PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 139

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ
Kraków 2014, 43–56
doi: 10.4467/20833113PG.14.024.3014

UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE WYSTĘPOWANIA CIEPŁYCH MIESIĘCY ZIMOWYCH NA OBSZARZE POBRZEŻY POŁUDNIOWOBAŁTYCKICH

Małgorzata Świątek

Circulation conditions of the occurrence of warm winter months in the southern Baltic coast

Abstract: The paper analyzes winter temperatures in the Polish part of the southern Baltic coast using the mean monthly temperature from the years 1951–2010 from the following stations: Szczecin, Świnoujście, Ustka, Hel, Gdynia and Elbląg and the maximum daily air temperature from the years 1986–2010 from the stations: Szczecin, Świnoujście, Kołobrzeg, Łeba and Hel. In order to characterize the circulation determinants in especially warm winters, the NAO index and types of circulation according to Lityński were used. The study showed a strong influence of the western airflow on winter temperatures, which distorted the upward trend in temperature by an extremely high intensity of advection. The particularly strong advection of air masses from the Atlantic in the last decade of the twentieth century contributed to the high, compared to other years, winter temperature on the Polish coast, especially in its western part.

Keywords: air temperature, North Atlantic Oscillation, atmospheric circulation, winter, the Polish coast of the Baltic Sea

Zarys treści: W pracy przeanalizowano temperaturę miesięcy zimowych w polskiej części Pobrzeży Południowobałtyckich, wykorzystując miesięczne wartości temperatury powietrza z lat 1951–2010 ze stacji: Szczecin, Świnoujście, Ustka, Hel, Gdynia i Elbląg, oraz maksy-

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

malne dobowe wartości temperatury powietrza z lat 1986–2010 ze stacji: Szczecin, Świnoujście, Kołobrzeg, Łeba i Hel. W celu scharakteryzowania uwarunkowań cyrkulacyjnych nietypowo ciepłych miesięcy zimowych (grudnia, stycznia i lutego) wykorzystano wartości indeksu NAO oraz typy cyrkulacji według klasyfikacji Lityńskiego. Przeprowadzone badania wykazały bardzo silny wpływ na temperaturę powietrza zimą adwekcji mas powietrza z zachodu. Zmiany natężenia spływu zachodniego nakładały się na trend rosnący temperatury powietrza. Stanowiły przyczynę szczególnie silnego wzrostu temperatury w ostatniej dekadzie XX w. oraz jej niewielkiego spadku na początku XXI w. Szczególnie silna adwekcja mas powietrza w drugiej połowie lat 80. i w latach 90. XX w. znad Atlantyku przyczyniła się do wysokiej, w porównaniu z innymi latami, temperatury na polskim wybrzeżu, zwłaszcza zachodnim.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, Oscylacja Północnoatlantycka, cyrkulacja atmosfery, miesiące zimowe, polskie wybrzeże Bałtyku

Wprowadzenie

W drugiej połowie XX w. nastąpił wzrost temperatury powietrza zarówno w skali globalnej (m.in. Hansen i in. 2010; Lehmann i in. 2011; Archer 2007; Hartmann i in. 2013), jak i regionalnej, obejmującej także polskie wybrzeże (Kirschenstein 2013; Lehmann i in. 2011). Wzrosły między innymi najwyższe wartości temperatury, czyli maksymalna temperatura dobowa (Koźmiński i Michalska 2008; Miętus i Filipiak 2004). W latach 50. i 60. XX w. temperatura powietrza średnio w skali hemisferycznej nie wykazywała wyraźnych trendów zmian (Hansen i in. 2010; Archer 2007; Hartmann i in. 2013). Występowały w tym czasie jedynie krótkotrwałe, niewielkie spadki jej wartości. W latach 70. XX w. temperatura zaczęła wykazywać wyraźny trend rosnący. W analizowanym okresie (1951–2010) na stacjach polskiego wybrzeża wystąpiło istotne podniesienie się średniej temperatury rocznej oraz większości wartości temperatury miesięcznej. Nie zaobserwowano natomiast istotnych zmian średniej miesięcznej temperatury grudnia i stycznia, a jedynie wystąpił istotny statystycznie wzrost temperatury w lutym (Kirschenstein 2013; Świątek 2013). W pierwszej dekadzie XXI w. zimy były mroźniejsze (i bardziej śnieżne) niż w latach 90. XX w., kiedy to w zachodniej części Pobrzeży Południowobałtyckich temperatura powietrza, nawet zimą, rzadko spadała poniżej 0°C. O wzroście średniej rocznej temperatury powietrza i wiosną w latach 1951–2000, a także o szczególnie wysokich wartościach temperatury zimą w ostatniej dekadzie XX w. pisała Żmudzka (2004). Na wzrost temperatury w Polsce w drugiej połowie XX w. wskazywali m.in. Kożuchowski i Żmudzka (2001) oraz Kożuchowski (2004), stwierdzając, że najsilniejsze trendy dodatnie zaznaczyły się w miesiącach zimowych i wiosennych w latach 1976–2000. Kożuchowski i Żmudzka (2003) wykazali trend rosnący średniej rocznej temperatury powietrza w Polsce w całym XX w. wynoszący 0,9°C, a Fortuniak

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

i in. (2001) zaobserwowali przyrost średniej rocznej temperatury na obszarze Polski w drugiej połowie XX w. o 0,8°C.

Badania nad wpływem Oscylacji Północnatlantyckiej na temperaturę zim na polskim wybrzeżu i Pomorzu zapoczątkowała praca Marsza (1999). O szczególnie silnym wpływie wzrastającej wartości indeksu NAO na podnoszenie się temperatury miesięcy zimowych w Polsce w latach 1970–1998 pisali Marsz i Styszyńska (2001). Marsz (2001), analizując związki zimowego wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku według Hurella z temperaturą miesięcy zimowych, wykazał najsilniejsze zależności w styczniu. Wibig (2000) zwracała uwagę na silną korelację indeksu NAO z temperaturą powietrza zimą, wiosną i latem w północno-zachodniej Polsce.

Celem niniejszego artykułu jest określenie roli czynników cyrkulacyjnych w kształtowaniu temperatury w miesiącach zimowych na Pobrzeżach Południowobałtyckich oraz próba znalezienia odpowiedzi na pytanie, czy w miesiącach tych, podobnie jak w innych miesiącach i średnio w roku, zachodzi wzrost temperatury powietrza, czy może tendencja ta w pierwszej dekadzie XXI w. uległa zmianie.

Materiały źródłowe i metody badań

W opracowaniu wykorzystano średnie miesięczne wartości temperatury powietrza z lat 1951–2010 ze stacji: Szczecin, Świnoujście, Ustka, Hel, Gdynia i Elbląg. Dane te pochodziły z materiałów publikowanych przez IMGW, a wcześniej PIHM, takich jak: „Roczniki Meteorologiczne" (1954–1977), „Przeglądy Pogody" (1949–1967), „Morskie Komunikaty Hydrologiczno-Meteorologiczne" (1960–1990) oraz „Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku"(1991–2013). Wykorzystano również wartości maksymalnej dobowej temperatury powietrza z lat 1986–2010 ze stacji: Szczecin, Świnoujście, Kołobrzeg, Łeba i Hel pochodzące z bazy internetowej OGIMET.

W celu scharakteryzowania uwarunkowań cyrkulacyjnych wyjątkowo ciepłych miesięcy zimowych (grudnia, stycznia i lutego) wykorzystano wartości indeksu NAO opracowane przez University of East Anglia w Norwich. Wskaźnik ten został wyznaczony na podstawie różnic ciśnienia między stacjami południowo-zachodniej Islandii a Gibraltarem (Jones i in. 1997). W badaniach posłużono się również kalendarzami typów cyrkulacji według Lityńskiego w danym dniu z lat 1951–2010 opracowanymi przez Stępniewską-Podrażkę (1991) oraz Pianko-Kluczyńską (2006). Typy cyrkulacji według klasyfikacji Lityńskiego zostały wyznaczone przez analizę kierunku napływu mas powietrza oraz wartości ciśnienia nad Warszawą (łącznie wyodrębniono 27 typów). Poszczególne klasy są równoprawdopodobne (Lityński 1969).

Analizę uwarunkowań cyrkulacyjnych temperatury powietrza miesięcy zimowych (grudnia, stycznia i lutego) wykonano przez obliczenie korelacji liniowej Pearsona

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

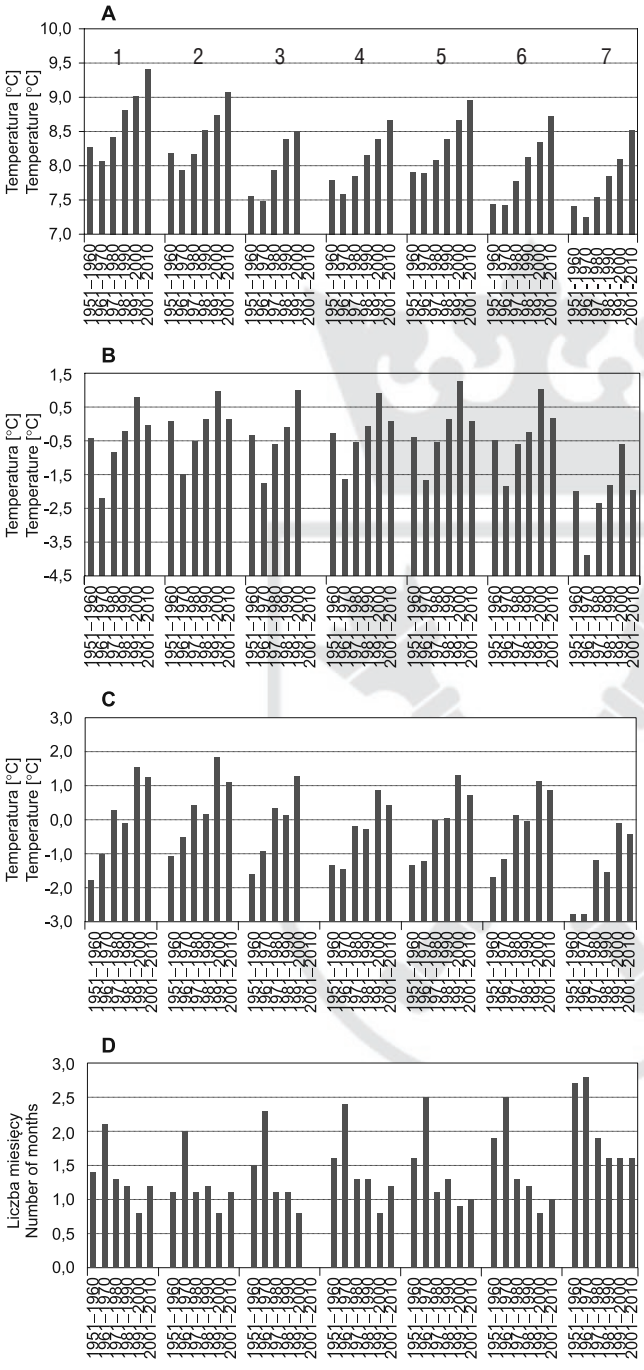
wartości indeksu NAO oraz liczby dni w miesiącu z danym typem cyrkulacji (oraz typami pogrupowanymi w następujące sektory: NEa+NEo+NEc+Ea+Eo+Ec, NEa+NEo+NEc+Ea+Eo+Ec+SEa+SEo+SEc, Ec+Eo+Ec+SEa+SEo+SEc+Sa-+So+Sc, SWa+SWo+SWc+Wa+Wo+Wc i SWa+SWo+SWc+Wa+Wo+Wc+NWa+NWo+NWc) ze średnimi miesięcznymi wartościami temperatury miesięcy zimowych (1951–2010). Wyodrębniono również 30 dni z najwyższą maksymalną dobową temperaturą na poszczególnych stacjach (dla Helu przeanalizowano 32 dni ze względu na trzykrotne wystąpienie tej samej wartości granicznej), a następnie określono typ cyrkulacji, który wystąpił w każdym z tych dni (1986–2010). Aby potwierdzić wpływ danego typu cyrkulacji na pojawienie się wysokiej temperatury w miesiącach zimowych, porównano częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji w wyróżnionych 30 dniach z przeciętną frekwencją typów cyrkulacji występujących zimą na analizowanych stacjach. Wyniki porównania zweryfikowano za pomocą testu kolejności par Wilcoxona, którego hipoteza zerowa informuje o braku różnicy w rozkładach szeregów danych. W teście tym oprócz dwóch porównywanych zmiennych wprowadzono trzecią. Określa ona wartość bezwzględną różnicy pomiędzy wartościami sparowanych obserwacji. W tym wypadku parę tworzy prawdopodobieństwo wystąpienia danego typu cyrkulacji w dniach należących do trzydziestu z najwyższą maksymalną dobową temperaturą na stacji oraz prawdopodobieństwo wystąpienia danej cyrkulacji w przeciętnym dniu zimy. Jako poziom istotności, zarówno dla współczynników korelacji, jak i testu kolejności par przyjęto standardowo 0,05.

Występowanie nietypowo ciepłych miesięcy zimowych na Pobrzeżach Południowobałtyckich

W latach od 1988 r. (łącznie z grudniem 1987) do roku 1995 miesięczne wartości temperatury w Szczecinie spadły poniżej 0°C tylko dwukrotnie – w lutym 1991 i w lutym 1994 r. W latach od 1998 (łącznie z grudniem 1997) do 2002 r. miesięczna temperatura powietrza ani razu nie była ujemna. Wcześniej zimy, w których temperatura miesięczna nie spadła poniżej 0°C występowały jedynie sporadycznie, w latach: 1951/1952, 1956/1957, 1973/1974 oraz 1974/1975. Od 2003 r. ujemna temperatura zimą znów stała się normą, aczkolwiek podczas zim 2006/2007 i 2007/2008 w Szczecinie wszystkie wartości temperatury miesięcznej były dodatnie.

Na rycinie 1 zaprezentowano średnie dekadowe wartości temperatury rocznej oraz stycznia, lutego i liczby miesięcy z ujemną temperaturą miesięczną. O ile dekadowe wartości temperatury rocznej, począwszy od lat 70. XX w. systematycznie wzrastały, o tyle temperatura stycznia i lutego w pierwszej dekadzie XXI w. była niższa niż w latach 90. XX w. (ryc. 1). Podobne zmiany dotyczyły liczby

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych



Ryc. 1. Średnie dekadowe wartości: a) temperatury rocznej, b) temperatury stycznia, c) temperatury lutego, d) średniej liczby miesięcy w roku z temperaturą ujemną

Fig. 1. Mean decade values of: a) annual temperature, b) temperature in January, c) temperature in February, d) the average number of months in the year with temperatures below zero degrees

Objaśnienia / Explanations:
1. Szczecin
2. Świnoujście
3. Kołobrzeg
4. Hel
5. Gdynia
6. Ustka
7. Elbląg

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

Tab. 1. Najcieplejsze i najchłodniejsze zimy na Pobrzeżach Południowobałtyckich (1951–2010)
Table 1. Warmest and coldest winters in the southern Baltic coast (1951–2010)

Zimy Winters	Szczecin		Świnoujście		Hel		Gdynia		Ustka		Elbląg	
	Zima Winter	Tp	Zima Winter	Tp	Zima Winter	Tp	Zima Winter	Tp	Zima Winter	Tp	Zima Winter	Tp
Najcieplejsze Warmest	2006/07	4,3	2006/07	4,3	2006/07	3,6	1989/90	4,2	2006/07	4,1	2006/07	2,8
	1989/90	4,0	1989/90	4,0	1989/90	3,6	1988/89	4,0	1989/90	4,0	1989/90	2,6
Najchłodniejsze Coldest	1962/03	-6,1	1962/03	-5,0	1962/03	-3,8	1969/70	-4,1	1969/70	-4,8	1962/03	-6,9
	1969/70	-5,2	1969/70	-4,2	1969/70	-3,5	1962/03	-3,8	1962/03	-4,6	1969/70	-6,9

Objaśnienia / *Explanations*: Tp – temperatura powietrza [°C] / Tp – air temperature [°C]

Tab. 2. Współczynniki korelacji indeksu NAO i miesięcznych wartości temperatury powietrza (1951–2010)
Table 2. Correlation coefficients of the NAO index and the mean monthly air temperature (1951–2010)

Stacje / Stations	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
Szczecin	**0,80**	**0,68**	**0,60**	0,08	0,15	-0,13	0,00	0,12	**0,33**	**0,49**	**0,32**	**0,62**	**0,31**
Świnoujście	**0,79**	**0,69**	**0,61**	0,10	0,24	0,03	0,06	0,07	0,25	**0,46**	**0,31**	**0,61**	**0,35**
Hel	**0,76**	**0,66**	**0,56**	0,02	0,07	-0,14	0,05	0,02	**0,26**	**0,51**	0,21	**0,58**	**0,34**
Gdynia	**0,77**	**0,68**	**0,60**	0,04	0,13	-0,15	0,04	0,01	0,25	**0,48**	0,23	**0,60**	**0,35**
Ustka	**0,77**	**0,64**	**0,60**	0,03	0,17	-0,6	0,03	0,07	**0,27**	**0,45**	0,25	**0,58**	**0,30**
Elbląg	**0,76**	**0,67**	**0,54**	0,02	0,12	-0,17	-0,01	-0,02	0,25	**0,47**	0,24	**0,57**	**0,27**

Objaśnienia: Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie na poziomie 0,05
Explanations: Coefficients statistically significant at 0.05 level are in bold

miesięcy w roku z ujemną temperaturą powietrza. W XXI w. na wybrzeżu temperatura miesięczna poniżej 0°C występowała częściej niż pod koniec XX w. (ryc. 1d). Szczególnie istotne jest porównanie tendencji dotyczących temperatury w miesiącach zimowych z wartościami rocznymi, które wskazują na systematyczne ocieplanie się klimatu Pobrzeży Południowobałtyckich (ryc. 1a). O zmianach temperatury w miesiącach zimowych świadczy również analiza liczby miesięcy w roku z ujemną temperaturą powietrza (ryc. 1d). W grudniu na poszczególnych stacjach relacje między temperaturą dekadową prezentowały się inaczej, nie było uporządkowania charakterystycznego w styczniu i lutym.

Na analizowanych stacjach najwyższe miesięczne wartości temperatury od grudnia do lutego w badanym sześćdziesięcioleciu wystąpiły zimą 1989/1990 (Gdynia i Elbląg – również 1988/1989) oraz 2006/2007. Najniższa średnia temperatura miesięcy zimowych wystąpiła natomiast w latach: 1962/1963 i 1969/1970 (tab. 1). Na zachodzie najwyższe miesięczne wartości temperatury w zimie były wyższe niż na wschodzie. Najwyższa maksymalna temperatura dobowa (w latach 1986–2010) wystąpiła 21 lutego 1990 r. w Kołobrzegu i Szczecinie (17,8°C i 17,9°C), w styczniu natomiast – 14 stycznia 1991 r. w Szczecinie (14,8°C; tab. 4).

Związki temperatury powietrza z NAO

Przeanalizowanie związków średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza z NAO wykazało najsilniejszy (w porównaniu z innymi miesiącami) wpływ adwekcji powietrza znad Atlantyku na wzrost temperatury w styczniu (tab. 2). W tabeli 2 podano współczynniki korelacji we wszystkich miesiącach i w roku, aby umożliwić porównanie zależności zachodzących w miesiącach zimowych. Uwagę zwraca występowanie dużo silniejszych związków zimą niż w innych porach roku.

Współwystępowanie jednakowych kierunków zmian NAO i temperatury powietrza było najłatwiej zauważalne w styczniu w Szczecinie i Świnoujściu (ryc. 2). Szczególnie wyraźnie uwidacznia się jednoczesne występowanie w latach 1988–1995 wysokiej dodatniej wartości indeksu NAO oraz wysokiej jak na zimę (dodatniej) temperatury powietrza.

W XXI w. wartości indeksu NAO w styczniu i lutym oscylują wokół wartości średnich z całego analizowanego w pracy 60-lecia (1951–2010). Zimy w tym okresie były chłodniejsze niż w latach 90. XX w., ale cieplejsze niż średnio w drugiej połowie XX w. Przejawia się to m.in. w szczególnie widocznej dla społeczeństwa i wywierającej znaczący wpływ na gospodarkę (śnieg, oblodzenie dróg) częstości występowania temperatury ujemnej. W okresie wzmożonego spływu zachodniego na Pobrzeżu Szczecińskim ujemna temperatura powietrza, nawet zimą, należała do rzadkości.

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

Tab. 3. Współczynniki korelacji między liczbą dni z określonym typem cyrkulacji a miesięczną temperaturą powietrza (1951–2010)
Table 3. Correlation coefficients between numbers of days with a particular circulation and the monthly air temperature (1951–2010)

Miesiąc, cyrkulacja Month, circulation	Szczecin	Świnoujście	Hel	Gdynia	Ustka	Elbląg
XII, SW+W+NW	0,74	0,73	0,71	0,72	0,73	0,72
XII, NE+E+SE	-0,52	-0,53	-0,56	-0,55	-0,56	-0,53
I, SW+W+NW	0,76	0,75	0,73	0,75	0,74	0,74
I, NE+E+SE	-0,76	-0,74	-0,78	-0,79	-0,76	-0,77
II, SW+W+NW	0,72	0,72	0,70	0,73	0,74	0,76
II, NE+E+SE	-0,77	-0,76	-0,76	-0,78	-0,79	-0,79

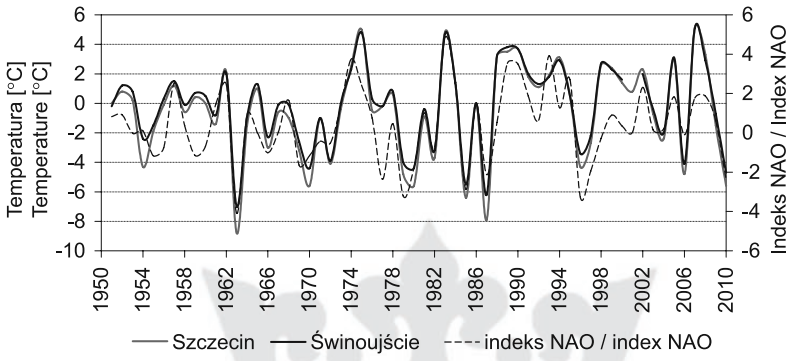
Objaśnienia: Wszystkie współczynniki są istotne statystycznie na poziomie 0,05
Explanations: All coefficients are statistically significant at 0.05 level

Tab. 4. Typy cyrkulacji w dniach z najwyższą temperaturą w poszczególnych miesiącach zimowych (1986–2010)
Table 4. Types of circulation on the days with highest temperatures in particular winter months (1986–2010)

Szczecin			Świnoujście			Kołobrzeg			Łeba			Hel		
Data Date	Tp	Cyrkul. Circul.	Data Date	Tp	Cyrkul. Circul.	Data Date	Tp	Cyrkul. Circul.	Data Date	Tp	Cyrkul. Circul.	Data Date	Tp	Cyrkul. Circul.
21.02. 1990	17,9	Wa	21.02. 1990	17,1	Wa	21.02. 1990	17,8	Wa	20.02. 1990	10,7	SWa	22.12. 1989	9,3	Wc
10.01. 1991	14,8	SWc	10.01. 1991	13,8	SWc	16.12. 1994	13,8	Na	05.12. 1986	10,6	Wa	06.01. 1999	9,3	Wc
21.12. 1989	14,3	Swc	05.02. 2006	13,0	SWc	10.01. 1991	13,5	SWc	11.01. 2005	10,4	NWa	02.02. 2002	9,3	SWa

Objaśnienia / *Explanations:* Tp – temperatura powietrza [°C] / Tp – air temperature [°C]

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych



Ryc. 2. Zmienność wieloletnia indeksu NAO oraz temperatury powietrza w styczniu w Szczecinie i Świnoujściu

Fig. 2. Long-term variability of the NAO index and the air temperature in January in Szczecin and Świnoujście

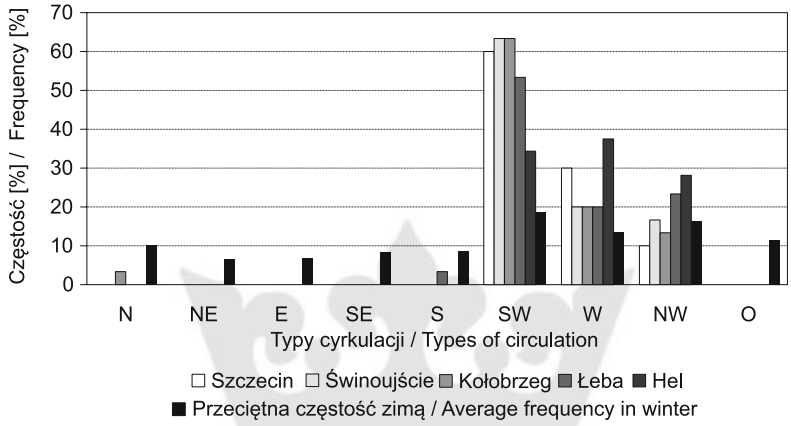
Związki temperatury powietrza z typami cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji Lityńskiego

Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza (1951–2010) najsilniej korelują z typami cyrkulacji według Lityńskiego w styczniu (podobnie jak w przypadku NAO). Najwyższe bezwzględne wartości współczynników korelacji otrzymano w przypadku średniej miesięcznej temperatury z łączną liczbą dni z typami cyrkulacji SW, W i NW oraz z sumą dni z typami NE, E i SE (tab. 3). W pozostałych przypadkach (niepodanych w tabeli 3) współczynniki korelacji przyjmowały wartości poniżej 0,5. Wyjątek stanowiły jedynie współczynniki korelacji średniej miesięcznej temperatury powietrza z liczbą dni z cyrkulacją E oraz SW w styczniu, które wynosiły niewiele ponad 0,5.

Najwyższa maksymalna temperatura dobowa wystąpiła na większości stacji wyłącznie w dniach z cyrkulacją z sektora zachodniego, z czego najczęściej przy cyrkulacji SW – około 60% analizowanych przypadków. Wyjątek stanowił Hel, gdzie w najcieplejszych dniach miesięcy zimowych mniej więcej jednakowo często pojawiała się cyrkulacja SW, W i NW. Typy cyrkulacji w dniach z najwyższą temperaturą w każdym z miesięcy zimowych zaprezentowano w tabeli 4. Typy cyrkulacji według Lityńskiego zawierające składową zachodnią świadczą o intensywnym spływie zachodnim wiążącym się z napływem mas powietrza morskiego (Lityński 1969).

Na kolejnych rycinach przedstawiono częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji w trzydziestu dniach z najwyższą maksymalną dobową temperaturą

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych



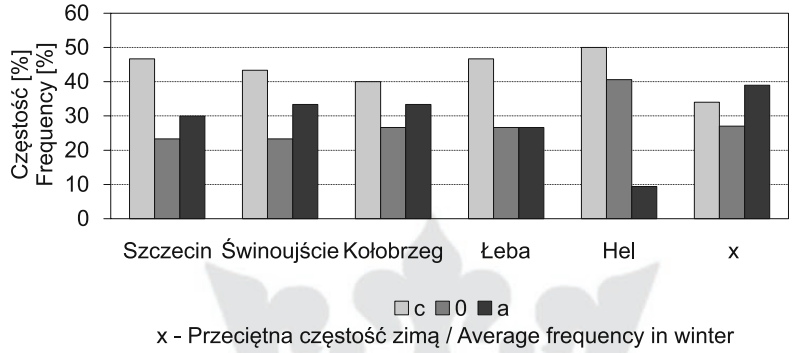
Ryc. 3. Częstość dni z danym typem cyrkulacji w 30 dniach z najwyższą maksymalną dobową temperaturą zimą (grudzień-luty) na danej stacji (1986–2010)
Fig. 3. Frequency of days with a given circulation type in 30 days with the highest (daily maximum) temperature in winter (Dec.–Feb.) at a particular station (1986–2010)

Objaśnienia: Przeciętna częstość zimą – częstość dni z danym typem cyrkulacji w całkowitej liczbie dni zimą
Explanations: Average frequency in winter – the frequency of days with a given circulation type in the total number of days in winter

powietrza na danej stacji w miesiącach zimowych (ryc. 3). W opracowaniu zweryfikowano, czy dany kierunek napływu mas powietrza jest szczególnie sprzyjający występowaniu najwyższej temperatury w miesiącach zimowych na danej stacji, czyli czy występuje częściej w 30 dniach o najwyższej temperaturze niż przeciętnie zimą (grudzień-luty). W tym celu porównano prawdopodobieństwo występowania danego typu cyrkulacji w wyodrębnionych 30 dniach z prawdopodobieństwem wystąpienia danego typu zimą na danej stacji w analizowanym okresie 1986–2010 (na rycinie – przeciętna częstość zimą). Przeanalizowano również prawdopodobieństwo pojawiania się typów cyklonalnych (c), antycyklonalnych (a) i obojętnych (0) w dniach z najwyższą temperaturą zimą (ryc. 4).

Najwyższa temperatura występuje najczęściej w dniach z cyrkulacją określaną przez Lityńskiego jako cyklonalna (Lityński 1969), czyli przy ciśnieniu atmosferycznym nad Warszawą niższym od przeciętnego. Nie na wszystkich stacjach typ układu barycznego oddziałującego na daną stację miał decydujący wpływ na wartość temperatury powietrza (ryc. 4).

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych



Ryc. 4. Częstość dni z cyrkulacją cyklonalną (c), obojętną (0) i antycyklonalną (a) w 30 dniach z najwyższą temperaturą zimą (1986–2010)
Fig. 4. Frequency of days with cyclonic (c), neutral (0) and anticyclonic (a) circulation in 30 days with the highest temperature in winter (1986–2010)

Objaśnienia: Przeciętna częstość zimą – częstość dni z danym typem cyrkulacji w całkowitej liczbie dni zimą
Explanations: Average frequency in winter – the frequency of days with a given circulation type in the total number of days in winter

Test par Wilcoxona wykazał podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej. Oznacza to brak podobieństwa między rozkładami prawdopodobieństwa wystąpienia określonej cyrkulacji w 30 dniach z najwyższą maksymalną temperaturą dobową zimą na danej stacji do rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia danej cyrkulacji w przeciętnym dniu zimy badanego wielolecia. Poziomy istotności testu wynosiły od 0,130 do 0,427. Można więc przyjąć, że częstość występowania określonych typów cyrkulacji w dniach z najwyższą temperaturą zimą jest istotnie odmienna niż przeciętna częstość ich występowania w miesiącach zimowych.

Wnioski i dyskusja

Od połowy XX w. na Pobrzeżach Południowobałtyckiech wzrasta temperatura powietrza w miesiącach zimowych. Ta ogólna tendencja jest wyraźnie modyfikowana w poszczególnych okresach przez silny wpływ cyrkulacji. Szczególnie wysoka temperatura zimą (grudzień-luty) w latach 90. XX w. wynikała ze zwiększenia intensywności cyrkulacji zachodniej w latach 1988–1995. W ostatnich latach XX i w pierwszej

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

dekadzie XXI w. wystąpił natomiast malejący trend natężenia spływu zachodniego w Polsce, szczególnie wyraźny zimą (Marosz i Ustrnul 2010), który przyczynił się do zwiększenia częstości występowania temperatury ujemnej.

Zależność średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, zarówno z wartościami indeksu NAO, jak i z liczbą dni z określonymi typami cyrkulacji według Lityńskiego potwierdziły silny wpływ adwekcji mas powietrza znad Atlantyku na relatywnie wysoką temperaturę w miesiącach zimowych. Zmiany w natężeniu zachodniej adwekcji mas powietrza sprawiły, że na początku XXI w. temperatury w miesiącach zimowych były niższe niż pod koniec XX w., a w konsekwencji w całym analizowanym okresie (1951–2010). Trendy zmian temperatury były w grudniu i styczniu nieistotne (Kirschenstein 2013; Świątek 2013). Wiązało się to ze szczególnie wyraźnym wpływem na klimat Europy (przede wszystkim na temperaturę i opady) cyrkulacji atmosfery wyrażonej przez indeks NAO oraz inne miary cyrkulacji właśnie zimą (Moberg i Jones 2005). Zarówno Bałtyk, jak i Atlantyk wywierają silniejszy wpływ na deformację pola temperatury w Polsce zimą, podczas gdy latem wpływy te były maskowane przez działanie czynnika solarnego (Stopa-Boryczka i Boryczka 1992; Ferdynus i Marsz 2010).

Wykazane w pracy związki wysokiej temperatury powietrza zimą z zachodnim makrotypem cyrkulacji zostały potwierdzone dla całej środkowej i północnej Europy (Kożuchowski i Marciniak 1990; Hanssen-Bauer i Førland 2000). Wpływ na wzrost temperatury zimą cyrkulacji cyklonalnej z sektora zachodniego przejawiał się chociażby stosunkowo rzadkim występowaniem dni mroźnych w tych dniach (Baranowski i Kirschenstein 2008) oraz cieńszą i obejmującą mniejszą powierzchnię pokrywą lodową na akwenach przybrzeżnych (Girjatowicz 2001).

Literatura

Archer D., 2007, *Global Warming. Understanding the Forecast*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.

Baranowski D., Kirschenstein M., 2008, *Częstość występowania oraz cyrkulacyjne uwarunkowania dni charakterystycznych pod względem termicznym w Ustce*, [w:] E. Rydz, A. Kowalak (red.), *Świadomość ekologiczna a rozwój regionalny w Europie Środkowo-Wschodniej*, Akademia Pomorska w Słupsku, Słupsk, 433–439.

Ferdynus J., Marsz A., 2010, *Zmiana charakteru struktury pogód na południowo-wschodnim wybrzeżu Bałtyku wraz ze słabnięciem klimatycznych wpływów Atlantyku w okresie regionalnego wzrostu temperatury*, [w:] E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*, Bogucki Wyd. Naukowe, Studia i Prace z Geografii i Geologii, 16, 51–65.

Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*, Przegląd Geofizyczny, 4, 283–303.

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

Girjatowicz J., 2001, *Effects of atmospheric circulation on ice conditions in the southern Baltic coastal lagoons*, International Journal of Climatology, 21, 1593–1605.

Hansen J., Ruedy R., Sato M., Lo K., 2010, *Global surface temperature change*, Reviews of Geophysics, 48, 4, http://onlinelibrary.wiley.com (dostęp: 10.06.2014).

Hanssen-Bauer I., Førland E., 2000, *Temperature and precipitation variations in Norway 1900–1994 and their links to atmospheric circulation*, International Journal of Climatology, 20, 1693–1708.

Hartmann D., Klein Tank A., Rusticucci M., Alexander L., Brönnimann S., Charabi Y., Dentener F., Dlugokencky E., Easterling D., Kaplan A., Soden B., Thorne P., Wild M. and P.M. Zhai, 2013, *Observations: Atmosphere and Surface*, [w:] T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (red.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York.

Jones P.D., Jónsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*, International Journal of Climatology, 17, 1433–1450.

Kirschenstein M., 2013, *Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w północno-zachodniej Polsce*, Akademia Pomorska, Słupsk.

Koźmiński Cz., Michalska B., 2008, *Variability of maximum daily air temperature in the zone of the Polish Baltic Sea coast*, Acta Agrophysica, 12 (2), 437–456.

Kożuchowski K., 2004, *Skala i tendencje współczesnych zmian temperatury w Polsce*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Łódź, 69–81.

Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*, Przegląd Geofizyczny, 1–2, 81–89.

Kożuchowski K., Żmudzka E., 2003, *100-year series of areally averaged temperatures and precipitation totals in Poland*, [w:] L. Pyka, M. Dubicka, A. Szczepankiewicz-Szmyrka, M. Sobik, M. Błaś (red.), *Man and Climate in the 20-th Century*, Studia Geograficzne, 75, 116–122.

Kożuchowski K., Marciniak K., 1990, *The influence of global circulation patterns on inter-annual temperature changes in Europe*, Meteorologische Zeitschrift, 40 (4), 237–240.

Lehmann A., Getzlaff K., Harlaß J., 2011, *Detailed assessment of climate variability in the Baltic Sea area for the period 1958 to 2009*, Climate Research, 46, 185–196.

Lityński, 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*, Prace PIHM, 97.

Marosz M., Ustrnul Z., 2010, *Zmienność warunków cyrkulacyjnych nad Polską na tle obszaru atlantycko-europejskiego (1951–2008). Rezultaty projektu KLIMAT*, [w:] E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*, Bogucki Wyd. Naukowe, Studia i Prace z Geografii i Geologii, 16, 23–38.

Marsz A., 1999, *Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku*, Przegląd Geograficzny, 3, 225–243.

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych

Marsz A., 2001, *Stan termiczny Północnego Atlantyku a reżim termiczny zim na polskim wybrzeżu Bałtyku*, WSM w Gdyni, Gdynia.

Marsz A., Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*, WSM w Gdyni, Gdynia.

Miętus M., Filipiak J., 2004, *The temporal and spatial patterns of thermal conditions in the area of the southwestern coast of the Gulf of Gdańsk (Poland) from 1951 to 1998*, International Journal of Climatology, 24, 499–509.

Moberg A., Jones Ph., 2005, *Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe, 1901–99*, International Journal of Climatology, 25, 1149–1171.

Morski Komunikat Hydrologiczno-Meteorologiczny, 1960–90, Oddział Morski IMGW, Gdynia.

Pianko-Kluczyńska K., 2006, *Nowy kalendarz typów cyrkulacji atmosfery według J. Lityńskiego*, IMGW, Warszawa.

Przegląd Pogody, 1949–1967, Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, Warszawa.

Rocznik Meteorologiczny, 1954–1977, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

Stępniewska-Podrażka M., 1991, *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery (1951–90)*, IMGW, Warszawa.

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1992, *Wpływ Oceanu Atlantyckiego i Morza Bałtyckiego na klimat Polski*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, 44, A, Geografia Fizyczna, 153–158.

Świątek M., 2013, *Zmiany temperatury powietrza i sum opadów na obszarze Pobrzeży Południowobałtyckich i ich wpływ na klimatyczny bilans wodny, na tle zmian globalnych*, [w:] R. Borówka, A. Cedro, I. Kavetskyy (red.), *Współczesne problemy badań geograficznych*, US i PAN, Szczecin, 35–45.

Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 1990,…, 2010 roku, 1991–2013, Materiały Oddziału Morskiego IMGW, Gdynia.

Wibig J., 2000, *Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu*, Przegląd Geofizyczny, 2, 121–137.

Żmudzka E., 2004, *Tendencje zmian a zróżnicowanie przestrzenne elementów klimatu w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Badania geograficzne w poznaniu środowiska*, UMCS, Lublin.

Małgorzata Świątek
Uniwersytet Szczeciński
Instytut Nauk o Morzu
ul. Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin
e-mail: malgorzata.swiatek@univ.szczecin.pl

Publikacja objęta jest prawem autorskim. Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie zabronione.
Publikacja przeznaczona jedynie dla klientów indywidualnych. Zakaz rozpowszechniania i udostępniania w serwisach bibliotecznych