wykazuje znacznie wyższy wzrost. Prognozowany jest systematyczny wzrost liczby dni ze średnią dobową temperaturą powietrza powyżej 5°C .

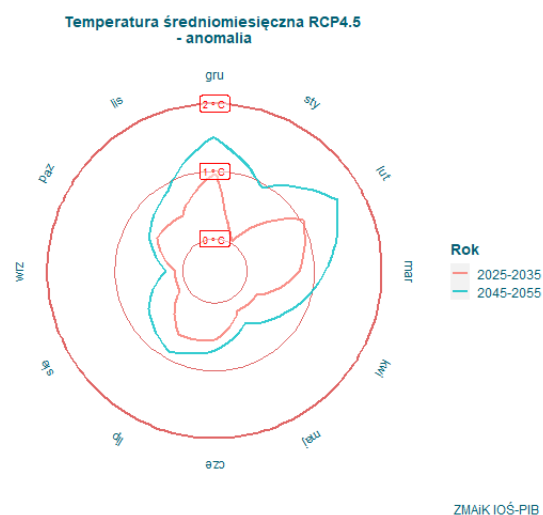
Temperatura średnia miesięczna



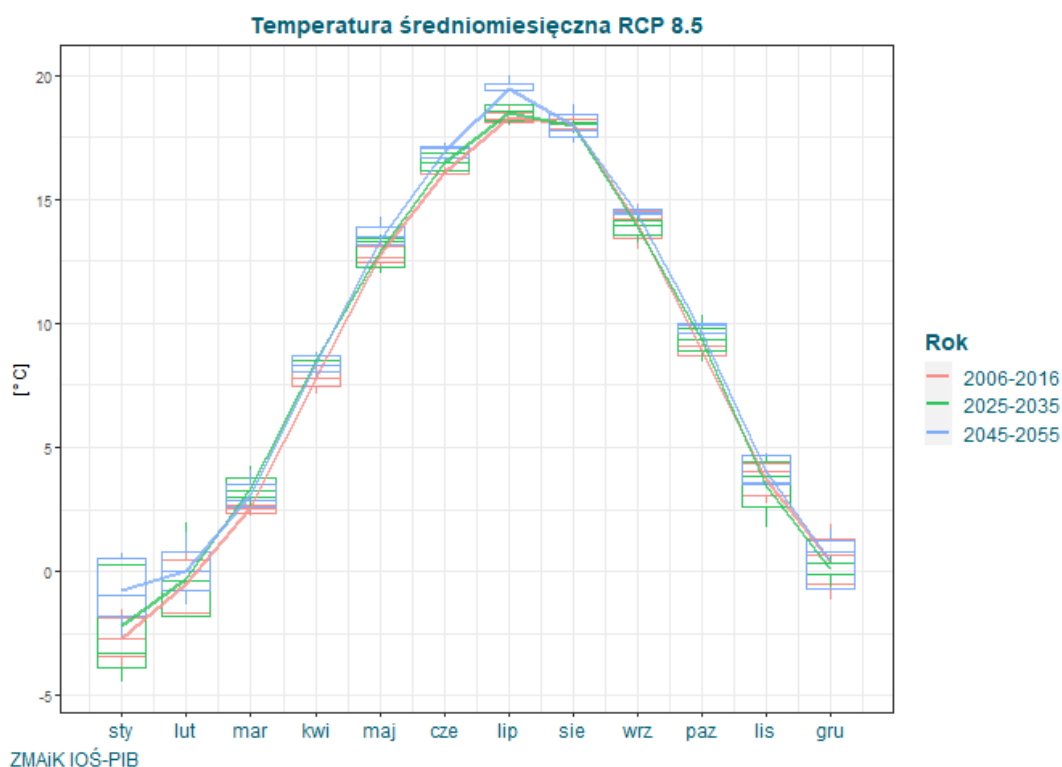
Rys.47. Średnia miesięczna temperatura powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



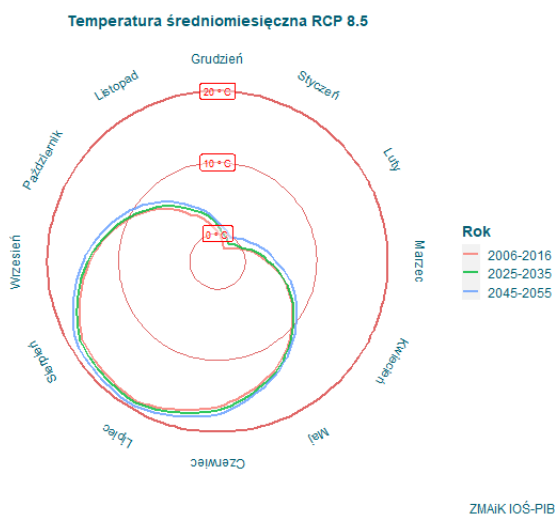
Rys.48. Średnia miesięczna temperatura powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



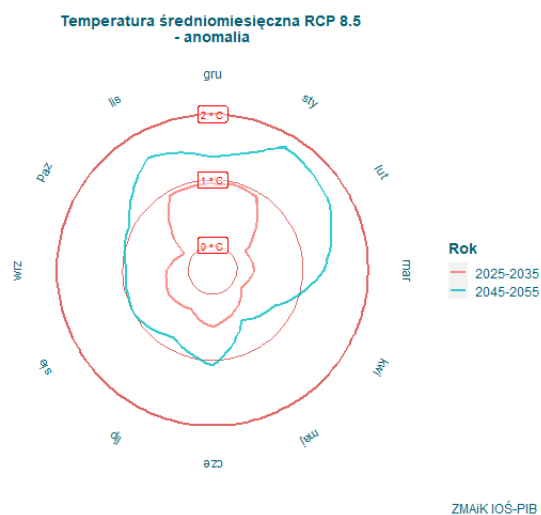
Rys.49. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; kolor czerwony - różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski - różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP4.5.



Rys.50. Średnia miesięczna temperatura powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.



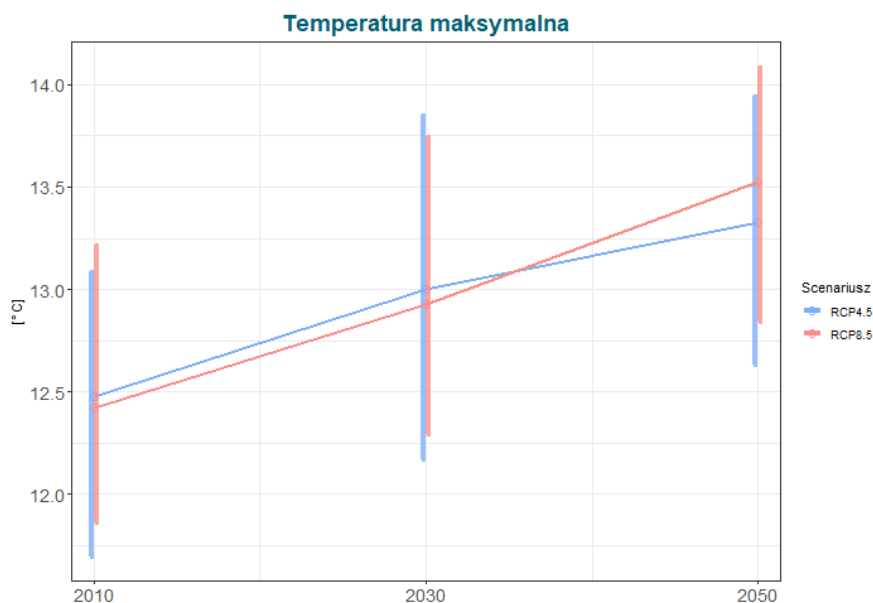
Rys.51. Średnia miesięczna temperatura powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.



Rys.52. Anomalia średniej miesięcznej temperatury powietrza; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; kolor czerwony - różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski - różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP8.5.

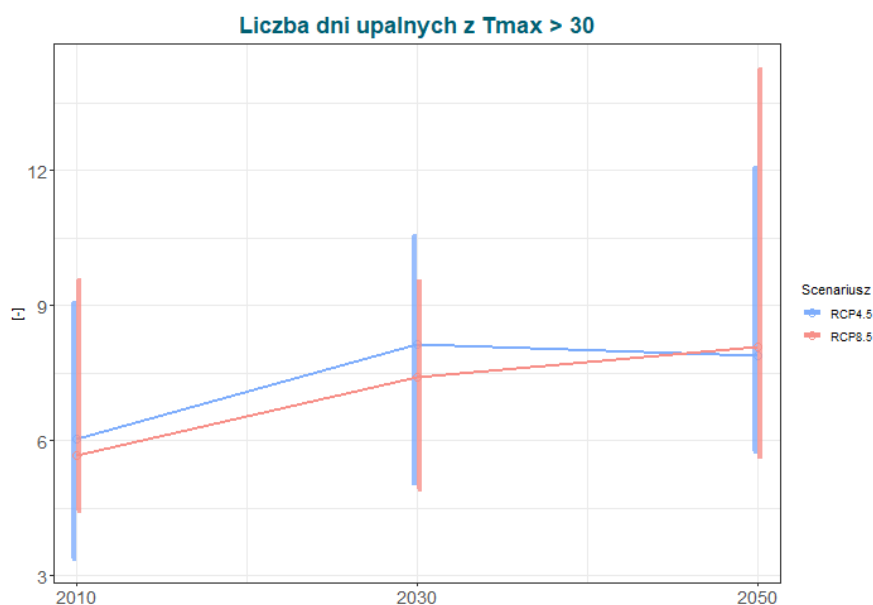
Prognoza średniej dobowej temperatury powietrza uśrednionej dla miesięcy wykazuje tendencję wzrostową. Porównując średnią miesięczną temperaturę w dziesięcioleciu 2045-2055 z klimatem bieżącym, według scenariusza RCP4.5 najwyższy wzrost wystąpi w sezonie zimowych (grudzień, styczeń, luty) - średnio o 1,4°C, w sezonie wiosennym (marzec, kwiecień, maj) o około 0,8°C, w sezonie letnim (czerwiec, lipiec, sierpień) o około 0,7°C, a w jesiennym (wrzesień, październik, listopad) o około 0,6°C. W scenariuszu RCP8.5 w miesiącach zimowych średnia dobowa temperatura powietrza wzrośnie o około 1,6°C (najwyższy wzrost), w miesiącach wiosennych o około 0,9°C, w miesiącach letnich o około 1,0°C, a w jesiennych o około 1,2°C (porównując okres 2045-2055 i 2006-2016). Prognozowany jest systematyczny wzrost średnich temperatur w każdym miesiącu, największy w miesiącach zimowych.

Średnia roczna temperatura maksymalna



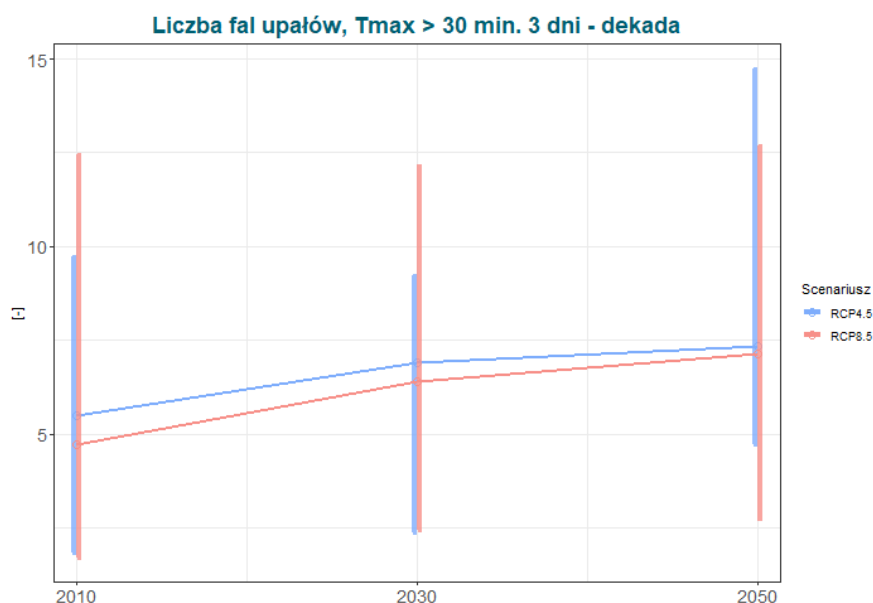
Rys.53. Średnia roczna temperatura maksymalna; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Prognoza średniej rocznej temperatury maksymalnej wykazuje trend wzrostowy w całym okresie analizy. Zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 w horyzoncie 2050 średnia roczna temperatura maksymalna wzrośnie o 0,8°C, a w scenariuszu RCP8.5 o 1,1°C. Dla horyzontu 2030 scenariusz RCP4.5 prognozuje nieznacznie wyższy wzrost niż RCP8.5. Prognozowa wskazuje na systematyczny wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej.

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

Rys.54. Liczba dni upalnych ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

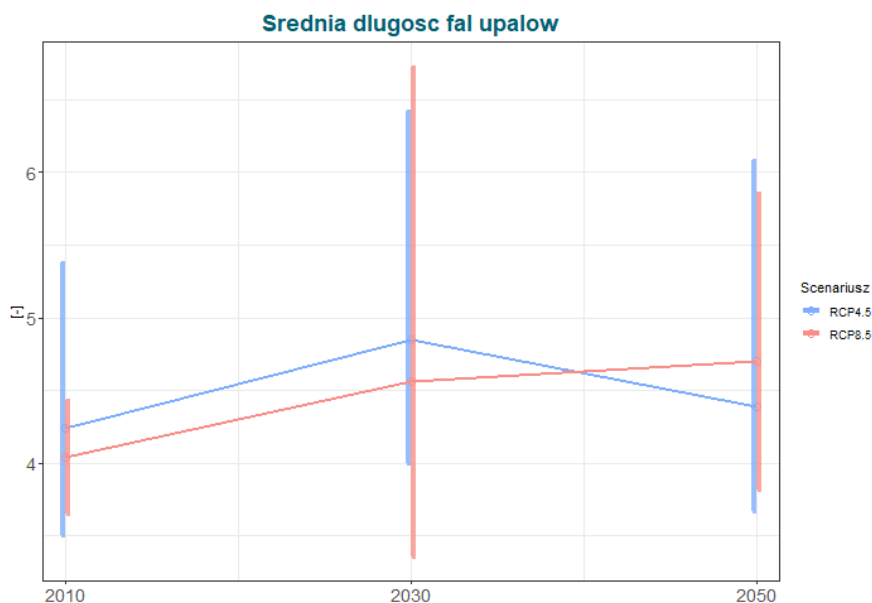
Prognoza liczby dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C pokazuje wzrost w horyzoncie do 2050 roku. W dziesięcioleciu 2025-2035 zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 wzrost wyniesie o około 2 dni, natomiast w scenariuszu RCP8.5 o 2 dni (w porównaniu ze średnią dla okresu bieżącego). Dziesięciolecie 2045-2055 charakteryzuje się większą zgodnością obu scenariuszy, średnia liczba dni upalnych wzrośnie do około 8 dni. Prognoza wskazuje wzrost liczby dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C .

Liczba fal upałów (min. 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$)

Rys.55. Liczba fal upałów (min. 3 dni z $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

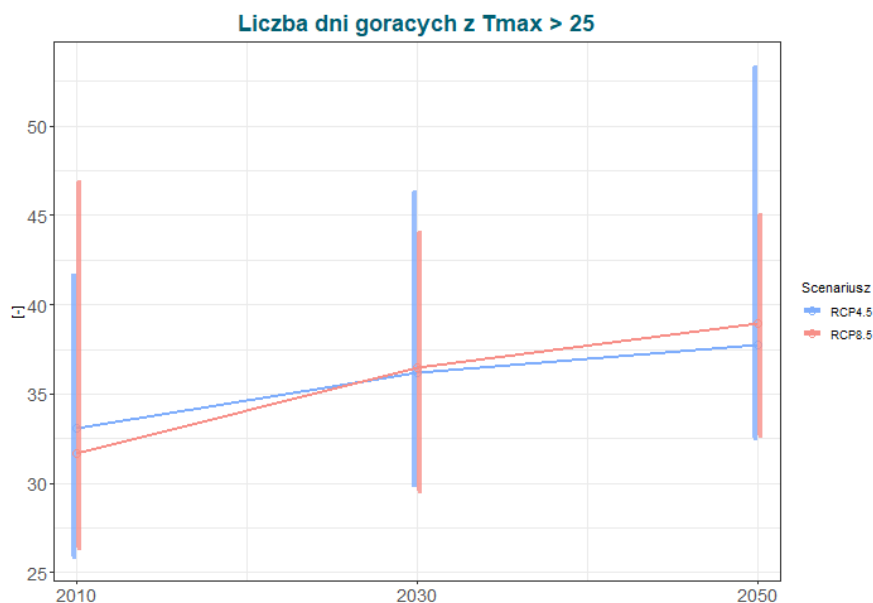
Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby fal upałów pokazuje niewielki wzrost w całym okresie analizy. Pojawiające się w zależności od rodzaju scenariusza różnice są bardzo niewielkie. Według scenariusza RCP4.5 liczba fal upałów w dekadzie 2025-2035 wzrośnie o 1-2 okresów a w dekadzie 2045-2055 o 2 okresy (porównując z 2006-2016). Prognoza scenariusza RCP8.5 jest minimalnie wyższa, w dekadzie 2025-2035 liczba fal upałów wzrośnie o 2 okresy, a w dekadzie 2045-2055 o 2-3 okresów. Prognozowany jest nieznaczny wzrost liczby fal upałów.

Średnia długość trwania fal upałów



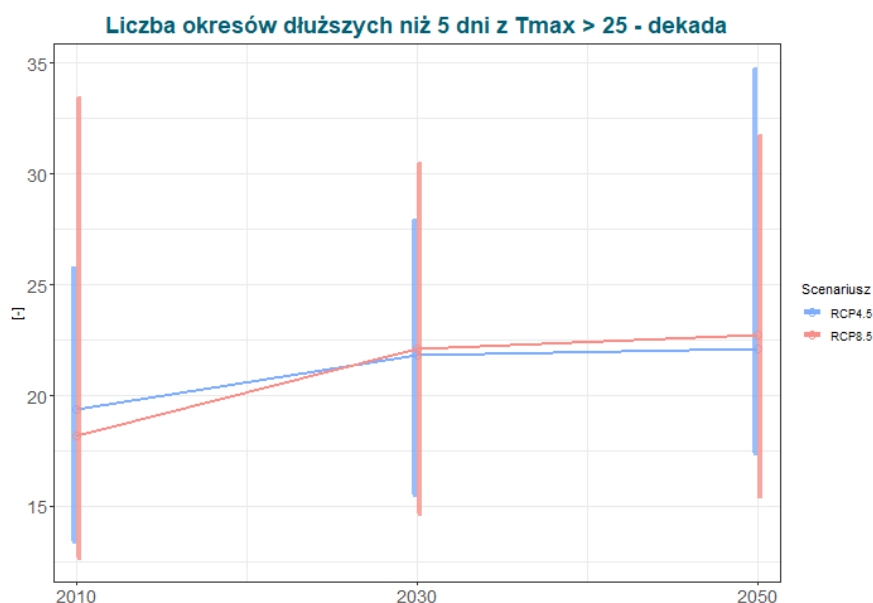
Rys.56. Średnia długość trwania fal upałów; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Prognoza średniej długości trwania fal upałów wskazuje, że do 2050 roku wystąpi bardzo niewielki wzrost. Projekcje wskazują, że fale upałów będą się stopniowo wydłużać od 4 do 5 dni. Prognozowany średni czas trwania fal upałów ulegnie niewielkiemu wzrostowi w stosunku do klimatu bieżącego.

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

Rys.57. Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

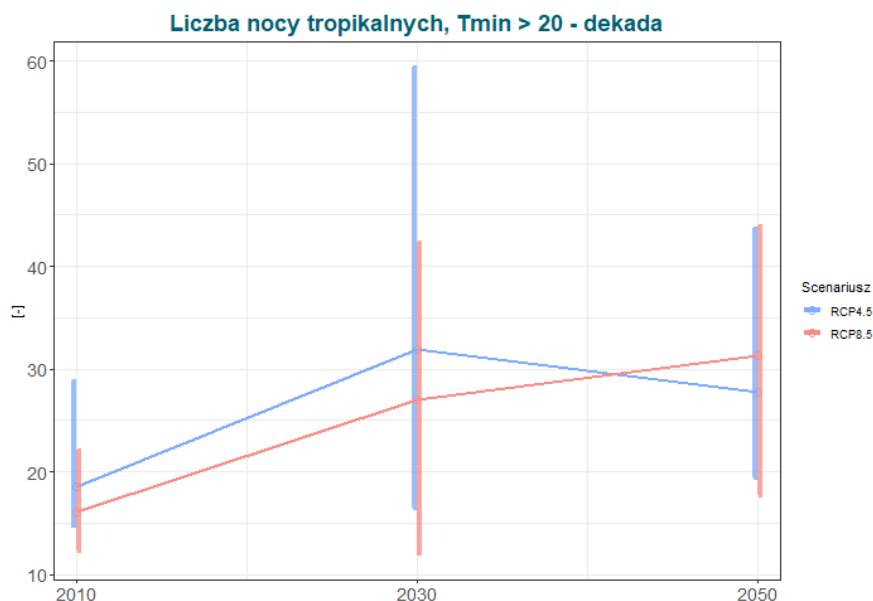
Dla liczby dni z temperaturą maksymalną $>25^{\circ}\text{C}$ w roku występuje trend wzrostowy, choć dla obu scenariuszy widoczne są pewne różnice – dla dziesięciolecia 2025-2035 silniej zaznacza się wzrost w scenariuszu RCP4.5, natomiast dla dziesięciolecia 2045-2055 w scenariuszu RCP8.5. Zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 liczba dni gorących wzrośnie z 33 (średnia 2006-2016) do 37 (średnia 2045-2055), natomiast w scenariuszu RCP8.5 wzrośnie z 31 (średnia 2006-2016) do 39 (średnia 2045-2055). Prognozowany jest wzrost liczby dni gorących (z temperaturą maksymalną $>25^{\circ}\text{C}$).

Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ 

Rys.58. Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby okresów dłuższych niż 5 dni z temperaturą maksymalną powyżej 25°C wykazuje niewielki trend wzrostowy. Zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 w dziesięcioleciu 2045-2055 liczba takich przypadków wzrośnie o około 3 okresy, a w scenariuszu RCP8.5 o około 5 okresów, w porównaniu z dekadą 2006-2016. Prognoza wskazuje większy trend wzrostowy w dziesięcioleciu 2025-2035 niż 2045-2055 w przypadku obu scenariuszy. Prognozowana liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą maksymalną $> 25^{\circ}\text{C}$ pozostanie na poziomie zbliżonym do klimatu bieżącego.

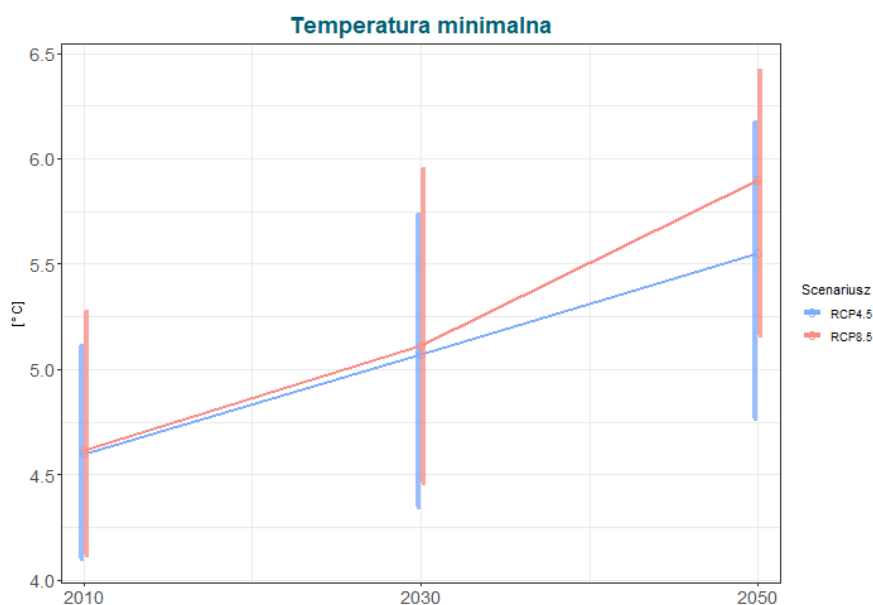
Liczba nocy tropikalnych



Rys.59. Liczba nocy tropikalnych ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

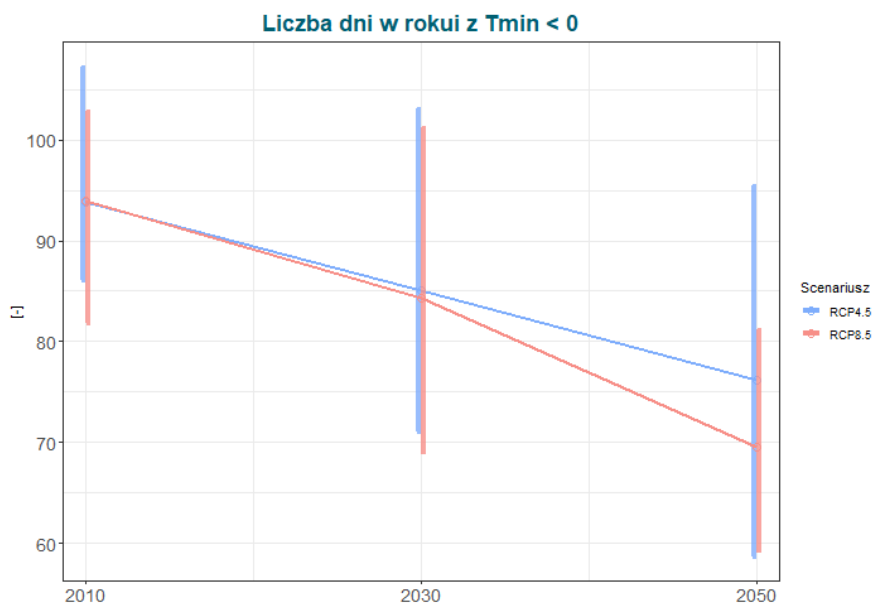
Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby dni z temperaturą minimalną powyżej 20°C w analizowanym okresie czasu wykazuje trend wzrostowy. Według scenariusza RCP4.5 liczba nocy tropikalnych wzrośnie w dekadzie 2045-2055 o 9 dni, a w scenariuszu RCP8.5 o 15 dni (porównując z okresem 2006-2016). Bardziej wyraźny wzrost prognozowany jest w dziesięcioleciu 2020-2030. Prognozowany jest nieznaczny wzrost liczby nocy tropikalnych.

Średnia roczna temperatura minimalna



Rys.60. Średnia roczna temperatura minimalna; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

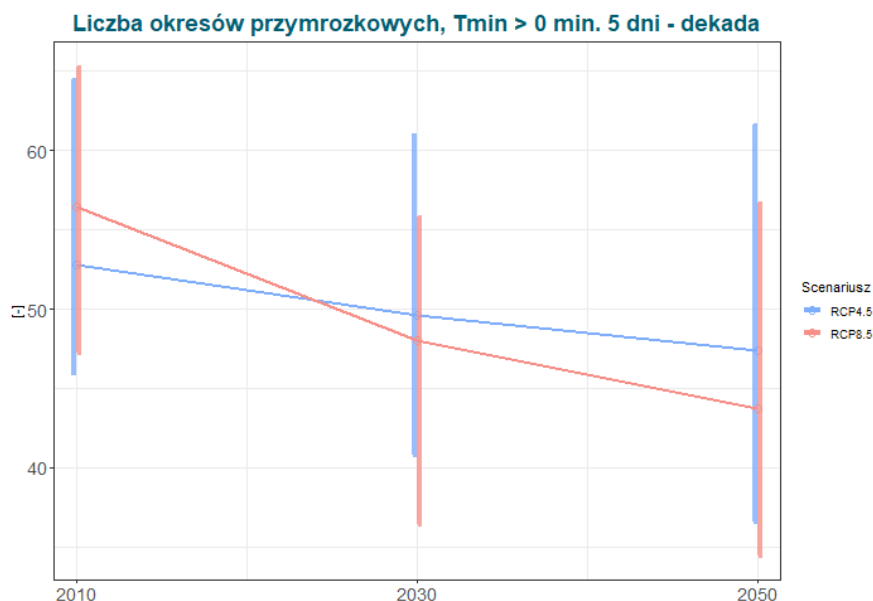
Średnia roczna temperatura minimalna wskazuje trend wzrostowy w analizowanym okresie czasu. Prognoza dla dziesięciolecia 2025-2035 jest zbieżna dla obu scenariuszy i wykazuje wzrost o około 0,5°C (porównując ze średnią z okresu 2006-2016). Prognoza dla dziesięciolecia 2045-2055 w scenariuszu RCP4.5 wykazuje wzrost o około 1°C, a w scenariuszu RCP8.5 o około 1,3°C (porównując ze średnią z 2006-2016). Prognozowany jest systematyczny wzrost średniej rocznej temperatury minimalnej.

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

Rys.61. Liczba dni przymrozkowych ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

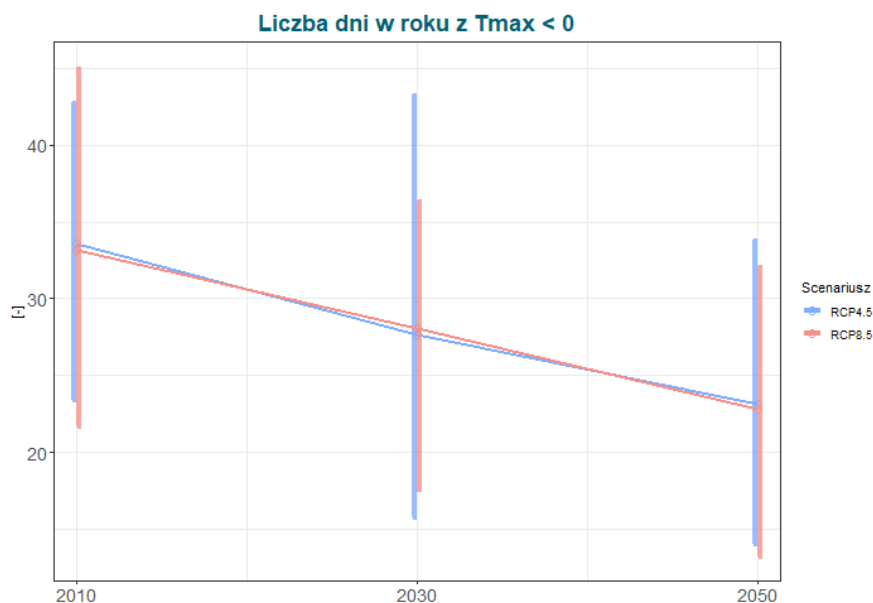
Prognoza liczby dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C wskazuje trend spadkowy, szczególnie w scenariuszu RCP8.5. Dla dziesięciolecia 2025-2035 oba scenariusze przedstawiają zbliżony spadek, który wynosi około 9 dni, porównując ze średnią z okresu 2006-2016. Dla dziesięciolecia 2045-2055 scenariusz RCP4.5 wykazuje spadek o 17 dni, a scenariusz RCP8.5 o 24 dni, porównując do średniej 2006-2016. Prognozowany jest systematyczny spadek liczby dni przymrozkowych.

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



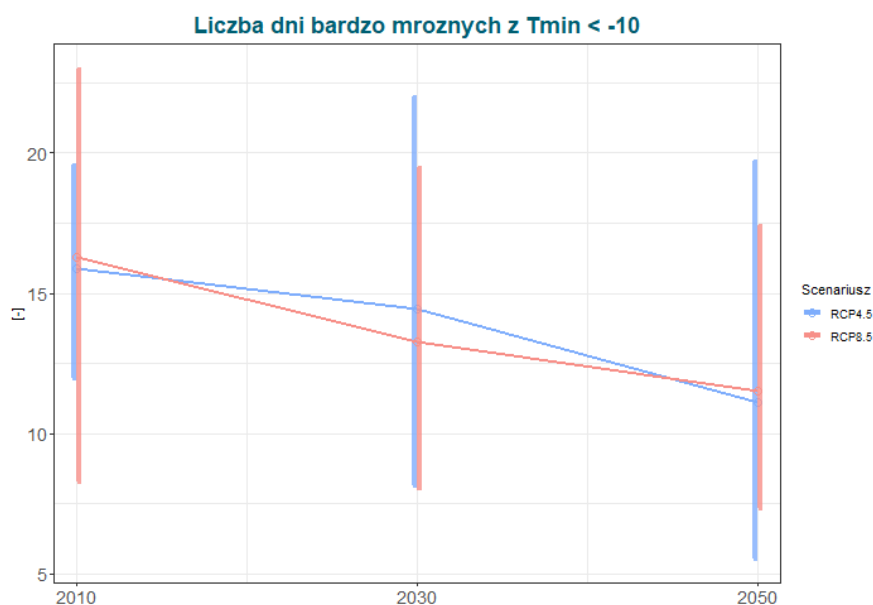
Rys.62. Liczba okresów przymrozkowych (min. 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą minimalną poniżej 0°C wykazuje tendencję spadkową w analizowanym horyzoncie czasu. Zgodnie ze scenariuszem RCP4.5 średnia liczba okresów przymrozkowych będzie nieznacznie niższa, o około 5 okresów w sumie dla dekady 2045-2055. Natomiast w scenariuszu RCP8.5 spadek liczby tych okresów jest wyższy, wyniesie około 13 okresów w sumie dla dekady 2045-2055. Prognozowany jest systematyczny spadek liczby okresów przymrozkowych.

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

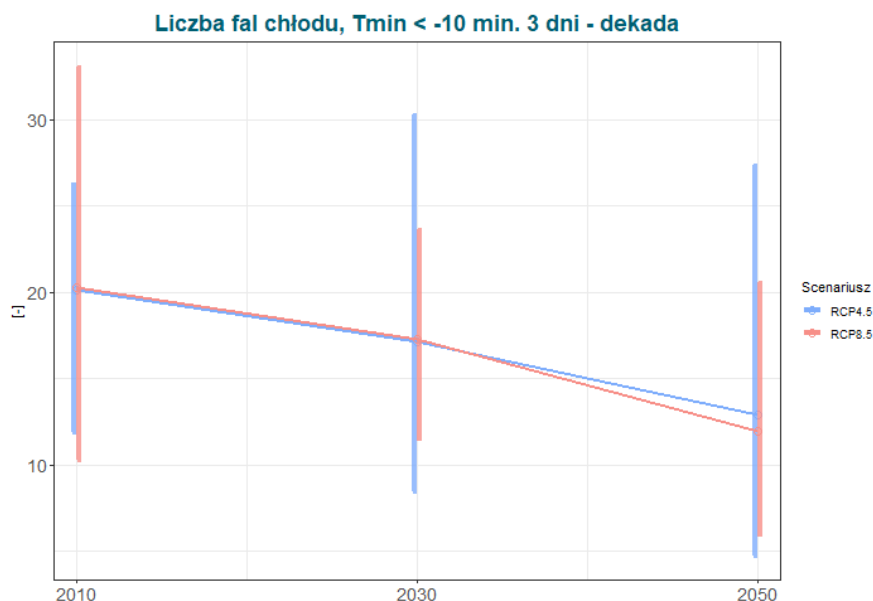
Rys.63. Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Dla liczby dni z temperaturą maksymalną poniżej 0°C prognozowany jest dość duży trend spadkowy. Dla obu scenariuszy wyznaczone wartości są bardzo zbliżone i pokazują spadek liczby dni mroźnych dla średnio dziesięciolecia 2025-2035 o 5 dni średnio dla dziesięciolecia 2045-2055 o 10 dni, porównując do okresu 2006-2016. Prognozowany jest systematyczny spadek liczby dni mroźnych.

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

Rys.64. Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

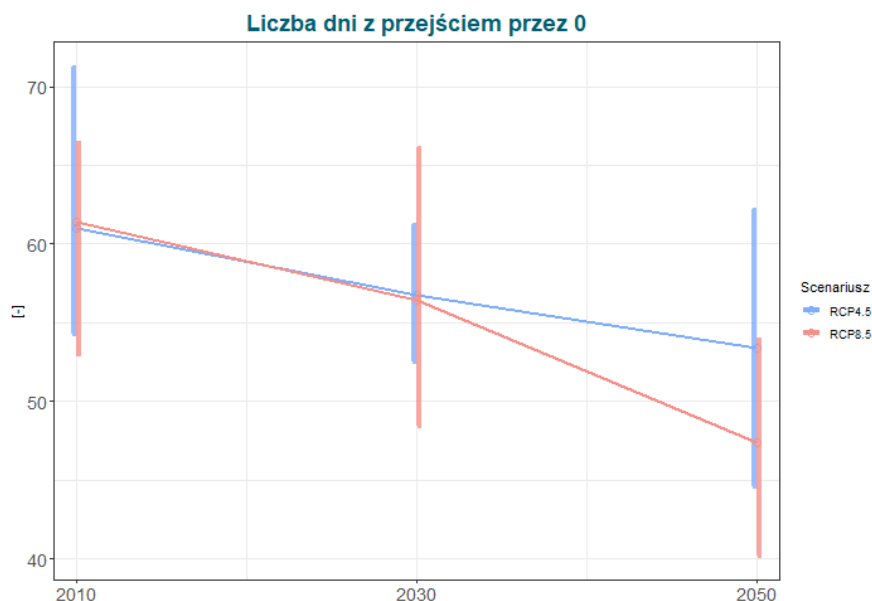
Prognoza liczby dni z temperaturą minimalną poniżej -10°C wskazuje wyraźny trend spadkowy. W scenariuszu RCP4.5 liczba dni bardzo mroźnych w dziesięcioleciu 2025-2035 wyniesie średnio 14.5 (spadek o 1.4 w porównaniu do średniej z 2006-2016), a w dziesięcioleciu 2045-2055 średnio około 11 dni (spadek o 4,8 w porównaniu do średniej 2006-2016). Wartości w scenariuszu RCP8.5 są bardzo podobne, jednakże w dziesięcioleciu 2025-2035 spadek jest wyraźniejszy od RCP4.5. Prognozowany jest systematyczny spadek liczby dni bardzo mroźnych.

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

Rys.65. Liczba fal chłodu (min. 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$); uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. W przypadku liczby okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną $< -10^{\circ}\text{C}$ w roku widać tendencję do nieznacznego spadku ich ilości na przestrzeni analizowanych lat. Dla obu scenariuszy pojawiające się różnice są zbieżne a wartości zmieniają się od około 20 jako suma w okresie 2006-2016, do około 17 jako suma w dziesięcioleciu 2026-2035 i do około 13 jako suma dla okresu 2046-2055. Prognozowany jest nieznaczny spadek liczby fal chłodu wyrażonych jako okresy o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną $< -10^{\circ}\text{C}$.

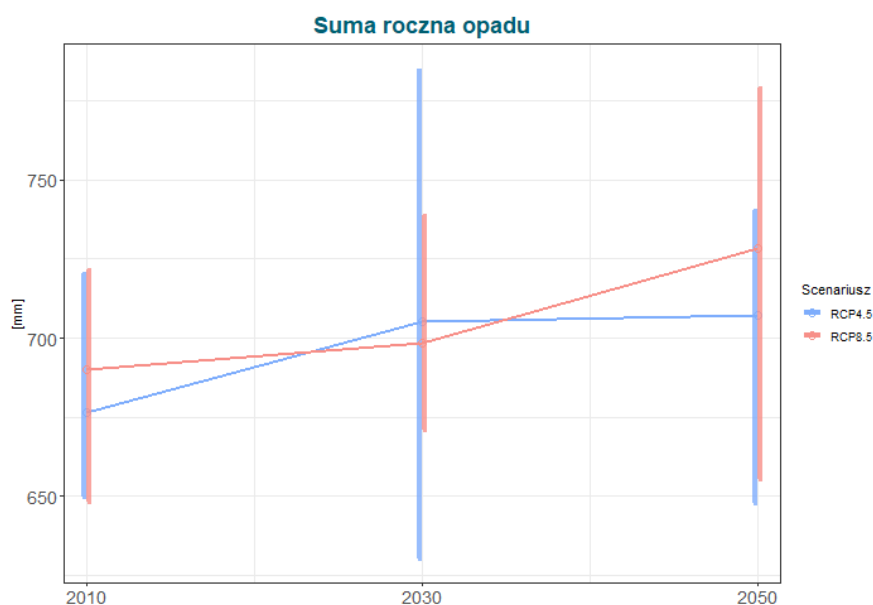
Liczba dni z przejściem przez 0°C



Rys.66. Liczba dni z przejściem przez 0°C; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Liczba dni z przejściem temperatury przez 0°C w roku wykazują wyraźną tendencję spadkową. W przypadku dziesięciolecia 2025-2035 dla scenariusza RCP4.5 i RCP8.5 prognoza pokazuje spadek o około 4 dni w porównaniu z okresem 2006-2016. Natomiast dla dziesięciolecia 2045-2055 w scenariuszu RCP4.5 liczba ww. dni spadnie o około 7 dni, a w scenariuszu RCP8.5 o około 14 dni (porównując z okresem 2006-2016). Prognozowany jest systematyczny spadek liczby dni z przejściem temperatury przez 0°C.

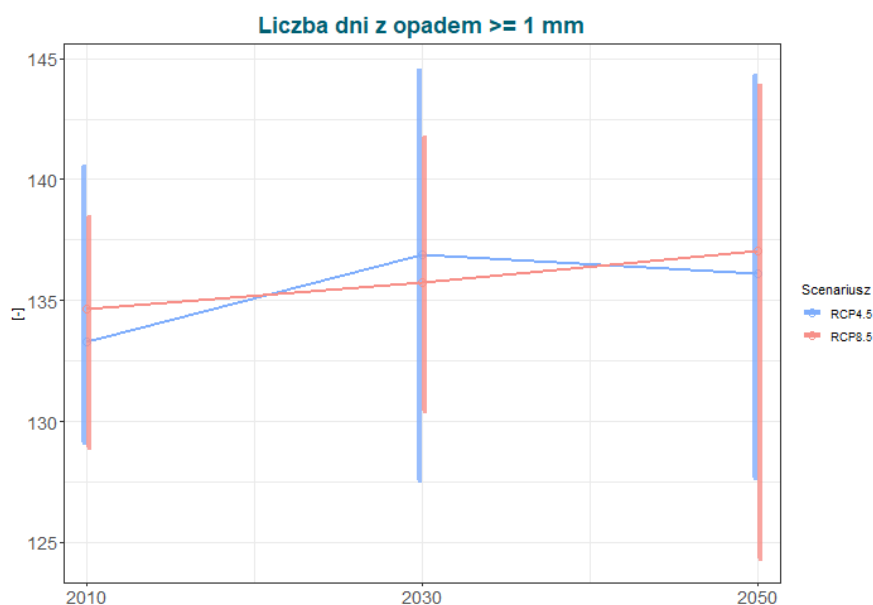
Roczna suma opadu



Rys.67. Roczna suma opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Prognoza rocznej sumy opadu w analizowanym okresie wykazuje trend wzrostowy. W dziesięcioleciu 2025-2035 suma roczna opadu wzrośnie do 705 mm w scenariuszu RCP4.5, a w scenariuszu RCP8.5 do 698 mm. W przypadku dziesięciolecia 2045-2055 scenariusz RCP4.5 wskazuje wzrost do 707 mm, a RCP8.5 do 728 mm. W przypadku obu scenariuszy dla dziesięciolecia 2025-2035 uzyskano zbliżone wartości, za to w dziesięcioleciu 2045-2055 scenariusz RCP8.5 wykazuje o 20 mm wyższy wzrost rocznej sumy opadu od RCP4.5. Prognozowany jest wzrost rocznej sumy opadów.

Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm

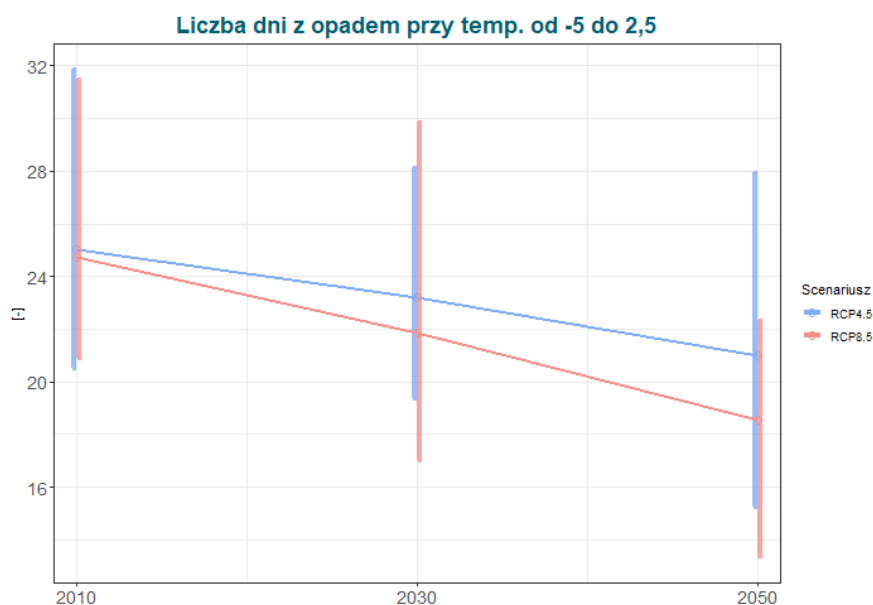


Rys.68. Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 1 mm w rozważanym okresie wykazuje nieznaczny trend wzrostowy w przypadku obu scenariuszy. W dziesięcioleciu 2025-2035 liczba ww. dni według scenariusza RCP4.5 wzrośnie do około 137, a według RCP8.5 do 135.8. Natomiast w dziesięcioleciu 2045-2055 scenariusz RCP8.5 prognozuje wyższy wzrost - do około 137, a RCP4.5 do około 136. Prognozowany jest nieznaczny wzrost liczby dni z opadem dobowym powyżej 1 mm.

3.3 Warunki termiczno-opadowe

Liczba dni z opadem przy temp. od -5°C do 2.5°C

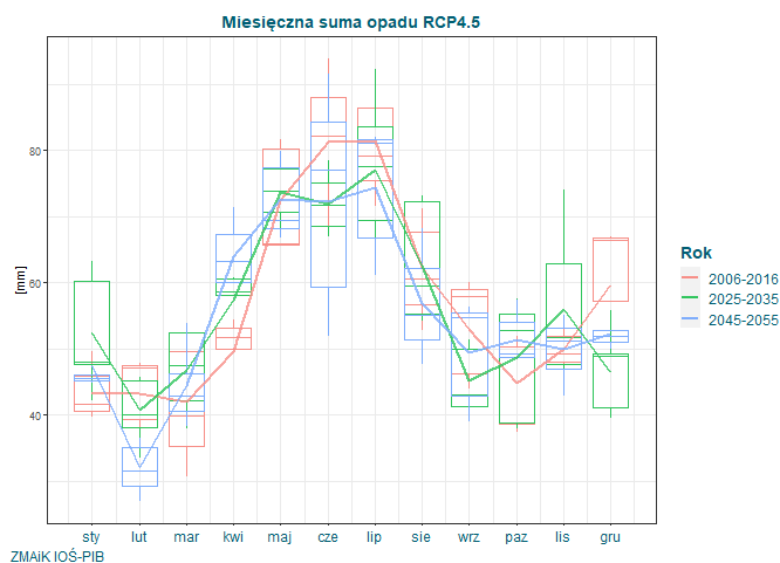


Rys.69. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2.5°C; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

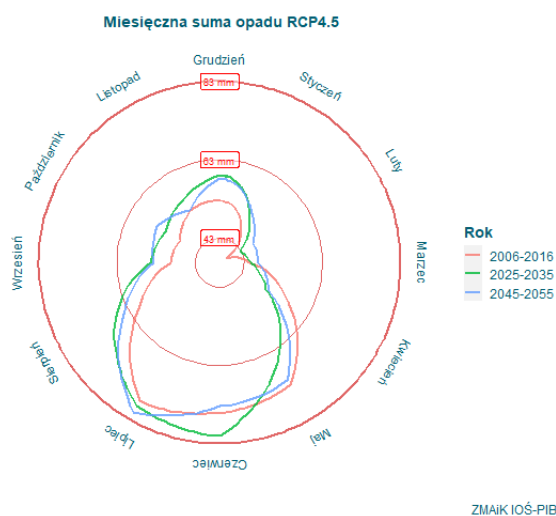
Prognoza liczby dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C wykazuje wyraźny spadek w analizowanym okresie. Według scenariusza RCP4.5 w dziesięcioleciu 2025-2035 liczba dni z opadem przy wyżej wskazanych temperaturach spadnie o średnio 2 dni, a w dziesięcioleciu 2045-2055 o średnio 4 dni względem okresu 2006-2016. Scenariusz RCP8.5 prognozuje wyższe spadki, o 3 dni w dziesięcioleciu 2025-2035 i o 6 dni w dziesięcioleciu 2045-2055 (porównując do okresu 2006-2016). Prognozowany jest systematyczny spadek liczby dni z opadem przy temperaturze od -5°C do 2,5°C.

3.4 Warunki pluwialne (opady atmosferyczne)

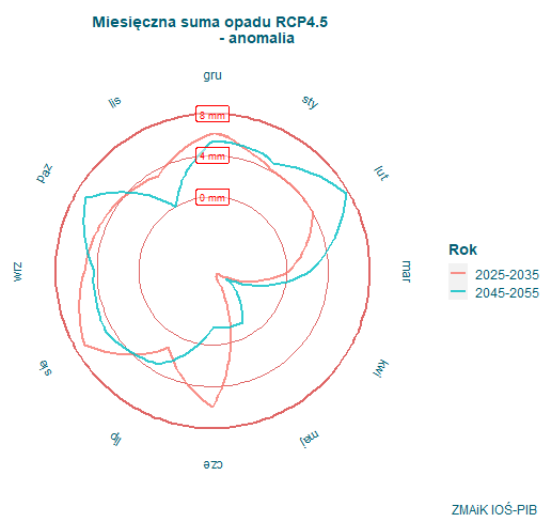
Miesięczna suma opadu



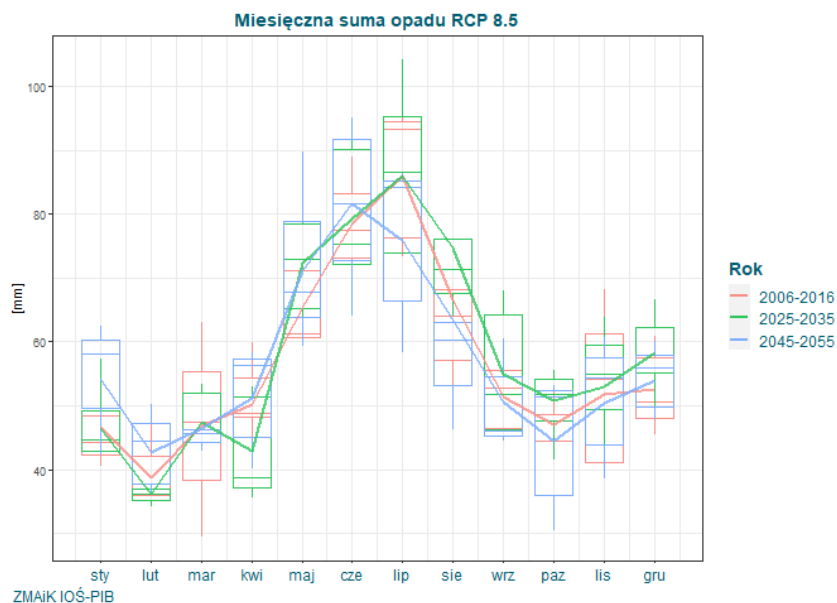
Rys.70. Suma miesięczna opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



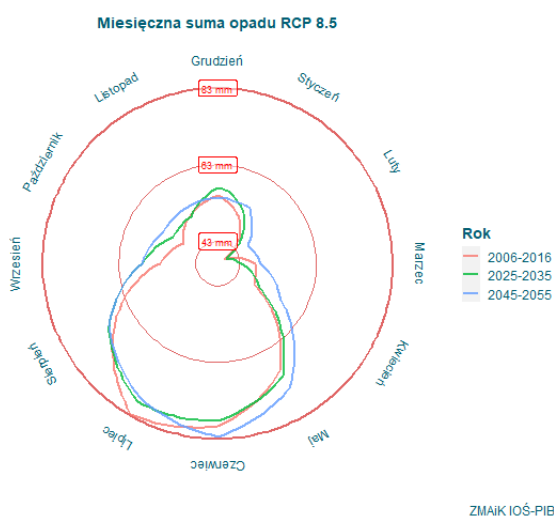
Rys.71. Suma miesięczna opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



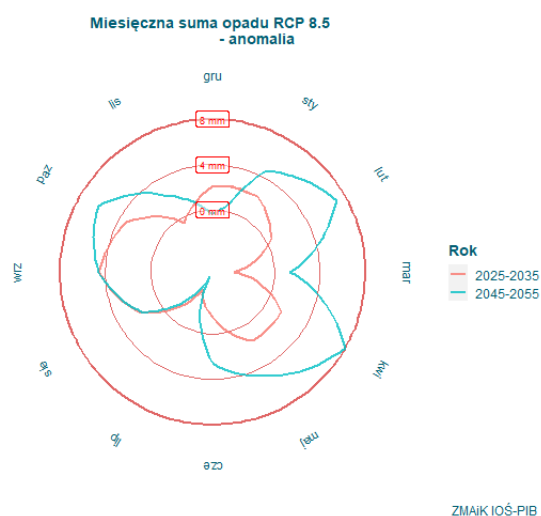
Rys.72. Anomalia sumy miesięczna opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; kolor czerwony- różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski- różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP4.5.



Rys.73. Suma miesięczna opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.



Rys.74. Suma miesięczna opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.

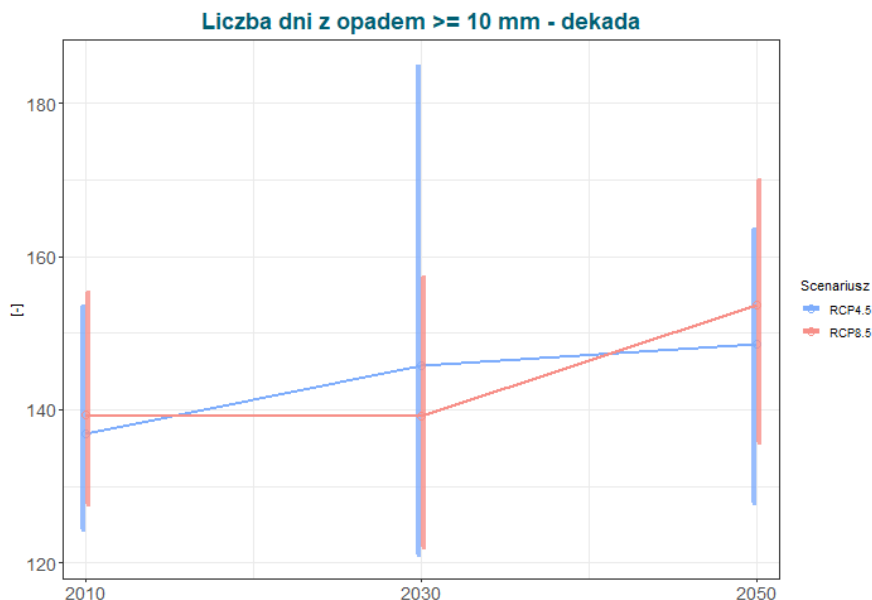


Rys.75. Anomalia sumy miesięcznej opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; kolor czerwony- różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski- różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP8.5.

Prognoza średniej miesięcznej sumy opadu zmienia się w zależności od pory roku. W scenariuszu RCP4.5, porównując dziesięciolecie 2045-2055 z klimatem bieżącym, najwyższy wzrost średniej miesięcznej sumy opadu prognoza wskazuje w miesiącach zimowych (grudzień, styczeń, luty), nawet do 7,7 mm/m (luty). W miesiącach letnich (lipiec, sierpień) wzrost wyniesie średnio 2,1 mm/m,

a w jesiennych (wrzesień, październik, listopad) o średnio 3,7 mm/m. W kwietniu, maju i czerwcu suma opadu będzie niższa o około 3 mm/m. Scenariusz RCP8.5 przez znaczną część roku wykazuje wzrost miesięcznej sumy opadu, wyjątkiem jest lipiec i grudzień, gdzie prognoza pokazuje spadek o 5 mm/m w lipcu i 0,4 mm/m w grudniu, porównując dziesięciolecie 2045-2055 i średnią z okresu 2006-2016.

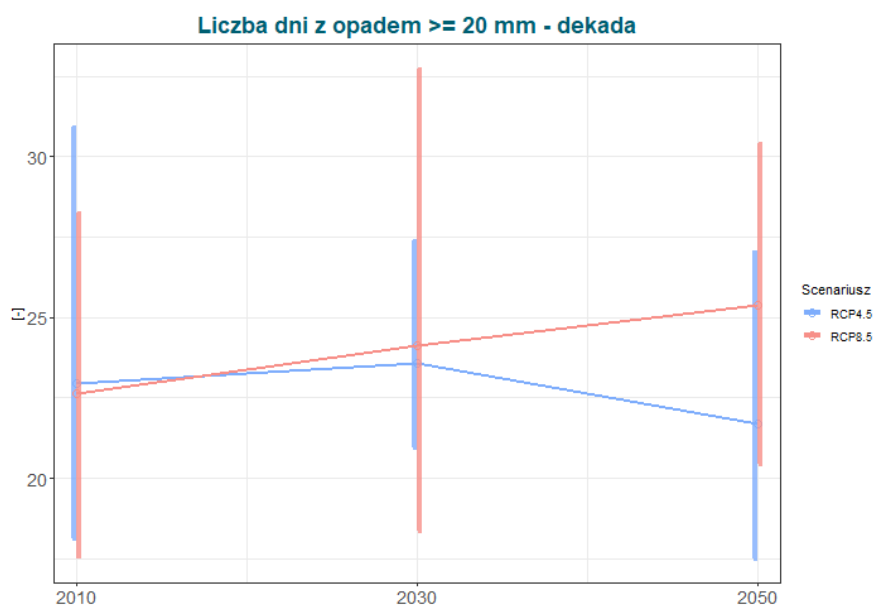
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm



Rys.76. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. W przypadku liczby dni z opadem ≥ 10 mm/d w roku wartości indeksu obliczone na podstawie EuroCORDEX ukazują tendencję wzrostową w przypadku obu scenariuszy. W scenariuszu RCP4.5 liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm/d wzrośnie w sumie o 12 dni w analizowanym horyzoncie czasu. Natomiast w scenariuszu RCP8.5 wzrost wystąpi na poziomie 14 dni, szczególnie wyraźnie zaznacza się w dziesięcioleciu 2045-2055. Prognozowany jest wzrost liczby dni z opadem dobowym powyżej 10 mm/d.

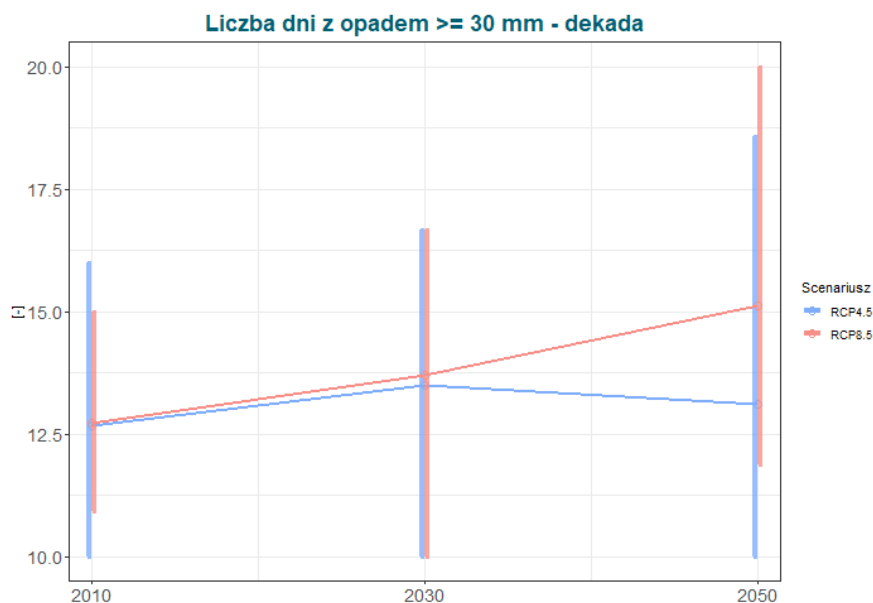
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm



Rys.77. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby dni z opadem dobowym powyżej 20 mm/d jest różna w analizowanych scenariuszach. Dla dziesięciolecia 2025-2035 oba scenariusze prognozują nieznaczny wzrost ww. indeksu, o około 1 dzień. W dziesięcioleciu 2045-2055 scenariusz RCP4.5 wskazuje na spadek tych dni, a RCP8.5 na dalszy wzrost względem poprzedniego okresu. W przypadku obu scenariuszy zmiany są bardzo niewielkie i wahają się pomiędzy 2 a 3 dniami. Zmiana liczby dni z opadem dobowym powyżej 20 mm/d jest nieznaczna i zależy od scenariusza rozwoju.

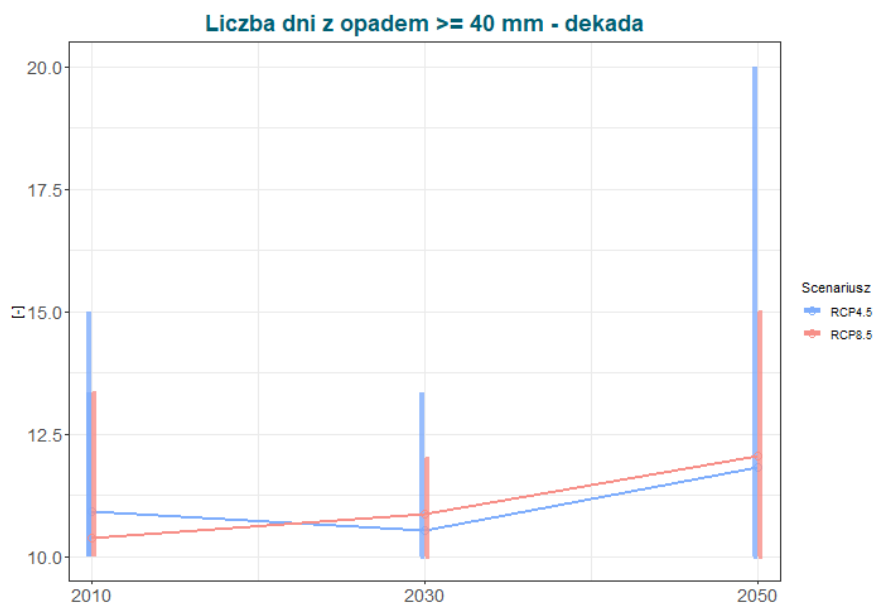
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm



Rys.78. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby dni z opadem dobowym powyżej 30 mm/d pokazuje niewielki wzrost. Według scenariusza RCP4.5 w analizowanym okresie czasu liczba ww. dni praktycznie się nie zmienia. Natomiast według scenariusza RCP8.5 prognozowany jest nieznaczny wzrost, o około 2 dni w dekadzie, wyraźniej występujący w dziesięcioleciu 2045-2055. Prognozowany jest nieznaczny wzrost liczby dni z opadem dobowym powyżej 30 mm/d.

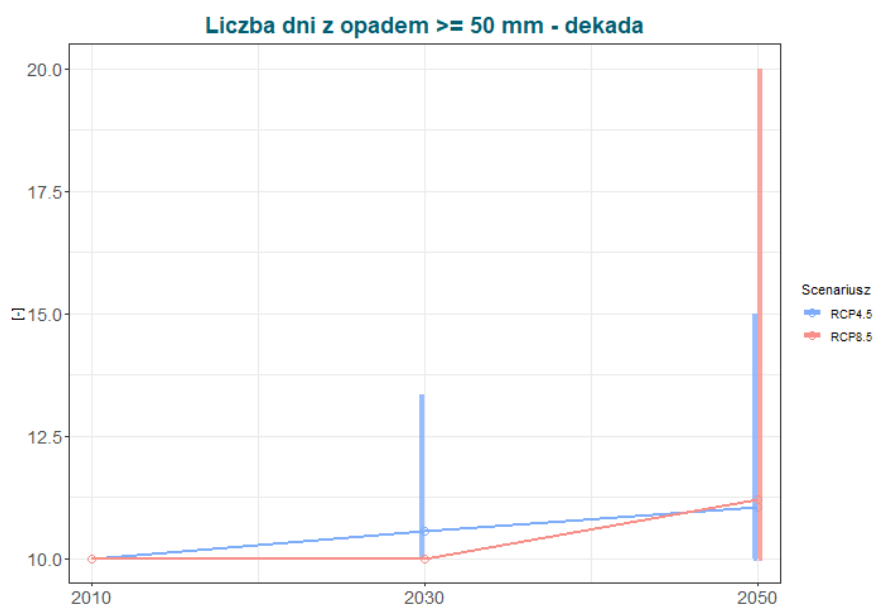
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm



Rys.79. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm/d zmieni się nieznacznie w analizowanym horyzoncie czasu. W przypadku obu scenariuszy prognoza pokazuje wzrost ww. dni o około 1 dzień na dekadę, porównując okres 2045-2055 i 2006-2016. Prognozowana liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm/d nieznacznie wzrośnie.

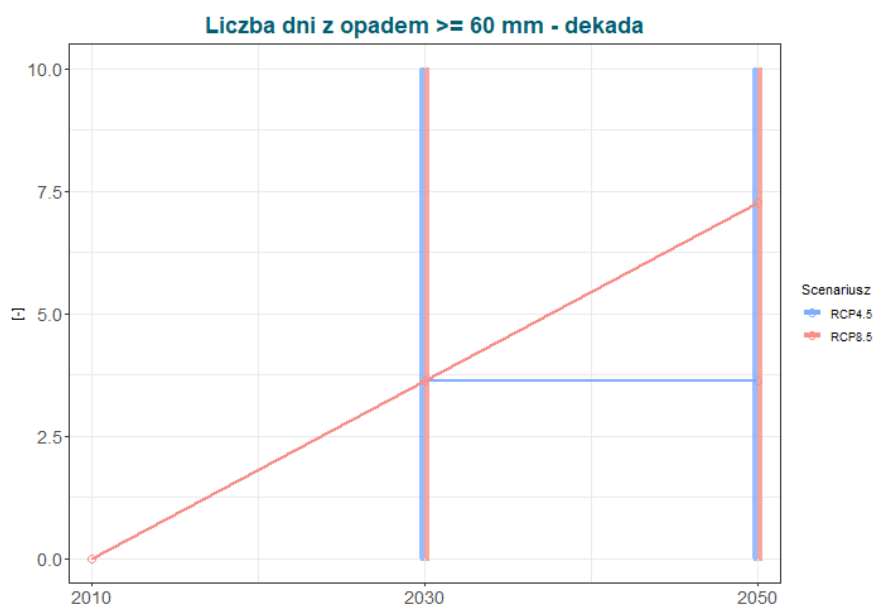
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm



Rys.80. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm/d praktycznie nie ulegnie zmianie w analizowanych przedziałach czasowych. W przypadku obu scenariuszy możliwy jest wzrost liczby tych dni porównując dziesięciolecie 2045-2055 z bieżącym klimatem. Jednakże w scenariuszu RCP4.5 wzrost jest systematyczny, w a RCP8.5 wystąpi dopiero po 2030 roku. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm/d nieznacznie wzrośnie.

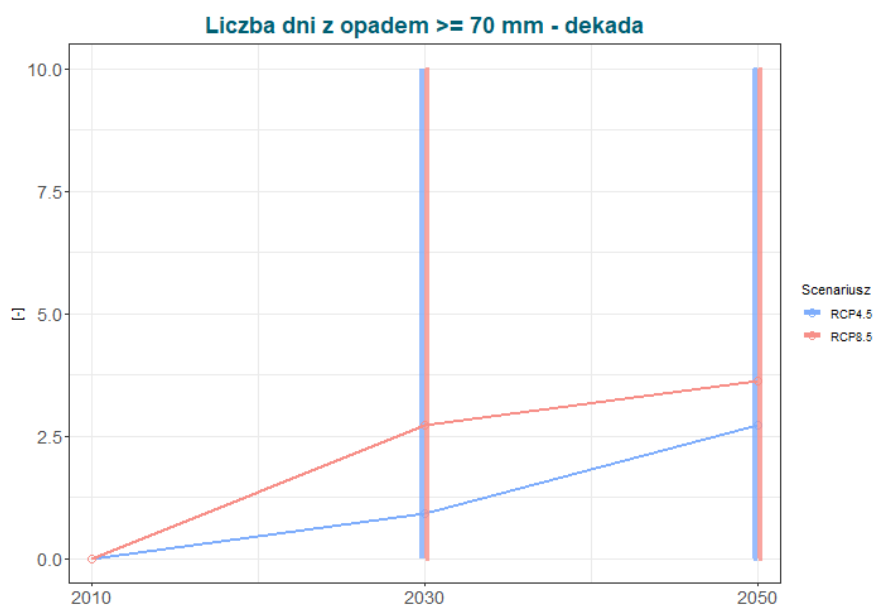
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm



Rys.81. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby dni z opadem dobowym powyżej 60 mm/d wykazuje możliwe pojawienie się opadu dobowego o tak dużej wysokości. W analizowanym okresie liczba tych dni wzrośnie od 0 (2006-2016) do około 5 dni jako suma w dekadzie 2045-2055. Prognozowany jest wzrost liczby dni z opadem dobowym powyżej 60 mm/d.

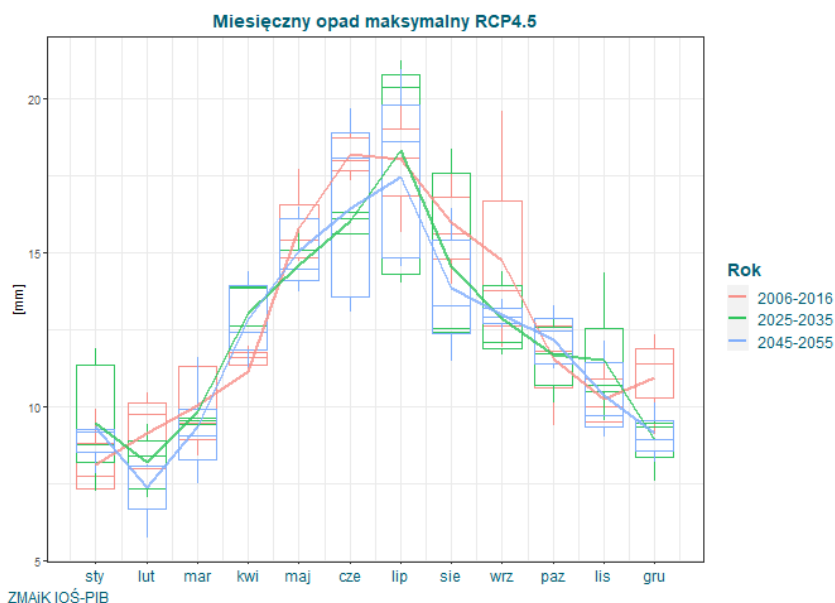
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm



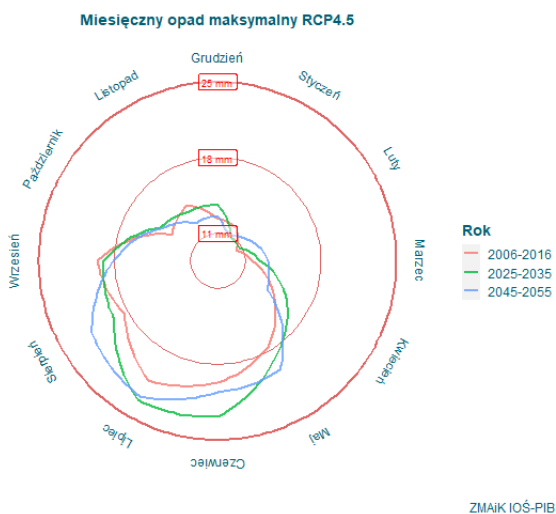
Rys.82. Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma dni w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby dni z opadem dobowym powyżej 70 mm/d wykazuje na możliwe pojawienie się opadu dobowego o tak dużej wysokości. W analizowanym okresie liczba tych dni wzrośnie od 0 (2006-2016) do około 2 dni w sumie w dekadzie 2045-2055. Prognozowany jest wzrost liczby dni z opadem dobowym powyżej 70 mm/d.

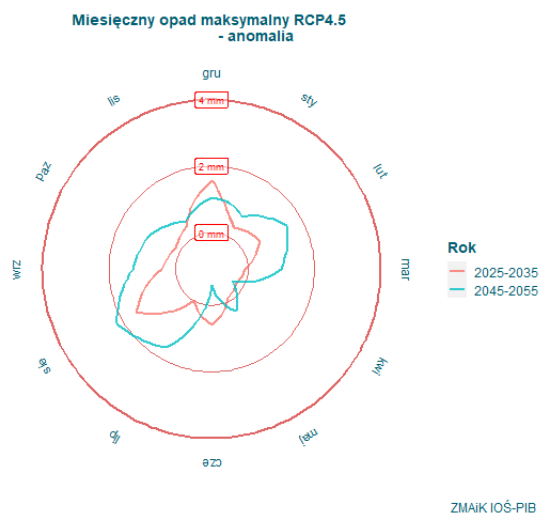
Maksymalny opad dobowy w miesiącu



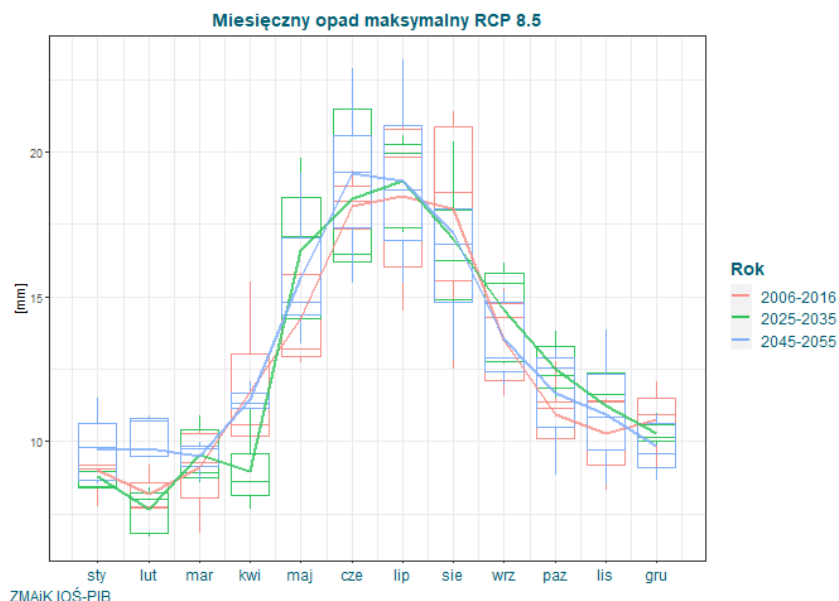
Rys.83. Maksymalny opad dobowy w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



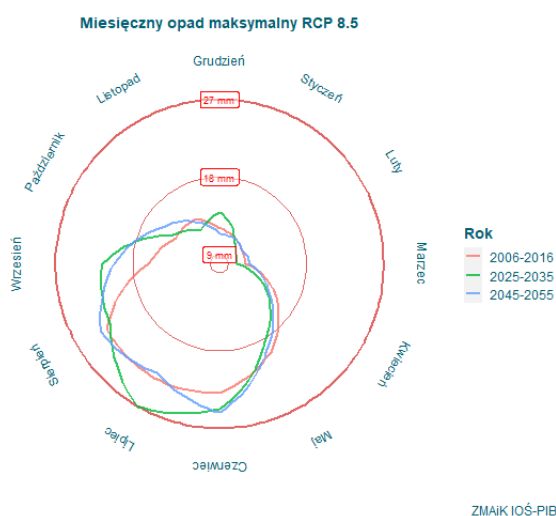
Rys.84. Maksymalny opad dobowy w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako maksymalny opad w okresie 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako maksymalny opad w dziesięcioleciu 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako maksymalny opad w dziesięcioleciu 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP4.5.



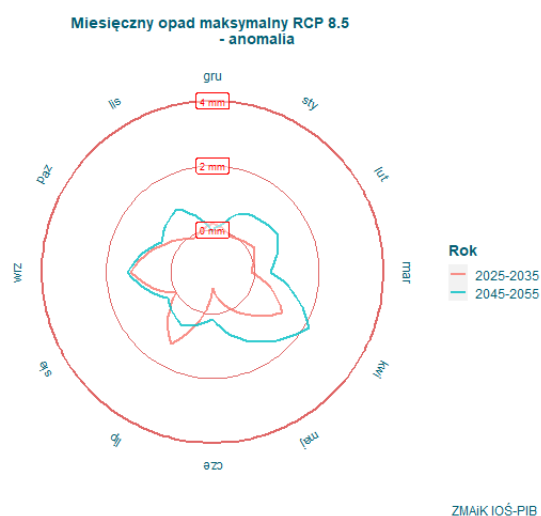
Rys.85. Anomalia maksymalnego opadu dobowego w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; kolor czerwony- różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski- różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP4.5.



Rys.86. Maksymalny opad dobowy w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako średnia z 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako średnia dla dziesięciolecia 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.



Rys.87. Maksymalny opad dobowy w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2010 (jako maksymalny opad w okresie 2006-2016, kolor czerwony), dla horyzontu 2030 (jako maksymalny opad w dziesięcioleciu 2025-2035, kolor zielony) i dla horyzontu 2050 (jako maksymalny opad w dziesięcioleciu 2045-2055, kolor niebieski); scenariusz RCP8.5.

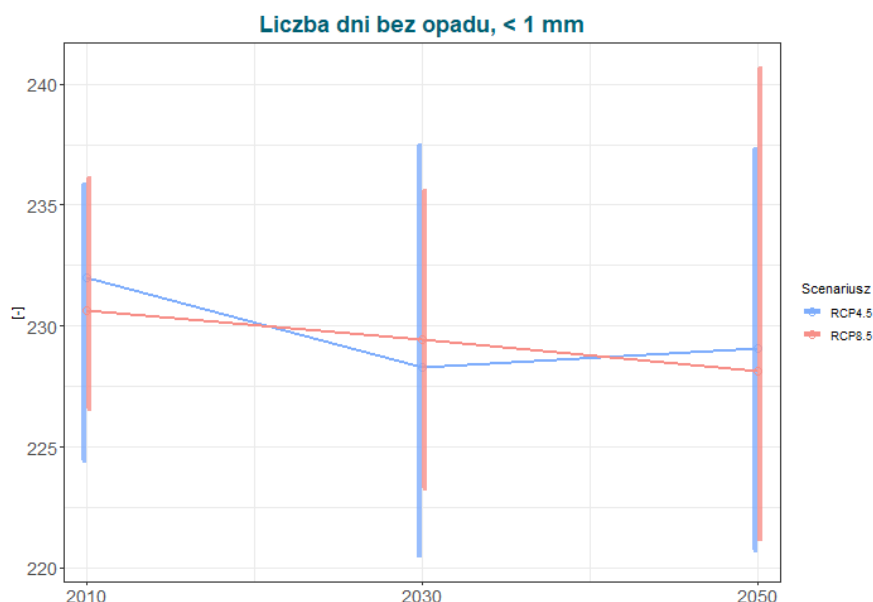


Rys.88. Anomalia maksymalnego opadu dobowego w miesiącu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; kolor czerwony- różnica między średnią z dziesięciolecia 2025-2035 a 2006-2016, kolor niebieski- różnica między średnią z dziesięciolecia 2045-2055 a 2006-2016; scenariusz RCP8.5.

Prognoza maksymalnego opadu dobowego w miesiącu jest zależna od pory roku. W dziesięcioleciu 2025-2035, według scenariusze RCP4.5 najwyższy wzrost prognozowany jest w miesiącach zimowych- do 1,6 mm/d w grudniu, natomiast niewielki spadek przypada w marcu, kwietniu i maju- o około 0,2 mm/d (porównując z okresem 2006-2016). W dziesięcioleciu 2045-2055 znacznie wzrośnie maksymalny opad dobowy w sezonie jesiennym (wrzesień, październik, listopad), jak również spadki

wiosenne są wyraźniejsze. Scenariusz RCP8.5 w dziesięcioleciu 2025-2035 wskazuje na bardzo niewielkie zmiany w stosunku do bieżącego klimatu. Natomiast w dziesięcioleciu 2045-255 praktycznie w każdym miesiącu wzrośnie maksymalny opad dobowy, najwyższy wzrost w kwietniu- o około 2,1 mm/d, jedynie w grudniu prognozowany jest niewielki spadek, o 0,1 mm/d.

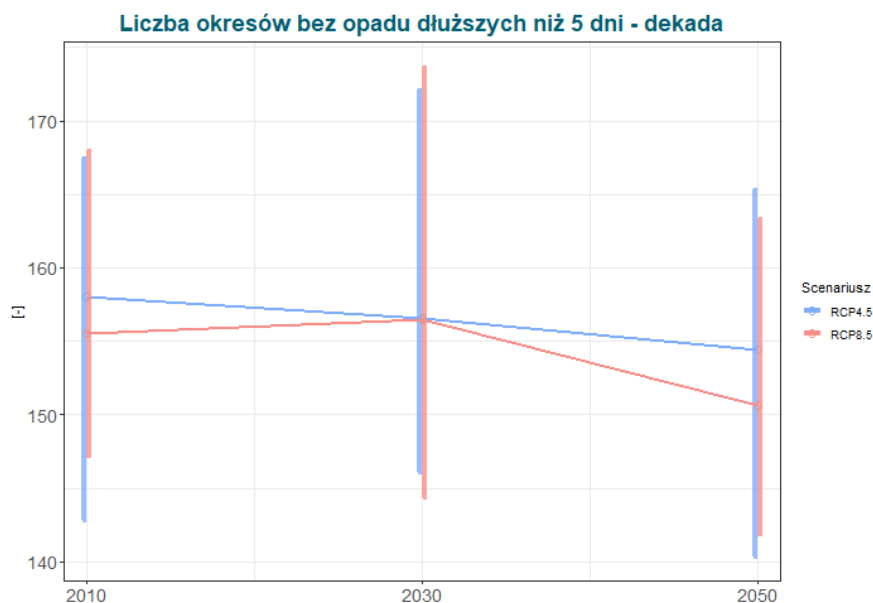
Liczba dni bez opadu



Rys.89. Liczba dni bez opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Prognoza liczby dni bez opadu wykazuje na nieznaczny trend spadkowy w analizowanym okresie. Według scenariusza RCP4.5 oraz RCP8.5 spadek wyniesie około 3 dni porównując okres 2006-2016 i 2045-2055. Scenariusz RCP4.5 przedstawia w dziesięcioleciu 2025-2035 bardziej wyraźny spadek, natomiast w RCP8.5 spadek jest systematyczny w całym analizowanym okresie. Prognozowany jest nieznaczny spadek liczby dni bez opadu.

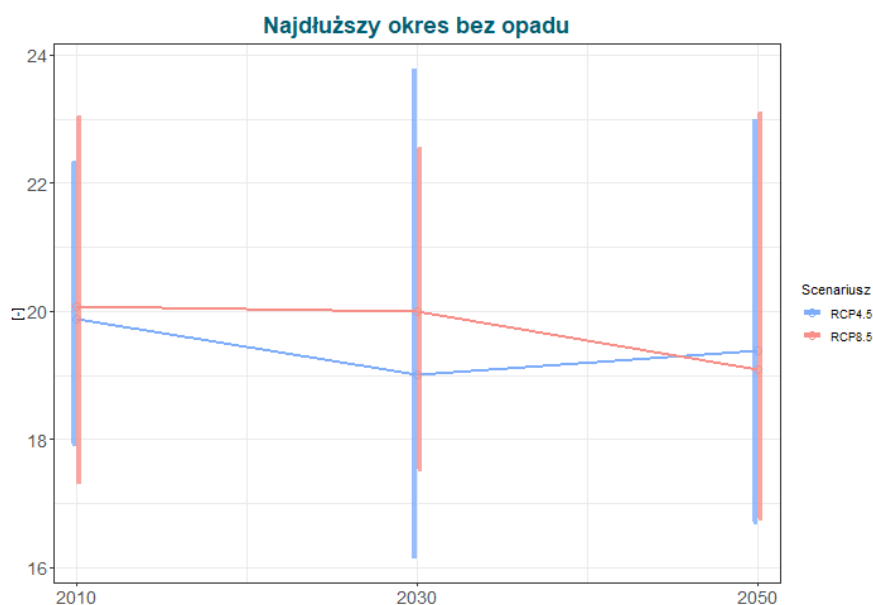
Liczba okresów bez opadu dłuższych niż 5 dni



Rys.90. Liczba okresów bez opadu dłuższych niż 5 dni; uśredniona dla obszaru miasta Ławy; dla horyzontu 2030 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2025-2035) i 2050 (jako suma okresów w dziesięcioleciu 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

Analizowany indeks ze względu na małe wartości średnioroczne został przedstawiany jako suma przypadków w dekadzie. Prognoza liczby okresów bez opadu dłuższych niż 5 dni wykazuje niewielki spadek w analizowanym okresie. Według scenariusza RCP4.5 wystąpi spadek o około 4 okresy porównując sumę dla 2006-2016 i 2045-2055. W przypadku scenariusza RCP8.5 różnica między okresem 2006-2016 i 2045-2055 wskazuje spadek o około 5 okresów w sumie w dekadzie. Prognozowany jest niewielki spadek liczby okresów bez opadu dłuższych niż 5 dni.

Najdłuższy okres bez opadu



Rys.91. Najdłuższy okres bez opadu; uśredniona dla obszaru miasta Ława; dla horyzontu 2030 (jako średnia z dziesięciolecia 2025-2035) i 2050 (jako średnia z dziesięciolecia 2045-2055); linia niebieska- scenariusz RCP4.5, linia czerwona- scenariusz RCP8.5.

W przypadku najdłuższego okresu bez opadu w roku wyniki wiązki EuroCORDEX wskazują na nieznaczne zmiany. Zmienność międzyroczna dla wszystkich horyzontów wskazuje na przedział 18-23, ze średnią 19-20 dni. Prognozowane jest niewielkie skrócenie najdłuższego okresu bez opadu.

4 Literatura

- AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014, [w:] <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- CMIP Phase 5 (CMIP5 protocol), [w:] <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip5>
- WCRP CORDEX, [w:] <https://www.cordex.org/>
- EURO-CORDEX, [w:] <http://www.euro-cordex.net>
- RCP Database, [w:] <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb>
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - PIB, [w:] <http://www.imgw.pl/>
- 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>
- UERRA dataset, [w:] <http://www.uerra.eu/>
- Pakiet języka programowania R - 'qmap', [w:] <https://cran.r-project.org/web/packages/qmap/qmap.pdf>
- 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.
- Dębski K., 1970, Hydrologia. Dział Wydawnictw SGGW, Warszawa.
- Fal B., 2007, Niżówki na górnej i środkowej Wiśle. Gospodarka Wodna, nr 2/2007.
- 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. Przegląd geofizyczny, zeszyt 1-2.
- Pollution, Solid Emission and Extreme Flows from Rural Areas – case study of small agricultural catchment. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- 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. Monografie Komisji Hydrologicznej PTG: Nowoczesne metody i rozwiązania w hydrologii i gospodarce wodnej, Tom 3.
- Węglarczyk S., 2014, Kryteria definicyjne niżówki i ich wpływ na własności charakterystyk niżówki. 1. Stacjonarność niżówek. 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.
- Portal Klimada 2.0, [w:] <https://klimada2.ios.gov.pl/>
- Global Warming of 1.5 °C, [w:] <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Indeksy klimatyczne

Indeksy temperaturowe	
Średnia roczna temperatura powietrza	Średnia dobową temperaturę powietrza, uśredniona dla dekady. Obliczona według wzoru $Tsr_n = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_roku} Tsr_{in}}{dni_w_roku}$ gdzie Tsr – średnia dobową temperaturę powietrza w dniu i w roku n .
HDD- Stopniodni z temperaturą średnią dobową <18°C	Suma nadwyżki temperatury w roku, gdy średnia dobową temperatura powietrza jest niższa od 18°C, obliczone według wzoru $HDD_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} E(\max(0, 18 - Tsr_{in})),$ gdzie Tsr – średnia dobową temperaturę powietrza w dniu i w roku n .
Liczba dni wegetacyjnych ($T_{\text{sr.d.}} > 5^\circ\text{C}$)	Liczba dni w roku dni ze średniodobową temperaturą powietrza wyższą od 5°C, obliczona według wzoru $Tsr5_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i, \text{ jeżeli } Tsr_{in} > 5^\circ\text{C}$ gdzie Tsr_{in} jest średniodobową temperaturą w dniu i w roku n
Temperatura średnia miesięczna	Średnia dobową temperatura w miesiącu. Obliczona według wzoru $Tsr_m = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_miesiacu_m} Tsr_{im}}{dni_w_miesiacu}$ Tsr – średnia dobową temperatura powietrza w dniu i w miesiącu m .
Średnia roczna temperatura maksymalna	Średnia temperatura maksymalna, obliczona według wzoru $Tmax_n = \frac{\sum_{i=1}^{dni_w_roku} Tmax_{in}}{dni_w_roku}$ gdzie $Tmax$ – maksymalna dobową temperatura powietrza w dniu i w roku n .
Liczba dni upalnych ($T_{\text{max}} > 30^\circ\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperatura maksymalna jest wyższa niż 30°C, obliczona według wzoru $TX30_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } Tmax_{in} > 30^\circ\text{C};$ gdzie $Tmax_{in}$ jest maksymalną dzienną temperaturą w dniu i w roku n
Liczba fal upałów (min. 3 dni z $T_{\text{max}} > 30^\circ\text{C}$)	Liczba fal upałów występujących w ciągu dekady. Fala upałów to okres minimum 3 dni następujących po sobie z dobową temperaturą maksymalną wyższą od 30°C
Średnia długość trwania fal upałów	Średnia długość okresów, w których dobową temperatura maksymalna powyżej 30°C utrzymuje się przez minimum 3 kolejne doby

Liczba dni gorących ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę maksymalną jest wyższa niż 25°C , obliczona według wzoru $TX25_n = \sum_{i=1}^{\text{dni w roku}(n)} i, \text{ jeżeli } T_{\max_{in}} > 25^{\circ}\text{C}$ gdzie $T_{\max_{in}}$ jest maksymalną dzienną temperaturą w dniu i w roku n
Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$	Liczba okresów w roku z dobową temperaturą maksymalną wyższą niż 25°C występującą przez 5 kolejnych dni.
Liczba nocy tropikalnych	Liczba dni w roku, w których dobową temperaturę minimalną jest wyższa od 20°C uśredniona dla dekady. Obliczona według wzoru $TN20_n = \sum_{i=1}^n i, \text{ jeżeli } T_{\min_{in}} > 20^{\circ}\text{C};$ gdzie $T_{\min_{in}}$ jest minimalną dzienną temperaturą w dniu i w roku n
Średnia roczna temperatura minimalna	Średnia temperatura minimalna, obliczona według wzoru $T_{\min_n} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{dni w roku}(n)} T_{\min_{in}}}{\text{dni w roku}(n)}$ gdzie T_{\min} – minimalna temperatura 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 , obliczona według wzoru: $TNO_n = \sum_{i=1}^{\text{dni w roku}(n)} i, \text{ jeżeli } T_{\min_{in}} < 0^{\circ}\text{C}$ gdzie $T_{\min_{in}}$ jest minimalną temperaturą w dniu i w roku n
Liczba okresów przymrozkowych (min. 5 dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	Średnia liczba okresów, w których dobową temperaturę minimalną poniżej 0°C utrzymuje się przez minimum 5 dni następujące po sobie
Liczba dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	Średnia liczba dni, w których dzienną temperaturę maksymalną jest niższa od 0°C uśredniona dla dekady. Obliczona według wzoru $TX0_n = \sum_{i=1}^{\text{dni w roku}(n)} i, \text{ jeżeli } T_{\max_{in}} < 0^{\circ}\text{C}$ gdzie $T_{\max_{in}}$ jest maksymalną dzienną temperaturą w dniu i w roku n
Liczba dni bardzo mroźnych ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	Liczba dni w roku z temperaturą minimalną niższą niż -10°C , obliczona według wzoru $TN10_n = \sum_{i=1}^{\text{dni w roku}(n)} i, \text{ jeżeli } T_{\min_{in}} < -10^{\circ}\text{C}$ gdzie $T_{\min_{in}}$ jest minimalną dzienną temperaturą w dniu i w roku n
Liczba fal chłodu (min 3 dni z $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	Średnia liczba okresów w ciągu roku, w których dobową temperaturę minimalną niższą od -10°C utrzymuje się przez minimum 3 kolejne doby

Liczba dni z przejściem przez 0°C	<p>Liczba dni w ciągu roku, podczas których w ciągu doby temperatura maksymalna jest wyższa od 0°C a temperatura minimalna jest niższa od 0°C, obliczona według wzoru</p> $TXN0_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i, \text{ jeżeli } T_{max_{in}} > 0^\circ$ $\text{ i } T_{min} < 0^\circ\text{C};$ <p>gdzie $T_{max_{in}}$ i $T_{min_{in}}$ jest odpowiednio maksymalną i minimalną dzienną temperaturą powietrza w dniu i w roku n</p>
Indeksy opadowe	
Roczna suma opadu	<p>Roczna suma opadów atmosferycznych, obliczona według wzoru</p> $PR_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} PR_{in}$ <p>gdzie: PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n</p>
Liczba dni z opadem dobowym wyższym od 1 mm	<p>Średnia liczba dni w ciągu roku, podczas których opad dobowy jest wyższy od 1mm. Obliczona według wzoru</p> $PR1_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} > 1\text{mm}$ <p>gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n</p>
Liczba dni z opadem przy temp. od -5°C do 2.5°C	Liczby dni w roku z opadem powyżej 1mm podczas których średniodobowa temperatura powietrza jest wyższa od -5°C i niższa od 2.5°C.
Miesięczna suma opadu	<p>Suma opadu atmosferycznego w danym miesiącu., obliczona według wzoru</p> $PR_m = \sum_{i=1}^{dni_w_miesiącu(n)} PR_{im}$ <p>gdzie PR_{im} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w miesiącu m, w roku n</p>
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 10 mm	<p>Średnia liczba dni w ciągu roku, podczas których opad dobowy jest wyższy od 10mm. Obliczona według wzoru</p> $PR10_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 10\text{mm}$ <p>gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n</p>
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 20 mm	<p>Średnia liczba dni z opadem dobowym >20mm, obliczona według wzoru</p> $PR20_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 20\text{mm}$ <p>gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n</p>
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 30 mm	<p>Liczba dni z opadem dobowym >30mm, obliczona według wzoru</p> $PR30_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 30\text{mm}$ <p>gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n</p>

Liczba dni z opadem dobowym powyżej 40 mm	Liczba dni z opadem dobowym >40mm, obliczona według wzoru $PR40_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 40\text{mm}$ gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 50 mm	Liczba dni z opadem dobowym >50mm, obliczona według wzoru $PR50_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 50\text{mm}$ gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 60 mm	Liczba dni z opadem dobowym >60mm, obliczona według wzoru $PR60_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 60\text{mm}$ gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n
Liczba dni z opadem dobowym powyżej 70 mm	Liczba dni z opadem dobowym >70mm, obliczona według wzoru $PR70_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} \geq 70\text{mm}$ gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n
Maksymalny opad dobowy w miesiącu	Najwyższa suma opadu dobowego w danym miesiącu. Obliczona według wzoru $PR_m = \sum_{i=1}^{dni_w_miesiacu(m)} \mathbf{max}PR_{im}$ PR_{im} - jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w miesiącu m
Liczba dni bez opadu	Suma liczby dni bez opadu atmosferycznego obliczona według wzoru $PRO_n = \sum_{i=1}^{dni_w_roku(n)} i \text{ jeżeli } PR_{in} < 1\text{mm};$ gdzie PR_{in} jest dobową sumą opadu atmosferycznego w dniu i w roku n
Liczba okresów bez opadu dłuższych niż 5 dni	Liczba okresów w ciągu roku, podczas których nie występuje opad atmosferyczny przez 5 następujących po sobie dni
Najdłuższy okres bez opadu	Ciąg następujących po sobie dni, w których nie wystąpił żaden opad atmosferyczny