

10.2478/bfpz-2013-0012

KLASYFIKACJA TERMICZNA MIESIĘCY I LAT W TATRACH SŁOWACKICH

MIŁOSZ PIĘKNY

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: The source of studies were the values of the mean monthly air temperature in Poprad and Lomnica in the years 1961–2010. Temperatures were measured in two different Meteorological Observatories, located in Popradzka Dale at the height of 683 m and at the top of Tatra Mountains at the height of 2635 m above sea level. Classification of thermal months and years in the research area was calculated by applying the method used by Lorenc. The periods of many years were characterized of positive or negative deviation from the norm. There was an annual trend in air temperature indicated that shows the months in which the temperature trend is the greatest and statistically significant. The whole study indicates the same warmer and cooler periods and years on every measurement station than the accepted norm. With the increase of height there is a significant trend of declining air temperature. The largest increase of temperature occurs during the warm months, the lowest – in autumn.

Keywords: air temperature, classification, an index value R2, trend in air temperature

WSTĘP

Do pełnej charakterystyki warunków klimatycznych w ujęciu miesięcznym, sezonowym lub rocznym niezbędna jest obiektywna ocena warunków termicznych, a ściślej mówiąc, określenie relacji między warunkami termicznymi w danym sezonie a sezonową średnią wieloletnią (Warakomski 1989/90). W literaturze klimatologicznej pierwsze próby obiektywnej oceny warunków termicznych dotyczyły zagadnienia klasyfikacji zim. Prawdopodobnie dlatego, że cechują się one znacznie większym zakresem zmienności temperatury niż pozostałe pory roku (Paczos 1985). Pierwsze próby klasyfikacji sezonów zimowych można znaleźć w pracach Angota z 1913 r. oraz Hellmann z 1917 i 1918.

Quasi-normalny rozkład statystyczny temperatury powietrza (Thom 1966; Sneyers 1990; Storch i in. 1999) pozwala na zastosowanie wartości odchylenia standardowego jako miary anomalności warunków termicznych w miesiącu, sezonie lub roku. Filipiuk (2011) w artykule pt. *Klasyfikacja termiczna miesięcy, sezonów i lat w Lublinie w latach 1951–2010* zaznacza, iż prawdopodobnie pierwsze próby zastosowania tego kryterium podjęte zostały w latach 60. XX w.

(np. Thomson 1964; Racklift 1965). W Polsce kryterium standaryzowanego odchylenia od średniej do oceny klasyfikacji termicznej zim zastosował Paczos (1990). Na podstawie tego kryterium Lorenc (1994) zaproponowała dziewięcioklasową klasyfikację do oceny średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie, Puławach, Wrocławiu i Krakowie w latach 1901–1993. W późniejszych pracach (Lorenc i in. 1996; Lorenc 2000) klasyfikacja ta została rozszerzona do 11 klas i zaaplikowana do oceny warunków termicznych okresów krótszych niż rok.












Główny cel artykułu sprowadza się do klasyfikacji termicznej miesięcy i lat w Popradzie oraz na Łomnicy. Oprócz tego przeanalizowano trend rocznej temperatury powietrza i sprawdzono, który miesiąc oraz sezon charakteryzuje się największym wzrostem temperatury powietrza.

METODY I ZAKRES BADAŃ

Głównym materiałem źródłowym niniejszej pracy są wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza obliczone z wartości średnich dobowych dla stacji pomiarowych w Popradzie oraz na Łomnicy. Ciąg danych pochodzących z wymienionych stacji obejmuje 50 lat, to jest poczynając od roku 1961, a kończąc na 2010. Prócz średniej miesięcznej temperatury powietrza obliczono również średnie roczne temperatury, jakie panowały na wymienionych stacjach w określonym czasie. Na jej podstawie wykonano wykresy obrazujące przebieg i trend średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1961–2010. Przy użyciu wartości krytycznej współczynnika r korelacji Pearsona wskazano istotność trendu przy wartości granicznej R^2 równej 0,075. Wyznaczono także trend temperatury powietrza dla poszczególnych miesięcy.

Do klasyfikacji termicznej miesięcy i lat zastosowano metodę Lorenc (2000). Stosowane w tej metodzie charakterystyki, to jest średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe, są zaliczane do miar klasycznych. Za miarę anomalności przyjmuje się wielkość odchylenia standardowego. Dane potrzebne do wykorzystania tej metody to średnie miesięczne temperatury powietrza, z których w dalszej kolejności oblicza się średnią wieloletnią wartość odchylenia standardowego. Od średniej miesięcznej wartości temperatury należy odjąć bądź dodać iloczyn odchylenia standardowego i konkretnej wartości liczbowej (3; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5), która jest granicą między danymi klasami. W tabeli 1 przedstawiono nazwy i wartości progowe 11 klas termicznych, to jest ekstremalnie ciepły, anomalnie ciepły, bardzo ciepły, ciepły, lekko ciepły, normalny, lekko chłodny, chłodny, bardzo chłodny, anomalnie chłodny i ekstremalnie chłodny. Służy ona również jako legenda do tabel zamieszczonych w rezultatach badań.

Tabela 1. Klasyfikacja termiczna miesięcy i lat
Table 1. Thermal classification of months and years

Nr klasy	Nazwa klasy	Przedziały wielkości odchylenia standardowego $\bar{\sigma}$ średnich sezonowych i rocznych wartości temperatury powietrza	Oznaczenie
1	ekstremalnie ciepły extremally hot	$t > t_{sr} + 2,5 \bar{\sigma}$	
2	anomalnie ciepły anomally hot	$t_{sr} + 2,0 \bar{\sigma} < t \leq t_{sr} + 2,5 \bar{\sigma}$	
3	bardzo ciepły very hot	$t_{sr} + 1,5 \bar{\sigma} < t \leq t_{sr} + 2,0 \bar{\sigma}$	
4	ciepły hot	$t_{sr} + 1,0 \bar{\sigma} < t \leq t_{sr} + 1,5 \bar{\sigma}$	
5	lekko ciepły light hot	$t_{sr} + 0,5 \bar{\sigma} < t \leq t_{sr} + 1,0 \bar{\sigma}$	
6	normalny normal	$t_{sr} - 0,5 \bar{\sigma} \leq t \leq t_{sr} + 0,5 \bar{\sigma}$	
7	lekko chłodny light cold	$t_{sr} - 1,0 \bar{\sigma} \leq t < t_{sr} - 0,5 \bar{\sigma}$	
8	chłodny cold	$t_{sr} - 1,5 \bar{\sigma} \leq t < t_{sr} - 1,0 \bar{\sigma}$	
9	bardzo chłodny very cold	$t_{sr} - 2,0 \bar{\sigma} \leq t < t_{sr} - 1,5 \bar{\sigma}$	
10	anomalnie chłodny anomally cold	$t_{sr} - 2,5 \bar{\sigma} \leq t < t_{sr} - 2,0 \bar{\sigma}$	
11	ekstremalnie chłodny extremally cold	$t < t_{sr} - 2,5 \bar{\sigma}$	

t_{sr} – średnia miesięczna lub roczna temperatura powietrza

Dane źródłowe niniejszego opracowania pochodzą z dwóch stacji pomiarowych zlokalizowanych na terenie Słowacji, megaregion Region Karpacki. Punkt pierwszy znajduje się na wysokości 683 m n.p.m. (Kotlina Popradzka) o współrzędnych geograficznych 49°04'N, 20°15'E i jest nią stacja położona w miejscowości Poprad. Stacja druga znajduje się na wierzchołku tatrzańskiego szczytu – Łomnicy. Tam od przeszło pół wieku działa obserwatorium meteorologiczne. Jest to najwyżej położona stacja pomiarowa na Słowacji. Łomnica leży bowiem na wysokości 2635 m n.p.m., a jej współrzędne geograficzne to 49°12'N, 20°13'E. Obszar badań obejmuje zatem Kotlinie Popradzką oraz masyw Tatr.

REZULTATY BADAŃ

Wartość odchylenia standardowego w poszczególnych miesiącach różni się od siebie (tab. 2). W Popradzie najmniejsze wartości odchylenia standardowego pojawiły się w czerwcu, lipcu i sierpniu ($1,3^{\circ}\text{C}$). Z kolei największe wystąpiły w miesiącach zimowych, to jest w styczniu i lutym ($2,8^{\circ}\text{C}$ oraz $3,0^{\circ}\text{C}$). Na wysokości 2635 m n.p.m. roczny zakres zmian odchylenia standardowego jest mniejszy, mimo to zauważa się podobny rozkład roczny jak na stacji położonej na niższej wysokości. Sierpień to miesiąc o najmniejszej średniej wieloletniej wartości odchylenia standardowego ($1,5^{\circ}\text{C}$), luty o największej ($2,5^{\circ}\text{C}$). Miesiące zimowe odznaczają się zdecydowanie większą zmiennością temperatury niż pozostałe okresy roku. Oznacza to, że w Popradzie odchylenie o $1,5^{\circ}\text{C}$ w czerwcu, lipcu i sierpniu pozwoli na zaklasyfikowanie danego miesiąca jako ciepłego, a w lutym będzie oznaczało, że dany miesiąc zostanie uznany za normalny. Fakt ten ma wpływ na ostateczny wynik obliczeń przedstawiony w tabelach 3 i 4, gdzie klasyfikacja miesięcy letnich i zimowych różni się od siebie. Wartość odchylenia standardowego dla roku w omawianych stacjach pomiarowych wynosi $0,7^{\circ}\text{C}$. Jak podaje Filipiuk (2011), zaklasyfikowanie danego miesiąca do określonej kategorii może ulec zmianie, jeżeli wraz z wydłużeniem się serii obserwacyjnej nastąpi wzrost wartości średniej wieloletniej lub/i zmniejszenie wartości odchylenia standardowego. Miesiąc uznany wcześniej na przykład za ciepły może być zaklasyfikowany jako normalny.

Tabela 2. Wartości średniej miesięcznej i rocznej wieloletniej temperatury powietrza (a) oraz odchylenia standardowego temperatury powietrza (b) w Popradzie i na Łomnicy

Table 2. The values of mean monthly and annual long-term air temperature (a) and standard deviation of air temperature (b) in Poprad and the Lomnica

Stacja		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Poprad	a	-4,5	-2,9	0,8	6,3	11,4	14,5	16	15,4	11,4	6,7	1,5	-3,3	6,1
	b	2,8	3	2,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	2,1	2,3	0,7
Łomnica	a	-10,7	-11,2	-9,3	-5,5	-0,7	2,3	4,1	4,2	1,2	-1,8	-6,3	-9,5	-3,6
	b	2,5	2,5	2,2	1,7	1,7	1,6	1,7	1,5	1,9	2,1	2	1,9	0,7

Dane z lat 1961–2010

Data from the years 1961–2010.

Wyniki klasyfikacji termicznej miesięcy oraz lat w Popradzie i na Łomnicy przedstawiono w tabelach 3 i 4. Na stacji położonej na wysokości 683 m n.p.m., czyli w Popradzie, pierwsza dekada XXI w. okazała się cieplejsza od pierwszych czterech dekad w analizowanym okresie (zarówno lata, jak i poszczególne

miesiące). Fakt ten jest również notowany na Łomnicy. Szczególnie uwidacznia się to w miesiącach letnich (VI–VIII). Na przykład czerwiec w 2000–2010 tylko w jednym roku zaznaczył się jako miesiąc lekko chłodny (2001). W okresie 2000–2010 czerwiec siedmiokrotnie, lipiec dziewięciokrotnie i sierpień ośmiokrotnie były cieplejsze od przyjętej normy. W każdym z tych przypadków były to miesiące lekko ciepłe, ciepłe lub bardzo ciepłe. W ostatniej dekadzie analizowanego okresu zauważa się również najwięcej miesięcy zaklasyfikowanych jako anomalnie ciepłe. Było ich łącznie pięć. Z tabeli odczytać można również okresy chłodniejsze. I tak, chłodne lata (VII–VIII) pojawiły się w okresie 1977–1980. Cztery lata pod rząd średnia miesięczna temperatura lipca i sierpnia była niższa od normy (lekko chłodny lub bardzo chłodny). Oprócz tego średnia miesięczna temperatura kwietnia w latach 1977–1982 pozwoliła na zaklasyfikowanie go jako miesiąca lekko chłodnego, chłodnego i bardzo chłodnego. Grudzień w pierwszej dekadzie analizowanego okresu w większości przypadku zalicza się do miesięcy poniżej przyjętego zakresu miesięcy normalnych. Zaledwie jeden miesiąc (sierpień 1992) był miesiącem ekstremalnie ciepłym w latach 1961–2010, podobnie ekstremalnie chłodnych (marzec 1987). Analizując średnią roczną temperaturę, można stwierdzić, iż pierwsza dekada badanego okresu była najchłodniejsza. Sześć lat charakteryzowało się średnimi rocznymi temperaturami niższymi od normy. Dominowały wówczas lata lekko chłodne, chłodne i bardzo chłodne. Przeciwnieństwem tego okresu są lata 2000–2010, kiedy roczna temperatura powietrza w Popradzie biła dodatnie rekordy. Po roku 2000 aż 60% stanowiły wartości przewyższające normę średniej wieloletniej. Lata 2007 i 2008 odnotowano jako anomalnie ciepłe. W Popradzie dekada 2000–2010 charakteryzuje się barwami „ciepłymi”, czyli dodatnim odchyleniem od średniej wieloletniej. Ostatnim należącym do kategorii lat chłodnych był rok 1996, co oznacza, że przez ostatnie 14 lat nie wystąpił żaden rok chłodny, a lekko ciepłych, ciepłych, bardzo ciepłych i anomalnie ciepłych było w tym okresie 7.

Na Łomnicy podział termiczny miesięcy i roku kształtuje się porównywalnie do Popradu. Zauważa się te same okresy cieplejsze i chłodniejsze, jak opisane wyżej, z niewielkimi różnicami. Po raz kolejny sierpień 1992 r. okazał się miesiącem ekstremalnie ciepłym i jest to jedyny taki przypadek w badanym okresie na Łomnicy. Zauważa się natomiast największą liczbę miesięcy ekstremalnie chłodnych (styczeń 1963, luty 1965, sierpień 1976, luty 1985 i kwiecień 1997). Najcieplejszą dekadą ze średnią roczną temperaturą jest dekada lat 2000–2010, okres najchłodniejszy to 1970–1980. Ostatnim należącym do kategorii lat lekko chłodnych był dopiero rok 1991, czyli przez 19 lat nie wystąpił żaden rok lekko chłodny, a lekko ciepłych, ciepłych i bardzo ciepłych było w tym okresie 10.

Trend rocznej temperatury powietrza na omawianych stacjach pomiarowych wykazuje tendencję wzrostową. Silniejszy okazał się w Popradzie niż na Łomnicy. Jednakże różnice te są niewielkie. Przy liczbie lat równej 50 trend jest istotny statystycznie przy wartości granicznej R^2 wynoszącej 0,075. Dla Popradu

Tabela 3. Klasyfikacja termiczna miesięcy i lat w Popradzie
Wartości normowe z lat 1961–2010

Table 3. Classification of thermal months and years in Poprad
The values specified by standards for the period of 1961–2010

LATA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
1961	-4,9	-1,9	3,4	8,6	9,0	15,1	14,3	14,6	13,0	8,0	1,8	-5,1	6,4
1962	-2,8	-4,5	-2,8	7,6	8,9	11,9	13,6	16,0	10,3	6,3	2,2	-8,2	4,9
1963	-11,5	-9,6	-2,0	6,0	11,3	14,6	17,1	16,1	12,9	6,3	5,5	-7,0	5,0
1964	-8,5	-4,9	-2,2	6,7	10,7	17,2	15,8	14,0	11,2	6,3	2,4	-2,7	5,5
1965	-3,8	-7,9	-0,3	4,4	9,0	14,2	14,4	12,8	11,2	4,5	-2,2	-2,5	4,6
1966	-6,9	2,4	0,7	8,0	11,4	13,9	15,4	14,2	10,8	10,2	1,5	-3,5	6,5
1967	-6,3	-3,0	2,0	5,6	11,4	13,7	17,0	15,0	13,4	9,1	1,6	-4,5	6,3
1968	-6,3	-1,2	1,1	7,9	11,2	15,4	14,6	14,0	11,5	6,6	2,7	-7,2	5,9
1969	-7,2	-3,4	-2,8	4,7	13,6	13,8	15,9	14,4	11,8	7,2	4,2	-6,8	5,5
1970	-4,4	-5,3	-1,2	5,3	9,9	14,9	15,5	14,9	9,9	5,7	3,4	-2,2	5,6
1971	-3,6	-1,8	-1,7	6,5	12,8	13,2	15,5	16,2	9,0	6,0	1,0	0,1	6,1
1972	-5,9	-0,2	3,2	6,8	11,0	14,9	16,9	14,3	9,1	4,1	2,0	-2,4	6,2
1973	-3,1	-1,2	0,8	4,8	11,7	13,6	15,3	15,1	12,3	5,2	-0,8	-2,4	6,0
1974	-2,1	1,0	3,4	5,3	9,9	12,0	14,7	16,9	11,8	3,6	1,3	-1,3	6,4
1975	0,3	-3,3	2,8	6,0	12,3	14,1	16,4	15,6	13,6	6,5	0,0	-2,2	6,9
1976	-4,5	-5,1	-2,6	6,3	10,8	13,8	16,5	12,6	11,1	8,0	3,2	-3,8	5,5
1977	-2,9	-0,7	3,6	5,2	11,1	14,8	15,3	14,5	9,4	8,2	2,1	-5,7	6,3
1978	-4,2	-4,9	2,1	4,5	9,4	13,3	14,0	12,9	10,0	7,2	-0,8	-2,7	5,1
1979	-6,3	-4,0	2,1	4,8	12,0	16,5	14,0	14,4	12,6	4,5	1,8	0,5	6,1
1980	-7,9	-2,0	-0,6	3,8	8,1	13,4	15,0	14,5	10,2	7,0	-0,9	-3,4	4,8
1981	-6,3	-2,5	3,7	5,1	11,6	15,5	15,6	14,7	12,0	7,6	0,6	-4,4	6,2
1982	-7,9	-5,7	1,3	3,4	12,0	15,3	16,3	16,4	14,6	7,3	2,3	-1,0	6,3
1983	-0,1	-4,3	2,4	8,0	12,8	14,4	17,1	15,4	12,4	6,3	-0,6	-2,1	6,9
1984	-3,1	-3,9	-0,7	5,5	10,4	12,3	13,7	14,5	11,5	8,6	1,5	-4,4	5,5
1985	-8,7	-8,5	1,3	6,0	11,8	11,7	15,5	15,1	11,3	5,7	-1,5	-0,2	5,0
1986	-4,2	-9,1	0,8	8,0	12,8	13,7	14,9	15,7	11,0	6,4	1,9	-5,1	5,7
1987	-10,1	-3,1	-5,0	5,7	9,8	14,6	17,3	13,6	13,1	6,9	2,3	-2,3	5,3
1988	-0,4	-0,6	-1,2	5,6	11,6	13,5	16,6	15,2	11,7	5,8	-3,7	-1,7	6,1
1989	-3,4	0,2	3,8	8,1	11,0	12,7	15,2	15,2	12,0	7,8	0,2	-1,2	6,8
1990	-3,0	1,9	4,7	5,5	11,2	13,9	15,1	15,6	9,4	6,9	3,1	-2,9	6,8
1991	-2,6	-6,5	3,2	4,5	8,4	13,9	17,1	15,4	12,3	5,3	2,3	-5,8	5,7
1992	-3,7	-1,2	0,8	6,2	10,8	15,1	16,7	19,3	10,5	5,0	2,0	-4,0	6,5
1993	-2,3	-4,1	-0,5	6,0	13,7	14,0	15,2	15,3	10,6	7,7	-1,5	-0,1	6,2
1994	0,3	-3,5	3,3	6,7	10,9	14,7	18,6	16,8	14,0	5,2	1,6	-1,6	7,3
1995	-3,5	1,4	1,1	6,2	10,5	14,2	18,0	14,9	10,4	7,7	-2,2	-4,2	6,2
1996	-6,3	-6,4	-2,5	5,9	13,2	15,0	14,3	15,1	8,2	6,6	4,6	-8,1	5,0
1997	-7,3	-1,5	0,9	2,8	12,1	15,0	15,0	15,6	11,0	4,0	2,2	-1,2	5,8
1998	-1,9	1,4	-0,6	7,9	11,1	15,8	16,2	16,0	11,2	7,0	-1,8	-6,1	6,4
1999	-2,4	-3,1	2,5	7,8	11,3	15,7	17,3	14,9	13,8	6,8	-0,3	-2,7	6,9
2000	-5,5	-1,0	1,0	9,2	13,3	15,3	14,8	16,7	10,2	10,1	5,8	-0,2	7,5
2001	-3,2	-1,7	2,6	6,2	13,0	13,5	17,0	17,4	10,0	9,6	-0,4	-6,8	6,5
2002	-3,8	1,9	3,1	6,2	14,0	16,2	17,7	16,7	10,2	5,5	3,6	-6,2	7,1
2003	-4,6	-6,5	0,9	5,2	14,5	16,8	17,1	17,8	11,2	4,0	3,7	-1,9	6,6
2004	-6,4	-2,1	1,1	7,1	9,9	14,4	15,8	16,0	10,8	8,0	2,0	-2,0	6,2
2005	-3,6	-6,3	-1,6	7,1	12,3	14,4	17,2	15,2	12,2	7,1	0,1	-3,1	6,0
2006	-10,1	-6,1	-1,7	7,4	11,3	15,2	18,5	15,2	13,0	8,7	4,2	-0,2	6,4
2007	1,6	0,3	3,7	8,4	13,8	16,6	17,8	16,7	10,2	5,9	0,3	-3,9	7,7
2008	-0,7	0,6	1,8	7,3	11,9	16,5	17,1	16,8	10,8	8,3	3,3	-1,1	7,7
2009	-5,0	-3,0	0,6	9,3	12,3	14,6	17,8	16,4	13,0	6,7	3,0	-2,2	7,0
2010	-5,9	-3,0	1,4	7,2	11,7	15,7	18,2	16,7	10,3	4,2	5,2	-5,9	6,4

Legenda zamieszczona w tab. 1

The legend is included in table 1

Tabela 4. Klasyfikacja termiczna miesięcy i lat na Łomnicy
Wartości normowe z lat 1961–2010

Table 4. Classification of thermal months and years in Lomnica
The values specified by standards for the period of 1961–2010

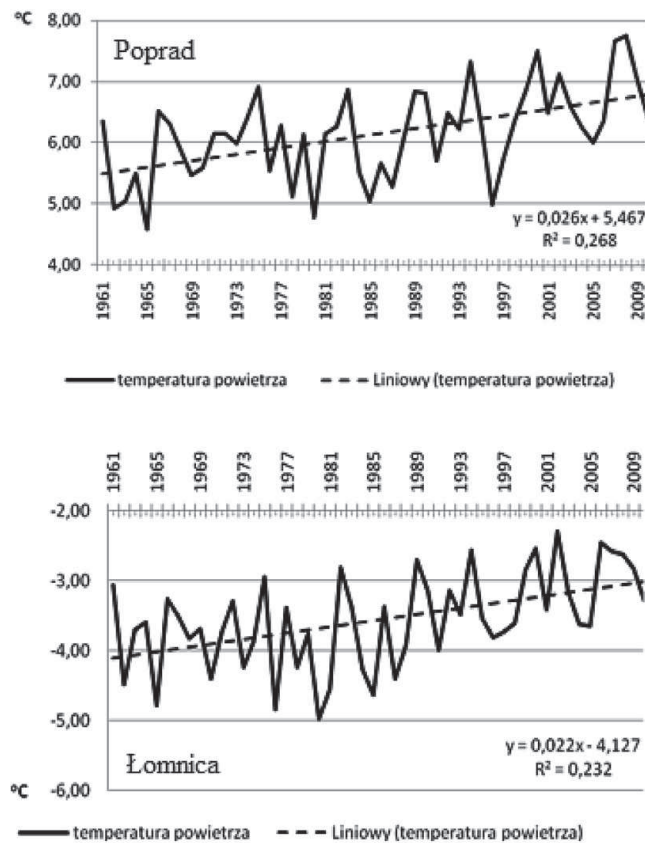
LATA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
1961	-11,6	-8,4	-8,8	-2,6	-3,1	3,8	2,4	3,4	4,1	-0,2	-4,6	-11,3	-3,1
1962	-10,0	-13,8	-12,5	-4,3	-2,8	0,2	1,7	4,6	0,0	-0,2	-5,2	-12,2	-4,5
1963	-17,5	-13,3	-10,1	-3,8	0,0	2,5	6,2	5,1	3,4	-3,0	-4,0	-10,5	-3,7
1964	-10,6	-13,5	-9,8	-4,6	-2,3	5,5	4,1	3,1	0,9	-1,8	-7,1	-7,5	-3,6
1965	-9,5	-18,1	-8,8	-6,7	-3,3	1,9	2,8	1,2	2,3	-1,3	-8,0	-10,8	-4,8
1966	-12,8	-7,0	-11,0	-3,3	-0,2	2,4	3,6	4,2	1,3	1,3	-6,8	-11,1	-3,3
1967	-13,3	-11,4	-9,3	-6,4	-0,2	2,1	6,0	4,0	3,0	1,0	-5,8	-12,6	-3,5
1968	-15,6	-10,0	-10,2	-3,8	0,3	4,1	2,4	2,4	0,9	-2,0	-3,9	-10,7	-3,8
1969	-10,0	-12,0	-9,9	-6,5	1,7	1,1	3,5	2,5	2,1	-0,6	-6,1	-10,9	-3,7
1970	-9,7	-14,4	-10,7	-7,1	-2,9	1,9	4,2	3,9	-0,5	-3,1	-5,1	-10,0	-4,4
1971	-8,3	-12,0	-11,3	-5,5	1,5	0,6	3,4	6,2	-1,5	-3,2	-7,3	-8,2	-3,7
1972	-10,3	-6,5	-7,4	-4,4	-1,1	2,6	5,3	3,4	-2,5	-5,5	-7,6	-5,6	-3,3
1973	-8,0	-11,7	-9,8	-7,7	-1,4	1,7	3,4	4,4	2,5	-3,4	-10,8	-10,7	-4,2
1974	-8,6	-8,0	-5,8	-7,2	-2,8	-0,7	1,9	5,5	2,3	-7,1	-7,1	-9,3	-3,9
1975	-7,7	-11,6	-7,4	-6,6	1,0	2,5	3,9	4,4	4,1	-2,9	-6,8	-8,9	-2,9
1976	-14,4	-9,3	-13,9	-5,5	-1,7	0,2	4,1	0,2	0,1	0,9	-6,6	-12,0	-4,8
1977	-9,1	-9,6	-5,7	-6,9	-0,8	2,3	2,3	3,5	-1,2	0,8	-7,9	-9,1	-3,4
1978	-10,4	-11,3	-8,6	-5,9	-2,9	0,4	1,4	1,2	-1,6	-2,0	-2,4	-9,0	-4,2
1979	-12,8	-10,7	-8,2	-6,5	-0,5	4,7	0,6	2,6	2,2	-2,2	-6,8	-8,1	-3,8
1980	-12,8	-10,0	-10,2	-8,0	-4,4	0,4	2,5	2,8	0,5	-3,3	-6,7	-10,8	-5,0
1981	-14,6	-12,7	-6,5	-7,1	-1,2	3,5	2,9	3,3	1,8	-2,5	-9,7	-12,4	-4,5
1982	-10,6	-10,6	-8,4	-9,2	0,2	2,3	3,5	4,8	5,7	-0,9	-3,6	-7,6	-2,8
1983	-10,2	-13,9	-7,8	-3,9	0,7	2,4	4,7	4,7	1,9	-2,4	-8,1	-9,4	-3,4
1984	-11,2	-13,1	-10,7	-6,9	-0,5	-0,6	1,7	3,2	0,4	-1,1	-3,9	-8,7	-4,3
1985	-14,8	-17,7	-7,7	-5,4	0,2	-0,5	3,0	4,7	-0,4	-1,9	-9,5	-6,8	-4,6
1986	-13,1	-14,6	-7,4	-3,4	2,3	1,9	3,0	4,6	0,9	-1,0	-3,9	-10,6	-3,4
1987	-15,0	-9,5	-14,7	-5,8	-2,5	2,2	6,0	1,7	2,2	-2,1	-6,5	-9,2	-4,4
1988	-7,7	-11,1	-12,4	-6,4	0,1	0,9	5,6	4,7	0,8	-0,8	-10,5	-10,7	-3,9
1989	-6,9	-7,1	-7,1	-3,3	-1,2	0,7	3,4	4,4	2,3	-2,2	-8,3	-7,6	-2,7
1990	-7,6	-7,0	-5,7	-5,8	-1,6	1,8	3,1	4,6	-2,5	0,2	-6,5	-10,9	-3,1
1991	-10,0	-13,5	-4,9	-7,2	-4,4	1,8	5,5	3,8	1,6	-5,0	-5,0	-11,4	-4,0
1992	-8,6	-11,1	-9,4	-6,0	-1,0	3,3	5,7	8,3	0,7	-4,7	-7,8	-7,4	-3,1
1993	-10,1	-10,5	-10,5	-5,4	1,5	1,5	2,5	4,1	0,5	-0,2	-6,9	-8,7	-3,5
1994	-9,1	-10,5	-8,0	-5,0	-1,3	3,1	6,7	4,8	4,3	-2,8	-5,5	-7,9	-2,6
1995	-12,3	-8,3	-10,6	-6,8	-1,4	2,6	7,5	3,8	-0,6	2,0	-8,5	-10,1	-3,5
1996	-8,9	-12,0	-12,5	-4,8	1,4	3,9	2,2	4,2	-2,6	-2,4	-5,2	-9,4	-3,8
1997	-6,6	-10,1	-10,1	-9,9	-0,7	2,6	3,4	4,7	0,8	-5,7	-5,5	-8,1	-3,7
1998	-8,7	-7,5	-13,2	-4,1	-1,2	3,8	4,3	4,7	0,8	-2,1	-9,8	-10,4	-3,6
1999	-7,8	-13,2	-8,0	-4,3	-0,8	5,0	5,7	4,2	4,0	-2,9	-5,9	-10,8	-2,8
2000	-12,8	-11,0	-10,2	-2,7	1,4	3,3	2,3	5,6	1,6	1,8	-3,4	-6,6	-2,5
2001	-8,7	-11,2	-6,9	-5,0	0,0	0,4	5,4	6,6	-0,6	1,6	-9,4	-14,1	-3,4
2002	-8,4	-7,6	-7,0	-5,7	2,1	3,8	6,7	5,5	-0,2	-3,7	-4,7	-8,9	-2,3
2003	-10,4	-13,1	-9,8	-7,3	3,5	4,4	4,9	5,4	0,9	-6,3	-3,4	-7,6	-3,2
2004	-14,0	-11,6	-8,1	-4,6	-2,8	1,2	4,3	4,8	1,3	-0,3	-6,7	-7,1	-3,6
2005	-11,7	-13,6	-11,4	-4,4	0,2	1,9	5,2	4,1	3,6	-0,6	-6,3	-11,5	-3,6
2006	-9,8	-12,8	-9,9	-3,9	-1,8	2,9	7,3	3,1	2,8	1,3	-4,3	-5,2	-2,5
2007	-9,0	-9,4	-6,6	-4,5	1,5	4,7	5,5	5,7	-0,4	-2,3	-8,8	-7,9	-2,6
2008	-9,0	-9,1	-10,2	-5,0	0,4	4,3	4,6	6,0	0,2	0,0	-5,0	-9,1	-2,6
2009	-10,4	-12,7	-10,2	-1,6	-0,2	2,2	6,1	5,7	3,4	-3,7	-3,6	-9,5	-2,8
2010	-12,6	-10,1	-10,3	-5,1	-0,1	4,9	6,9	6,0	0,2	-3,0	-4,7	-12,0	-3,3

Legenda zamieszczona w tab. 1

The legend is included in table 1

i Łomnicy R^2 wynosi on kolejno 0,268 oraz 0,232. Z równania pokazanego na wykresie odczytać można, o ile wzrosła temperatura powietrza podczas na przykład 10 lat. W Popradzie wzrost ten jest rzędu $0,26^\circ\text{C}$ na 10 lat, a na Łomnicy $0,22^\circ\text{C}$ na 10 lat (ryc.).

Dodatkowo sprawdzono, który miesiąc oraz sezon charakteryzuje się największym wzrostem temperatury powietrza (tab. 5). W tabeli 5 zaznaczono zatem miesiące oraz sezony, których wartość wskaźnika R^2 przekracza 0,075, wówczas trend temperatury powietrza jest istotny statystycznie.



Ryc. Przebieg i trend średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1961–2010 na stacji pomiarowej Poprad i Łomnica

Fig. The course and trend of the average annual air temperature in the period of 1961–2010 at the measuring station Poprad and Lomnica

Tabela 5. Wartość wskaźnika R^2 dla poszczególnych miesięcy w Popradzie i na Łomnicy
Table 5. An index value R^2 for each month in Poprad and the Lomnica

Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	III–V	VI–VIII	IX–XI	XII–II
Poprad	0,048	0,022	0,026	0,054	0,168	0,104	0,280	0,262	0,004	0,001	0,005	0,025	0,269	0,083	0,215	0,003	0,032
Łomnica	0,051	0,011	0,001	0,014	0,090	0,067	0,205	0,200	0,003	0,000	0,004	0,048	0,232	0,035	0,157	0,002	0,037

Dane z lat 1961–2010

Data from the years 1961–2010

W Popradzie miesiącem, który charakteryzuje się największym wzrostem temperatury jest lipiec (wzrost rzędu $0,28^{\circ}\text{C}$ na 10 lat). Natomiast najmniejszy wzrost występuje w październiku. Sezon o największej tendencji wzrostowej temperatury to okres letni VI–VIII ($0,22^{\circ}\text{C}/10$ lat), o najmniejszej to czas jesieni IX–XI, gdzie wzrost jest prawie niezauważalny. Należy dodać, że w Popradzie krytyczna wartość wskaźnika R^2 została również przekroczona w okresie wiosennym, to jest III–V ($0,08^{\circ}\text{C}/10$ lat).

Na Łomnicy miesiąc, który charakteryzuje się największym wzrostem temperatury to również lipiec. Jest to wzrost rzędu $0,2^{\circ}\text{C}$ na 10 lat. Natomiast najmniejszy wzrost występuje w październiku. Sezon o największej tendencji wzrostowej temperatury to okres letni VI–VIII ($0,16^{\circ}\text{C}/10$ lat), o najmniejszej to czas jesieni IX–XI, gdzie wzrost jest prawie niezauważalny.

WNIOSKI

Proces globalnego ocieplenia w ostatnim stuleciu jest niekwestionowanym faktem. Według Jonesa i współpracowników (1986) tempo wzrostu średniej temperatury wynosiło $0,47^{\circ}\text{C}$ na 100 lat. Jak podaje Migala (2005), potwierdzają to dane z wysokogórskich obserwatoriów, których serie pomiarowe nie utraciły na homogeniczności wskutek lokalnej – regionalnej antropopresji wyrażonej procesami urbanizacji i zmianami w sposobie użytkowania ziemi.

Analiza termiczna miesięcy i lat zastosowana w niniejszej pracy ukazuje miesiące, okresy i lata, których wartości odbiegają (lub nie) od normy wieloletniej. W analizowanych stacjach zauważa się te same okresy ciepłe (miesiące letnie VI–VIII pierwszej dekady XXI w.) oraz okresy chłodne (VII–VIII lat 1977–1980, kwiecień 1977–1981 oraz pierwsza dekada badanego okresu z przeważającą ujemną anomalią temperatury grudnia). Więcej miesięcy ekstremalnie chłodnych pojawia się na większych wysokościach. Sierpień roku 1992 to miesiąc ekstremalnie ciepły. Średnia temperatura roku osiąga wartości najwyższe w ostatnim dziesięcioleciu badanego okresu, to jest 2000–2010. W ostatnich dwóch dekadach zauważa się dominację kolorów „ciepłych” (dodatnie odchylenie od średniej wieloletniej) zarówno w miesiącach letnich, jak i zimowych. Okres od roku 1961 do 1990 charakteryzuje się dominacją barw „zimnych” – ujemne odchylenie od średniej wieloletniej.

Trend rocznej temperatury powietrza w Popradzie oraz na Łomnicy wykazuje silną tendencję wzrostową i jego wartość jest istotna statystycznie. Należy jednak dodać, że w miarę wzrostu wysokości nad poziomem morza istotność trendu nieznacznie maleje. Miesiącem o największym wzroście temperatury powietrza jest lipiec. W październiku na stacji położonej na wysokości 683 m n.p.m. wzrost temperatury jest najmniejszy, na Łomnicy nie

występuje. W związku z tym najsilniejsza tendencja wzrostowa temperatury powietrza pojawia się w okresie letnim (VI–VIII), najmniejsza zaś jesienią (IX–XII).

Przeprowadzona analiza potwierdza założenia Migąły (2005), bowiem tempo wzrostu temperatury powietrza zarówno w poszczególnych miesiącach, jak i w latach wraz ze wzrostem wysokości w Tatrach Słowackich maleje.

Zatem zarówno w Popradzie, jak i na Łomnicy pojawiają się te same miesiące, okresy i lata, w których temperatura powietrza przybiera podobny trend, to jest większy lub mniejszy wzrost. Różnica występuje w konkretnych wartościach. Na stacji położonej niżej tendencja wzrostowa temperatury jest większa, a na stacji położonej wyżej – mniejsza.

Wzrost rocznej temperatury powietrza potwierdzają dane z wysokogórskich obserwatoriów, których skutki antropopresji, przede wszystkim rozbudowy miasta (miejska wyspa ciepła), są najmniejsze. W niniejszej pracy do stacji tych zalicza się Łomnicę. Szczególną uwagę zwrócić należy na ostatnie dwie dekady w analizowanym okresie, w których widoczne jest dodatnie odchylenie temperatury powietrza od normy wieloletniej. Fakt ten bezpośrednio wpływa na wartość wskaźnika R^2 .

LITERATURA

- Angot A., 1913: *Sur un mode de classification des hivers*. Ann. Soc. Meteor., Paris, 109.
- Filipiuk E., 2011: *Klasyfikacja termiczna, miesięcy, sezonów i lat w Lublinie w latach 1951–2010*. Pr. i Stud. Geogr., t. 47, 129–138.
- Hellmann G., 1917: *Über strenge Winter*. Sitzungser K. Preuse Akad., 42, Berlin, 738.
- Hellmann G., 1918: *Über milde Winter*. Sitzungser K. Preuse Akad., 11, Berlin, 313.
- Jones P.D., Raper S., Bradley R.S., Diaz H.F., Kelly P.M., Wigley T.M.I., 1986: *Northern Hemisphere surface air temperature variations, 1951–1984*, J. Appl. Met., Vol. 25, 1213–1230.
- Lorenc H. 1994: *Ocena zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie 1901–1993 na podstawie obserwacji z wybranych stacji meteorologicznych w Polsce*. Wiad. IMGW, 38, 43–59.
- Lorenc H., 2000: *Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*. Mat. Bad. IMGW, 31.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M., 1996: *Thermal tendencies of winters in Poland as the indicator of climate variability*. Zesz. Nauk. UJ, 102, 365–374.
- Migała K., 2005: *Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych*. Wyd. Uniw. Wrocławskiego, Wrocław, 14–109.
- Paczos S., 1985: *Zagadnienie klasyfikacji zim w świetle różnych kryteriów termicznych*. Ann. UMCS, Sec. B, 40, 133–155.
- Paczos S., 1990: *Ekstremalnie ciepłe i chłodne zimy w Polsce w okresie 1951–1990*. Mat. Ogólnopol. Sesji Naukowej „Meteorologia i hydrologia a ochrona środowiska”, Przesieka, PTGeof.
- Rackliff P.G., 1965: *Summer and winter indices at Armagh*. Weather, 20, 2, 38–44.
- Sneyers R., 1990, *On the statistical analysis of series of observations*. WMO Technical note, Geneva, 415.

- Thom H.C.S., 1966: *Some methods of climatological analysis*. WMO, Technical note 81, Geneva.
- Thomson A., 1964: *Mean winter temperature in Edinburgh 1764/75–1962/63*. Met. Magazine, 93, London, 1102.
- Von Storch H., Zwiers F.W., 1999: *Statistical analysis in climate research*. Cambridge Univ. Press.
- Warakomski W., 1989/90: *W poszukiwaniu koncepcji anomalii klimatycznych*. Ann. UMCS, Sec. B, 44/45, 211–224.