



OCENA WARUNKÓW TERMICZNYCH W REJONIE BYDGOSZCZY NA PRZYKŁADZIE STACJI LOTNISKO BYDGOSZCZ-SZWEDEROWO

Edward Łaszycza¹, Renata Kuśmierk-Tomaszewska²

¹Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy

²Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

EVALUATION OF THERMAL CONDITIONS IN BYDGOSZCZ REGION ON EXAMPLE OF THE STATION AIRPORT BYDGOSZCZ-SZWEDEROWO

Streszczenie

Celem badań była charakterystyka zmienności średnich dobowych, miesięcznych i rocznych wartości temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy w latach 1951-2010, na przykładzie pomiarów z reprezentatywnej stacji meteorologicznej zlokalizowanej w obrębie Lotniska Bydgoszcz-Szwederowo. Pomiarzy temperatury powietrza prowadzone były na wysoczyźnie, w odległości około 3,5 km od centrum miasta. W pracy zbadano wielkość zmian średniej temperatury powietrza obliczając wybrane elementy statystyki opisowej. Przeprowadzono analizę regresji i na podstawie liniowej funkcji określono kierunek zmian badanych wskaźników w czasie. Ponadto warunki termiczne panujące w Bydgoszczy poddano klasyfikacji zaproponowanej przez Lorenc [1994].

Średnia temperatura powietrza w rejonie Bydgoszczy, zwłaszcza w miesiącach zimowych, charakteryzowała się dużą zmiennością czasową, właściwą dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski. Średnią roczną temperaturę powietrza charakteryzował statystycznie istotny wzrost wraz z upływem czasu, na poziomie 0,17°C/10 lat. W trzydziestoleciu 1981-2010 w stosunku do poprzedniego wielolecia 1951-1980 nastąpiło zwiększenie zmienności czasowej średniej temperatury powietrza w 9 na 13 analizowanych przypadków. Miesiące mieszczące się w normie termicznej stanowiły 40,8% wszystkich analizowanych okresów miesięcznych w całym okresie badawczym 1951-2010.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, rejon Bydgoszczy, zmienność czasowa, zmiany klimatu

Summary

The purpose of the research was to characterize the variability of mean daily, monthly and annual air temperature in the region of Bydgoszcz in the years 1951-2010, based on measurements from a representative meteorological station located within the Airport Bydgoszcz-Szwederowo. Air temperature measurements were carried out on the plateau, about 3.5 km from the city center. This paper presents a range of changes of the average air temperature, on the basis of selected, calculated elements of descriptive statistics. Regression analysis was performed and the linear function determined direction of studied parameters at a time. In addition, the thermal conditions prevailing in Bydgoszcz were classified based on the method proposed by Lorenc[1994].

The average air temperature in the region of Bydgoszcz, especially in the winter months, was characterized by high temporal variability, appropriate to moderate and transitional climate in Poland. Average annual air temperature was characterized by a statistically significant increase over time, at 0.17 °C per 10 years. There has been a temporary extension of the variability of average air temperature in the thirty-year 1981-2010 in 9 out of 13 examined cases, compared to the previous period 1951-1980. Months classified as normal thermal periods accounted for 40.8% of all analyzed monthly basis, throughout the study period 1951-2010.

Key words: *air temperature, the region of Bydgoszcz, temporal variability, climate change*

WSTĘP

Wieloletnie serie pomiarów elementów meteorologicznych, mają zasadnicze znaczenie w badaniach nad charakterystyką klimatu i prognozowanymi zmianami. Szczególnie dużą rolę w tych badaniach przypisuje się temperaturze powietrza, której zmienność w czasie i przestrzeni wpływa na warunki klimatyczne, a przez to na środowisko przyrodnicze danego obszaru. Podstawowym parametrem meteorologicznym, stanowiącym kompleksowy wskaźnik opisujący warunki termiczne są homogeniczne serie średniej temperatury powietrza [Woś 1999].

Tendencje zmian temperatury powietrza w Europie i Polsce, ilustrowane liniowymi równaniami regresji, wskazują na wzrost temperatury powietrza w drugiej połowie, a zwłaszcza w ostatnich dziesięcioleciach XX wieku [Jones i in. 1999, Michalska 2009, Żmudzka 2010]. Dotychczasowe wyniki badań charakteryzują zmienność warunków termicznych powietrza w skali całego kraju [Fortuniak i in. 2001, Kożuchowski i Degirmendżić 2005, Przybylak i in. 2005, Zawora 2005, Żmudzka 2009, Michalska 2011], jak również w niektórych regionach [Kirschenstein i Baranowski 2009, Gregorczyk i Michalska 2011, Żmudzka 2009, Majewski i in. 2012]. Jednakże, poza opracowaniem Żarskiego i in. [2010], w którym autorzy badają zmiany elementów meteorologicznych w agroregionie Bydgoszczy oraz Roguskiego i in. [1996], które bazowało na pomiarach

stacji IMUZ poddanej silnej antropopresji, brakuje tego rodzaju reprezentatywnego studium dla miasta i okolicy Bydgoszczy.

Celem pracy była ocena zmienności warunków termicznych w rejonie Bydgoszczy w oparciu o standardowe, reprezentatywne pomiary meteorologiczne prowadzone na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były jednorodne serie średniej dobowej temperatury powietrza z lat 1951-2010, które zostały wyliczone w oparciu o pomiary prowadzone metodą standardową (termometrami cieczowymi w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m n.p.g.), zgodnie z procedurami IMGW. Mimo, że w badanym wieloleciu trzykrotnie zmieniała się procedura wyliczania średniej dobowej temperatury powietrza, na potrzeby niniejszej pracy, dla całego okresu wieloletniego obliczono wielkość tego wskaźnika zgodnie z obecnie obowiązującą w IMGW formułą:

$$T = (t_{\min} + t_{\max} + t^{06} + t^{18}) / 4$$

gdzie:

- T – średnia temperatura dobowa (°C),
- t_{\min} – minimalna temperatura w ciągu doby,
- t_{\max} – maksymalna temperatura w ciągu doby,
- t^{06} – aktualna temperatura powietrza o godzinie 06 (czasu UTC+1),
- t^{18} – aktualna temperatura powietrza o godzinie 18 (czasu UTC+1).

Dane źródłowe pochodziły ze stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo, która w latach 1951-1982 działała pod auspicjami Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, a w okresie 1983-2010 Wojskowej Lotniskowej Stacji Meteorologicznej wykonującej meteorologiczną osłonę lotnictwa wojskowego i cywilnego oraz znormalizowane pomiary i obserwacje klimatologiczne. Punkty pomiarowe usytuowane były w obrębie lotniska, w odległości około 800 m od siebie, więc dane użyte do badań uznano za jednorodne, spełniające warunek porównywalności miejsca pomiaru. Stacja położona na wysoczyźnie na terenie Lotniska Bydgoszcz-Szwederowo ($\varphi=53^{\circ}05'N$, $\lambda=17^{\circ}58'E$, $h=72,0$ m n.p.m.), oddalona jest około 3,5 km od centrum miasta.

W pracy zbadano wielkość zmian średniej dobowej temperatury w wieloleciu 1951-2010 obliczając wybrane elementy statystyki opisowej. Przeprowadzono analizę regresji i na podstawie liniowej funkcji trendów określono kierunek zmian badanych elementów w czasie. Dzieląc okres badań na dwa trzydziestolecia 1951-1980 i 1981-2010, zbadano, czy wraz z upływem czasu nastąpiło zwiększenie ekstremalności warunków termicznych. Ponadto roczny przebieg temperatury średniej powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-

Szwederowo porównano z wynikami Hohendorfa (1959, 1967) opracowanymi dla Bydgoszczy w latach 1881-1930 i 1946-1965.

Warunki termiczne panujące w Bydgoszczy poddano klasyfikacji zaproponowanej przez Lorenc [1994; 1996], na podstawie której ocenę termiczną wyprowadzono z relacji pomiędzy średnią temperaturą danego miesiąca lub roku, a średnią z okresu normalnego, powiększoną lub pomniejszoną o wielokrotność odchylenia standardowego (δ). Klasyfikacja okresów termicznych według Lorenc obejmuje następujące okresy termiczne:

<u>Nazwa klasy</u>	<u>Przedział wartości temperatury</u>
ekstremalnie ciepły	$T > T_{\text{sr}} + 2,5\delta$
anomalnie ciepły	$T_{\text{sr}} + 2,0\delta < T \leq T_{\text{sr}} + 2,5\delta$
bardzo ciepły	$T_{\text{sr}} + 1,5\delta < T \leq T_{\text{sr}} + 2,0\delta$
ciepły	$T_{\text{sr}} + 1,0\delta < T \leq T_{\text{sr}} + 1,5\delta$
lekko ciepły	$T_{\text{sr}} + 0,5\delta < T \leq T_{\text{sr}} + 1,0\delta$
normalny	$T_{\text{sr}} - 0,5\delta \leq T \leq T_{\text{sr}} + 0,5\delta$
lekko chłodny	$T_{\text{sr}} - 1,0\delta \leq T < T_{\text{sr}} - 0,5\delta$
chłodny	$T_{\text{sr}} - 1,5\delta \leq T < T_{\text{sr}} - 1,0\delta$
bardzo chłodny	$T_{\text{sr}} - 2,0\delta \leq T < T_{\text{sr}} - 1,5\delta$
anomalnie chłodny	$T_{\text{sr}} - 2,5\delta \leq T < T_{\text{sr}} - 2,0\delta$
ekstremalnie chłodny	$T < T_{\text{sr}} - 2,5\delta$

gdzie:

T – średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$),

T_{sr} – średnia wieloletnia temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$),

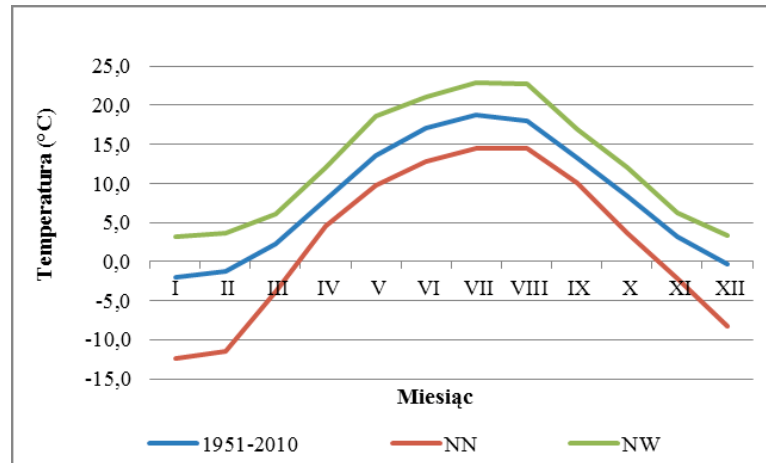
δ – odchylenie standardowe ($^{\circ}\text{C}$),

Wykorzystując kalendarz typów cyrkulacji atmosfery według Niedźwiedzia [2010], przeprowadzono roczną analizę średnich dobowych przebiegów temperatury powietrza na stacji lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo na tle sytuacji cyrkulacyjnej.

WYNIKI

Średnia roczna temperatura powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w wieloleciu 1951-2010 wyniosła $8,2^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Przebieg roczny temperatury był typowy dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski (rys. 1). Najcieplejszy był rok 2000, w którym średnia roczna wartość temperatury powietrza przewyższyła średnią badanego wielolecia o $1,7^{\circ}\text{C}$, najchłodniejszymi były lata 1985 i 1987 z temperaturą roczną wynoszącą $6,4^{\circ}\text{C}$.

Średnio, najniższa temperatura powietrza rejestrowana była w styczniu ($-2,0^{\circ}\text{C}$), a najwyższa w lipcu ($18,7^{\circ}\text{C}$). W badanym okresie 1951-2010, najwyższa miesięczna temperatura powietrza została zarejestrowana w lipcu 2006 roku, osiągając wartość równą $22,6^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Najchłodniejszym miesiącem był styczeń 1987 roku, w którym temperatura wyniosła $-12,4^{\circ}\text{C}$.



Źródło: własne opracowanie wyników;
Source: own elaboration of results

Rysunek 1. Roczny przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010 (NN – najniższa, NW – najwyższa w wieloleciu)

Figure 1. Annual course of air temperature based on average monthly values at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1951-2010 (NN - the lowest, NW - the highest in the multi-year)

Wszystkie badane okresy miesięczne i roczny, cechowała duża zmienność czasowa temperatury. Większą zmiennością charakteryzowały się miesiące chłodne, w porównaniu z miesiącami ciepłymi i przejściowymi (tab. 1). Najwyższe wartości odchylenia standardowego stwierdzono w styczniu i lutym (odpowiednio 3,4 i 3,6°C), mniejsze w grudniu i marcu (2,5°C). Najmniejsze zróżnicowanie czasowe zaobserwowano w miesiącach letnich czerwcu i sierpniu (odpowiednio 1,3 i 1,4°C). Zbliżony rozkład był charakterystyczny dla innej miary rozrzutu jakim jest rozstęp, czyli odległość pomiędzy skrajnymi wartościami analizowanego wskaźnika (tab. 1). Największy rozstęp charakteryzował miesiące styczeń i luty (odpowiednio 15,9 i 15,4°C), najmniejszy natomiast stwierdzono w sierpniu i październiku (odpowiednio 6,2 i 6,3°C).

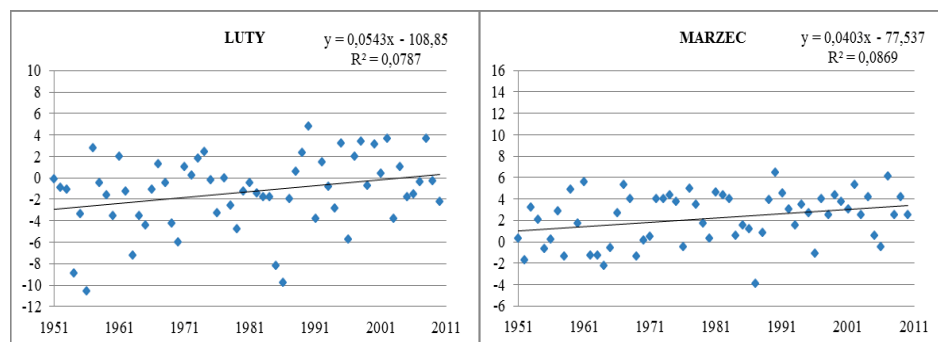
Na podstawie przeprowadzonej analizy trendów stwierdzono, że na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach badań 1951-2010, średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w lutym, marcu, kwietniu, maju, sierpniu oraz roku cechowała istotnie statystyczna zmiana przejawiająca się trendem dodatnim (tab. 2). W skali roku wielkość tych zmian zachodzących w przeciągu 10 lat oceniono na poziomie 0,17°C, a w miesiącach od 0,23°C w sierpniu do 0,54°C w lutym (rys. 2). W pozostałych badanych okresach można mówić o tendencjach, albowiem zmiany nie zostały potwierdzone statystycznie (tab. 2).

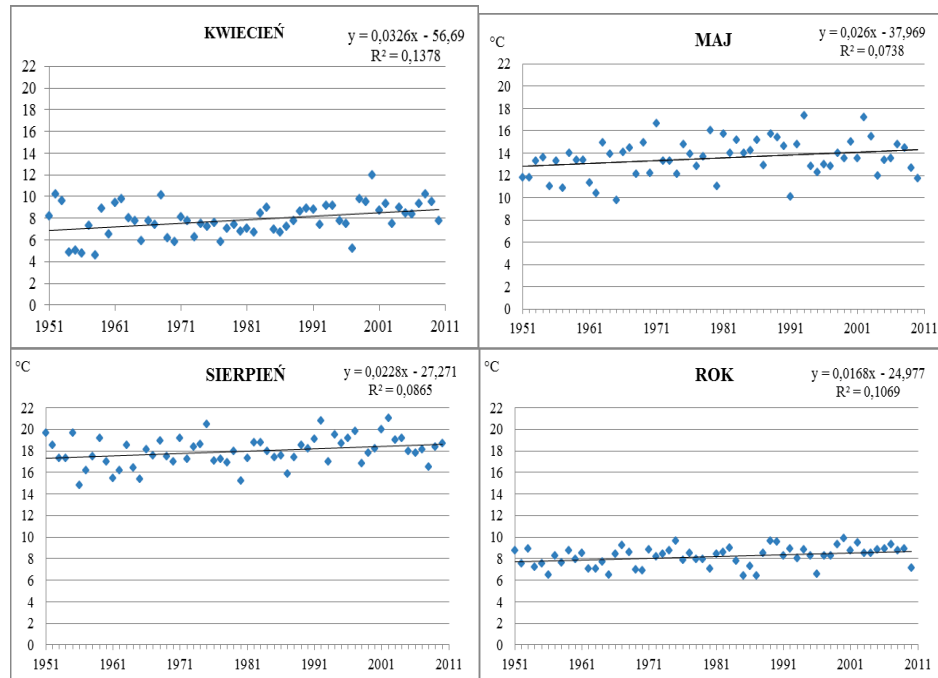
Z wyjątkiem czerwca i listopada, które charakteryzowały się ujemnym kierunkiem zmian oraz października, w którym zmian nie stwierdzono, styczeń, lipiec, wrzesień, październik i grudzień charakteryzowały tendencje dodatnie.

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz- Szwederowo w latach 1951-2010
Table 1. Average monthly air temperature at the station Airport Bydgoszcz- Szwederowo in the years 1951-2010

Okres Period	Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) Average monthly air temperature (°C)			Rozstęp Range (°C)	Odchylenie standardowe Standard deviation (°C)
	Wieloletnia Multi-annual	Najwyższa The highest	Najniższa The lowest		
I	-2,0	3,5 (1987)	-12,4 (1987)	15,9	3,4
II	-1,3	4,8 (2002)	-10,6 (1956)	15,4	3,6
III	2,2	6,6 (2002)	-3,9 (1987)	10,5	2,5
IV	7,9	12,0 (2000)	4,6 (1958)	7,4	1,6
V	13,6	17,4 (1993)	9,8 (1965)	7,6	1,7
VI	17,1	21,0 (1979)	14,0 (1985)	7,0	1,3
VII	18,7	22,6 (2006)	15,7 (1996)	6,9	1,7
VIII	18,0	21,0 (2002)	14,8 (1956)	6,2	1,4
IX	13,3	17,0 (1975)	10,5 (1986)	6,5	1,5
X	8,3	11,8 (2000)	5,5 (2003)	6,3	1,6
XI	3,1	6,3 (1963)	-1,4 (1993)	7,7	2,0
XII	-0,4	4,2 (2006)	-8,3 (1969)	12,5	2,5
I-XII	8,2	9,9 (2000)	6,4(1985, 1987)	3,5	0,9

Źródło: własne opracowanie wyników;
 Source: own elaboration of results





Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

Rysunek 2. Trendy zmienności czasowej średniej temperatury powietrza potwierdzone statystycznie na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010
Figure 2. Trends of temporal variability of average air temperature statistically significant at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1951-2010

Na podstawie prostych obliczeń statystycznych stwierdzono, że w trzydziestoleciu 1981-2010 w stosunku do poprzedniego okresu 30-letniego 1951-1980 nastąpiło poszerzenie zmienności czasowej średniej temperatury powietrza w 9 na 13 przypadków (tab. 3). W przypadku 3 badanych okresów (czerwiec, listopad, grudzień) stwierdzono zmniejszenie zmienności czasowej. W sierpniu zaobserwowano taką samą zmienność badanego wskaźnika w obu porównywanych trzydziestoleciach. Porównując średnie wartości temperatury powietrza obliczone dla okresów 1951-1980 i 1981-2010 zauważono, że różnice pomiędzy nimi miały charakter dwukierunkowy (rys. 3). Z wyjątkiem czerwca i listopada, wyższe średnie wartości temperatury powietrza otrzymano w 30-leciu 1981-2010, w porównaniu z wieloleciem 1951-1980. We wrześniu średnia temperatura wyliczona dla obu porównywanych okresów była taka sama. Największe różnice przekraczające $1,0^{\circ}\text{C}$ zaobserwowano w pierwszych miesiącach roku: styczniu, lutym, marcu i kwietniu, najmniejsze w październiku i grudniu.

Tabela 2. Równania regresji i wielkość zmian średniej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010
Table 2. Regression equations and magnitude of change of average air temperature at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1951-2010

Okres Period	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik determinacji Coefficient of determination	Zmiana temperatury °C/10 lat Temperature change °C/10 years
I	$Y=0,025x-2,803$	0,0177	0,25
II	$Y=0,054x-2,974$	0,0787*	0,54
III	$Y=0,040x+0,967$	0,0869*	0,40
IV	$Y=0,033x+6,871$	0,1378*	0,33
V	$Y=0,026x+12,766$	0,0738*	0,26
VI	$Y=-0,013x+17,538$	0,0265	-0,13
VII	$Y=0,022x+18,065$	0,0492	0,22
VIII	$Y=0,023x+17,272$	0,0865*	0,23
IX	$Y=0,002x+13,256$	0,0008	0,02
X	$Y=-0,000x+8,323$	0,0001	0,00
XI	$Y=-0,012x+3,494$	0,0126	-0,12
XII	$Y=0,001x-0,420$	0,0012	0,01
I-XII	$Y=0,017x+7,696$	0,1069*	0,17

Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

* - trend statystycznie istotny, $\alpha = 0,05$

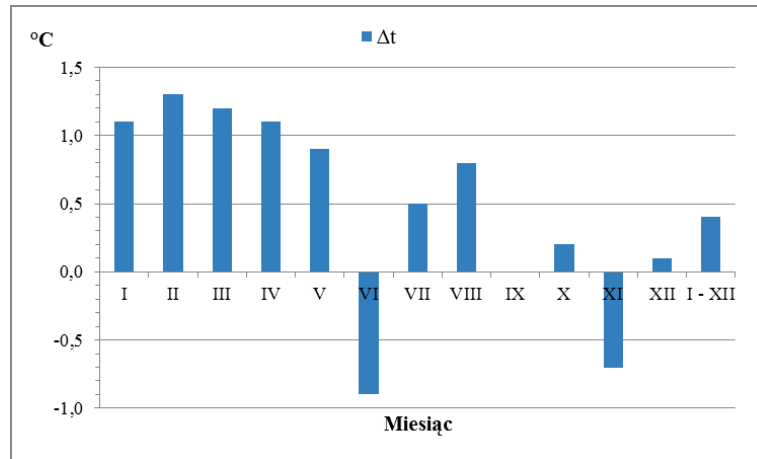
* -statistically significant trend, $\alpha = 0,05$

Tabela 3. Porównanie średniej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w okresach trzydziestoletnich 1951-1980 i 1981-2010

Table 3. Comparison of average air temperature at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in thirty-year periods 1951-1980 and 1981-2010

Okres Period	Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)				
	Średnia Average 1951-1980	Średnia Average 1981-2010	Rozstęp Range 1951-1980	Rozstęp Range 1981-2010	Zmiana rozstępu Change of range
I	-2,6	-1,5	9,0	11,0	+
II	-2,0	-0,7	10,9	14,6	+
III	1,6	2,8	7,8	10,4	+
IV	7,3	8,4	5,4	6,8	+
V	13,1	14,0	6,9	7,3	+
VI	17,6	16,7	6,1	4,9	-
VII	18,5	19,0	5,8	6,9	+
VIII	17,6	18,4	5,1	5,1	0
IX	13,3	13,3	4,3	5,9	+
X	8,2	8,4	4,9	6,3	+
XI	3,5	2,8	7,7	7,2	-
XII	-0,4	-0,3	10,9	10,3	-
I - XII	8,0	8,4	6,6	9,7	+

Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results



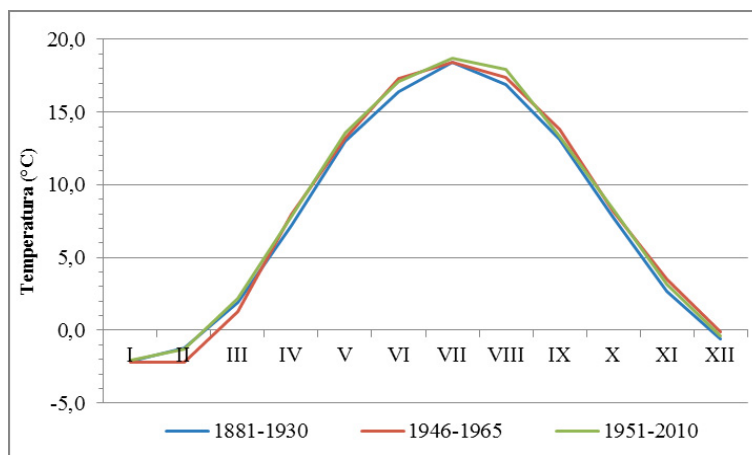
Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

Rysunek 3. Różnice pomiędzy średnią temperaturą powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w trzydziestoleciach 1951-1980 i 1981-2010
Figure 3. The differences between the average air temperature at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in thirty-year periods 1951-1980 and 1981-2010

Średnia roczna temperatura powietrza wzrosła z 8,0 w okresie 1951-1980 do 8,4°C w wieloleciu 1981-2010. Przyczyną tej zmiany mogło być wystąpienie serii cieplejszych siedmiu lat w okresie 1989-2009, zwłaszcza najcieplejszego roku 2000 ze średnią temperaturą 9,9°C. W badanym okresie 1989-2009 średnia temperatura powietrza wyniosła 9,4°C i była aż o 1,2°C wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza w wieloleciu 1951-2010 (8,2°C).

Porównano roczny przebieg średniej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo z wynikami opracowań Hohendorfa (1959, 1967) dla Bydgoszczy w latach 1881-1930 i 1946-1965 (rys. 4). Stwierdzono dużą zgodność przebiegu warunków termicznych w porównywanych okresach, zauważalne różnice w lutym, marcu, czerwcu i sierpniu oscylowały w granicach 0,2- 1,1°C.

Analiza okresów termicznych w oparciu o klasyfikację zaproponowaną przez Lorenc [1994; 1996] pozwoliła zauważyć, że w 60-letnim okresie badań najczęściej (36,6%) występowały lata normalne, a lata ciepłe stanowiły blisko 22% wszystkich analizowanych okresów rocznych. Rzadko panowały warunki termiczne, które pozwoliły zakwalifikować dany rok, jako bardzo ciepły (5,0%) i ciepły (8,3%). Częściej występowały lata chłodne (11,7%) i lekko chłodne (8,3%), bardzo chłodne (5,0%) i anomalnie chłodne (3,3%). W całym okresie badań obejmującym lata 1951-2010 nie wystąpił rok ekstremalnie i anomalnie ciepły oraz ekstremalnie chłodny.



Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

Rysunek 4. Roczny przebieg średniej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010 i w Bydgoszczy w latach 1881-1930 i 1946-1965

Figure 4. Annual course of average air temperature at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo during 1951-2010 and in Bydgoszcz in the years 1881-1930 and 1946-1965

Tabela 4. Klasyfikacja okresów termicznych według Lorenc [1994] dla stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010

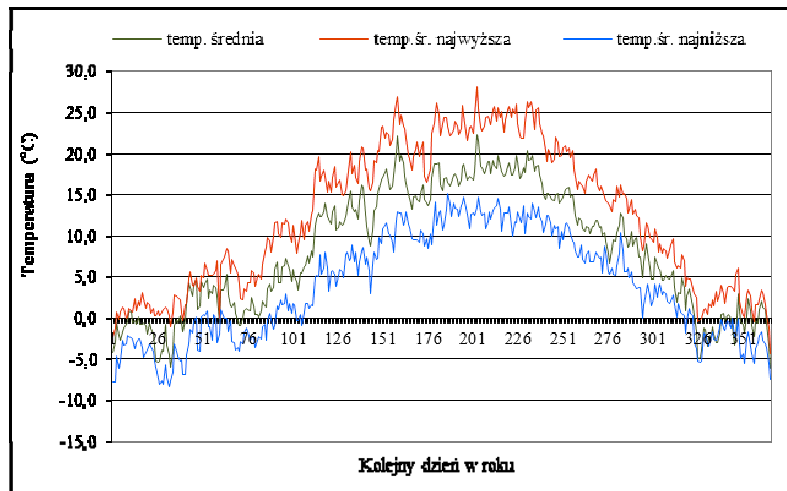
Table 4. Classification of thermal periods by Lorenc [1994] for stations Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1951-2010

Klasa według Lorenc Class by Lorenc	Liczba przypadków The number of cases												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
ekstremalnie ciepły	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
anomalnie ciepły	-	-	-	-	2	1	1	2	2	1	-	-	-
bardzo ciepły	3	1	2	2	1	4	4	1	3	4	2	1	3
ciepły	4	8	6	7	5	4	4	5	2	5	5	4	5
lekko ciepły	12	9	16	10	11	2	11	11	8	6	10	16	13
normalny	25	26	16	25	25	27	22	24	26	27	26	25	22
lekko chłodny	5	8	8	5	6	10	6	8	6	5	9	3	5
chłodny	6	3	7	5	4	8	7	4	10	9	3	5	7
bardzo chłodny	3	1	4	4	4	2	5	3	2	3	1	4	3
anomalnie chłodny	-	2	-	1	2	1	-	2	-	-	2	1	2
ekstremalnie chłodny	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-

Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

W całym okresie badań 1951-2010 ekstremalnie ciepłe warunki termiczne wystąpiły zaledwie trzykrotnie: w kwietniu 2000 r. ($12,0^{\circ}\text{C}$), czerwcu 1979 r. ($21,0^{\circ}\text{C}$) i wrześniu 1975 r. ($17,0^{\circ}\text{C}$), natomiast ekstremalnie chłodne odnotowano ponad dwukrotnie częściej: w styczniu 1963 r. ($-10,6^{\circ}\text{C}$) i 1987 r. ($-12,4^{\circ}\text{C}$), lutym 1956 r. ($-10,6^{\circ}\text{C}$) i 1986 r. ($-9,8^{\circ}\text{C}$), marcu 1987 r. ($-3,9^{\circ}\text{C}$), listopadzie 1965 i 1993 r. ($-1,4$) i grudniu 1969 r. ($-8,3$). We wszystkich miesiącach dominowały warunki normalne, okresy lekko ciepłe w większości przypadków przewyższały liczbą okresy lekko chłodne (tab. 4). Nieco częściej występowały okresy chłodne, bardzo chłodne i anomalnie chłodne, aniżeli ciepłe bardzo ciepłe i anomalnie ciepłe. Miesiące mieszczące się w normie termicznej stanowiły 40,8% wszystkich analizowanych okresów miesięcznych.

Do analizy średnich dobowych przebiegów temperatury powietrza na stacji lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo, wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji atmosfery według Niedźwiedzia [2010]. W przebiegach dobowych można zauważyć wahania temperatury powietrza o dość dużych wartościach, które były spowodowane napływem mas powietrznych różnego pochodzenia. Adwekcja mas powietrza o charakterze ciepłym lub chłodnym, mogła być przyczyną wzrostu lub obniżania się temperatury powietrza. Na rysunku 5 można zauważyć, że pod koniec stycznia temperatura powietrza wzrasta, było to spowodowane cyrkulacją zachodnią i przechodzeniem nad terenem Europy układów niskiego ciśnienia (cechy klimatu morskiego).



Źródło: własne opracowanie wyników; Source: own elaboration of results

Rysunek 5. Przebieg roczny temperatury powietrza na podstawie wartości średnich dobowych na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w latach 1951-2010
Figure 5. Annual course of air temperature based on mean daily values at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1951-2010

Następnie obserwuje się stopniowy wzrost temperatury powietrza do końca lutego, aby z początkiem marca zarejestrować jej nagły spadek, który spowodowany bywa częstym napływem powietrza pochodzenia arktyczno-morskiego. Dalej krzywa rocznego przebiegu temperatury wznosi się dość stromo i osiąga coraz wyższe wartości do końca maja, po czym w miesiącach czerwcu i lipcu załamuje się w dół. Letnie obniżenie się krzywej temperatury powietrza było spowodowane cyrkulacją zachodnią, która odpowiada za wzrost zachmurzenia i wystąpienie opadów deszczu, które zwykle występują od drugiej połowy czerwca. Prawa część wykresu krzywej rocznego przebiegu temperatury powietrza wykazuje spadek, zaburzony wzrostem w końcu września, co odpowiada ciepłemu okresowi jesieni, tzw. "polskie babie lato". Następnie obserwuje się dużą zmienność temperatury, a od początku grudnia jej spadek, który może być spowodowany częstą adwekcją wschodnich kontynentalnych mas powietrza.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Z badań wielu ośrodków naukowych zajmujących się fluktuacjami klimatu wynika, że w ostatnich kilku dziesięcioleciach obserwuje się powolny, ale systematyczny wzrost temperatury powietrza. Według Mayera i in. [2009] znaczna część ocieplenia przypadła na lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte ubiegłego wieku i trwa nadal, a dodatni trend średniej rocznej wartości temperatury powietrza wskazuje wzrost o $0,25^{\circ}\text{C}$ na każde 10 lat. Wyniki te są zgodne z obserwacjami, prowadzonymi przez innych badaczy i prowadzą do ogólnego wniosku, że klimat naszej planety ulega zmianom zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej [Kozuchowski, Żmudzka 2001; Jędryś, Leśny 2007; Łabędzki 2009; Żmudzka 2009; Żarski i in. 2007]. Zdaniem Przybyłaka i Maszewskiego [2009] za obecne ocieplenie klimatu w Polsce odpowiedzialny jest wzrost częstości występowania sytuacji cyklonalnych w chłodnej porze roku (0,60 dnia/10 lat) oraz sytuacji antycyklonalnych w ciepłej porze roku. Natomiast według Żmudzkiej [2009] uwarunkowania cyrkulacyjne łącznie z nefologicznymi przyczyniają się w około 80% do zmienności temperatury powietrza w Polsce. Autorka stwierdziła, że tendencje zmian elementów klimatu uwidoczniły się nieznacznie w ich rozkładzie przestrzennym na obszarze Polski.

Z badań Kejny i Usckiej-Kowalkowskiej [2006, 2009] wynika, że średnia temperatura powietrza dla Torunia w latach 1947-2007 wzrosła o $0,21^{\circ}\text{C}/10$ lat. Posobnie, badania własne pozwoliły stwierdzić, że trend zmian temperatury powietrza w Bydgoszczy miał charakter dodatni i został potwierdzony statystycznie. Oznacza to, że w latach 1951-2010, średnia roczna temperatura powietrza wzrastała o $0,17^{\circ}\text{C}/10$ lat. Żarski i in. [2010] zbadali zmienność warunków termicznych powietrza w latach 1949-2008 w Stacji Badawczej UTP położonej na obszarze zagospodarowanym rolniczo około 20 km od Bydgoszczy. Z badań autorów wynika, że średnia roczna temperatura powietrza wzrastała o $0,16^{\circ}\text{C}/10$

i zmiana ta była istotna statystycznie. Podstawczyńska [2010] badając zmiany warunków termicznych w Łodzi w latach 1904–2006 stwierdziła istotny wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o $0,12^{\circ}\text{C}/10$ lat, ponadto autorka zauważyła istotne dodatnie zmiany warunków termicznych w 6 okresach miesięcznych: IV, V, VI, VIII, X i XI, a w pozostałych tendencje rosnące. Największy wzrost temperatury o $0,19^{\circ}\text{C}/10$ lat cechował sierpień. W Bydgoszczy, na stacji Lotnisko, w badanym wieloleciu 1951-2010, istotny wzrost średniej temperatury powietrza stwierdzono w II, III, IV, V i VIII, w pozostałych miesiącach zmiany miały charakter tendencji zarówno dodatniej jak i ujemnej (VI i XI). Największy wzrost temperatury wystąpił w lutym (0,54) i w marcu (0,40). Jest to zgodne z tezą Kozuchowskiego i Żmudzkiej (2001), według której ocieplenie w Polsce, wynoszące $0,9^{\circ}\text{C}$ na 50 lat, wynika głównie ze wzrostu temperatury na przełomie zimy i wiosny (w lutym i marcu). Wyniki badań z rejonu Bydgoszczy [Żarski i in. 2010] potwierdzają, że największy wzrost średniej temperatury powietrza miał miejsce w tych miesiącach, jednakże tendencje tych zmian nie były statystycznie istotne.

Na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo w analizowanym wieloleciu 1951-2010 najczęściej występowały miesiące mieszczące się w normie termicznej – 40,8%. Zbliżone wyniki, (39%) otrzymali Majewski i in. [2012] na stacji Ursynów-SGGW w Warszawie w latach 1970 –2009. Zarówno w Warszawie [Majewski i in. 2012] jak i w Bydgoszczy, miesięczne warunki ekstremalne ciepłe i zimne miały miejsce w niewielkim procencie przypadków.

WNIOSKI

Przedstawione wieloletnie wyniki pomiarów z lat 1951-2010 charakteryzujące zmienność średniej temperatury powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo można uznać za reprezentatywne dla rejonu Bydgoszczy i na ich podstawie sformułować następujące wnioski:

1. Średnia wieloletnia temperatura powietrza charakteryzowała się, zwłaszcza w miesiącach zimowych, dużą zmiennością czasową.
2. W latach 1951-2010 średnią roczną temperaturę powietrza charakteryzował istotny trend dodatni i wzrost o $0,17^{\circ}\text{C}/10$ lat, co może być przejawem ocieplenia klimatu.
3. W trzydziestoleciu 1981-2010 w stosunku do poprzedniego wielolecia 1951-1980 nastąpiło poszerzenie zmienności czasowej średniej temperatury powietrza w 9 na 13 analizowanych przypadków.
4. Miesiące mieszczące się w normie termicznej stanowiły 40,8% wszystkich analizowanych okresów miesięcznych wielolecia 1951-2010.

BIBLIOGRAFIA

- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E. *Trendy i okresowość temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, z. 4, 2001, s. 283-303.
- Gregorczyk A., Michalska B. *Zmienność temperatury powietrza w Szczecinie w latach 1949-2008*. Acta Agrophysica, Vol. 17(2), 2011, s. 301-309
- Hohendorf E. *Klimat i stosunki hydrogeologiczne*. [W:] Bydgoszcz – historia- kultura – życie gospodarcze. Wydawnictwo Morskie, Gdynia, 1959, ss. 447
- Hohendorf E. *Klimat*. [W:] Województwo bydgoskie, krajobraz, dzieje, kultura, gospodarka. Wyd. PWN, Poznań, 1967, ss. 574
- Jędrys K., Leśny J. *Analiza zmienności temperatury powietrza w Poznaniu w latach 1973-2003*. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, t. 7, z. 2a(20), 2007, s. 137-145.
- Jones P. D., New M., Parker D. E., Martin S., Rigor I. G. *Surface air temperature and its changes over the past 150 years*. Reviews of Geophysics, 37, 2, 1999, s. 173-199
- Kejna M., Uscka-Kowalkowska J. *Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w latach 1951-2005*. [W:] Gierszewski P., Karasiewicz M.T., Idee i praktyczny uniwersalizm geografii, geografia fizyczna, Dokumentacja Geograficzna nr 32, Warszawa, 2006, s. 141-147.
- Kirschenstein M., Baranowski D. *Wahania roczne i tendencje zmian temperatury powietrza w Koszalinie*. Słupskie Prace Geograficzne, 6, 2009, s. 167-178
- Kożuchowski K., Degirmendzić J. *Contemporary changes of climate in Poland: trends and variation in thermal and solar conditions related to plant vegetation*. Polish Journal of Ecology, 53, 3, 2005, s. 283-297
- Kożuchowski K., Żmudzka E. *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury w drugiej połowie XX w.* Przegląd Geofizyczny, 46, 1-2, 2001, s. 81-90.
- Lorenc H. *Ocena zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie 1901-1993 na podstawie obserwacji z wybranych stacji meteorologicznych w Polsce*. Wiadomości IMGW. Nr 38, 1994, s. 43-59.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M. *Thermal tendencies of winters in Poland as the indicator of climate variability*. Zeszyty Naukowe UJ. z. 102, 1996, s. 365-374.
- Łabędzki L. *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3, 2009, s. 7-18.
- Majewski G., Odorowska M., Rozbicka K. *Analiza warunków termicznych na stacji Ursynów-SGGW w Warszawie w latach 1970-2009*. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, t. 12 z. 2 (38), 2012, s. 171-184
- Michalska B. *Variability of air temperature in North western Poland*. [W:] Z. Szwejkowski (red.), Environmental aspects of climate change. Wyd. UW-M, Olsztyn, 2009, s. 89-107.
- Michalska B. *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*. Prace i Studia Geograficzne, T. 47, 2011, s. 67-75
- Mayer P., Kasprowicz T., Farat R.. *Change of air temperature and precipitation In Poland In 1966-2006*. Acta Agrophysica. Vol. 169. Rozprawy i Monografie (1), 2009, s. 19-38.
- Niedźwiedz T. *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski Południowej – zbiór komputerowy* (<http://klimat.wnoz.us.edu.pl/index1024.html>), Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec, 2010.
- Podstawczyńska A. *Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu*. [w:] Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach. Red.: Twardy J. i in. Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2010, s. 63-73.

- Przybylak R., Majorowicz J., Wójcik G., Zielski A., Chorążyczewski W., Marciniak K., Nowosad W., Oliński P., Syta K. *Temperature changes in Poland from the 16th to the 20th centuries*. International Journal of Climatology, 25, 2005 s. 773–791.
- Przybylak R., Maszewski R. *Zmienność cyrkulacji atmosferycznej w regionie bydgosko-toruńskim w latach 1881-2005*. Acta Agrophysica, Vol. 14(2), 2009, s. 427-447.
- Roguski W., Kasperska W., Łabędzki L. *Warunki termiczne i opadowe w Bydgoszczy w latach 1945-1994 na tle lat 1848-1930*. Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych., t.XIX, z.1, Falenty, 1996, s. 5-20.
- Usccka-Kowalkowska J., Kejna M. *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w okresie 1994-2007*. Acta Agrophysica, Vol.14 (1), 2009, s. 203-219.
- Woś A. *Klimat Polski*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa, 1999, ss. 303.
- Zawora T. *Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991-2000 na tle okresu normalnego 1961-1990*. Acta Agrophysica, Vol. 6(1), 2005, s. 281-287.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk R. *Zmienność ekstremalnej temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy w latach 1971-2005*. Acta Agrophysica, Vol. 9(2), 2007, s. 541-547.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. *Tendencje zmiany temperatury powietrza w okolicy Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 2, 2010, s. 131-141.
- Żmudzka E. *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica. Vol. 13(2), 2009, s. 555–568.
- Żmudzka E. *Changes in thermal conditions in the high mountain areas and contemporary warming in the central Europe*. Miscellanea Geographica, 14, 2010, s. 59–70.

Mgr Edward Łaszycza
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Morski w Gdyni
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna ul. Jana Pawła II 158
85-151 Bydgoszcz-Szwederowo
e-mail: edward.laszycza@poczta.onet.pl

Dr inż. Renata Kuśmierk-Tomaszewska
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
e-mail: rkusmier@utp.edu.pl

