

Bronisław Głowicki

EKSTREMALNE ZJAWISKA TERMICZNE W SUDETACH W OKRESIE WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU

EXTREME THERMAL PHENOMENA IN THE SUDETES IN THE PERIOD OF CONTEMPORARY CLIMATIC CHANGES

Streszczenie

Praca zawiera charakterystykę ekstremalnych wartości temperatury powietrza, jakie wystąpiły w Sudetach w latach 1951–2007. Analiza danych z czterech stacji referencyjnych potwierdziła postępujące współcześnie ocieplenie w całym profilu wysokościowym Sudetów (203–1603 m n.p.m.).

Wykazano istnienie zwykłych trendów temperatury niemal we wszystkich miesiącach, jednak nie w każdym przypadku były one istotne statystycznie. Najsilniejsze tempo przyrostu temperatury maksymalnej wystąpiło w maju (0,6°C/10 lat). Za istotny przejaw współczesnego ocieplenia uznać też należy spadkową tendencję liczby dni mroźnych ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) i bardzo mroźnych ($T_{\max} < -10^{\circ}\text{C}$) w całym profilu hipsometrycznym oraz wzrostową liczbę dni gorących ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) i upalnych ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) w niższych położeniach. Na przełomie XX i XXI wieku wystąpiły u podnóża Sudetów, nienotowane wcześniej, tzw. dni szczególnie upalne, z temperaturą maksymalną ponad 35°C. Współczesne ocieplenie klimatu w strefie szczytowej Sudetów (na Śnieżce) kształtuje się w przebiegu wielu wskaźników termicznych odmiennie aniżeli w niższych położeniach.

Słowa kluczowe: klimat górski, temperatura powietrza, zmiany klimatu, Sudety

Summary

The study characterizes extreme values of air temperature, which occurred in the Sudetes during the period 1951–2007. Analysis of data obtained from four reference stations confirmed warming progressing in our times in the entire height profile of the Sudetes (203–1603 m above sea level). The author presented

upward trends of temperature almost in all months, however, not all of them were of statistical importance. The greatest increase in the maximum temperature was recorded in May (0.6°C/10 years). Another significant sign of current warming is also the downward trend in the number of frosty days ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) and of very frosty ones ($T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$) in the entire hypsometric profile, and a growing number of warm days ($T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) and of hot ones ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) in areas located in lower parts. At the turn of the 20th and 21st centuries, stations located at the foot of the Sudetes recorded the so-called particularly hot days, which had not been recorded before, with the maximum temperature exceeding 35°C. Contemporary warming of climate in the highest part of the Sudetes (on Śnieżka) differs in terms of various thermal indicators from that in lower parts.

Key words: *mountain climate, air temperature, changes of climate, the Sudetes*

WSTĘP

Występowanie ekstremalnych zjawisk klimatycznych na obszarze Sudetów dokumentowano od wielu stuleci, zarówno w rocznikach i opracowaniach klimatologicznych, jak i w zapiskach kronikarskich [Inglot 1965; Girguś, Strupczewski 1965]. Najwięcej uwagi zwracano w nich na lokalizację i intensywność mrozowisk w obrębie dolin i kotlin śródgórskich oraz na występowanie opadów powodziowych i wiatrów huraganowych. Zidentyfikowane przez niemieckich klimatologów oraz potwierdzone w wielu pracach Schmucka [1948] zastoiska chłodu w Kotlinie Kamiennogórskiej i w rejonie Sokołowska stanowiły podstawę wyodrębnienia przez Romera [1949] osobliwego typu klimatu zaciszy śródgórskich. Godną przypomnienia jest opracowana przez Schmucka [1967] analiza występowania w Sudetach skrajnych pod względem termicznym okresów w latach 1950–1963.

Współczesne warunki klimatyczne Sudetów, podobnie jak innych gór Europy, cechuje generalna tendencja wzrostowa temperatury powietrza [Lorenc 1994; Obrębska-Starkłowa i in. 1994; Brzeźniak, Limanówka 1999; Wibig, Głowicki 2002; Migała 2005, Durło i in. 2007]. Wyrazem tego jest między innymi dodatni trend średniej rocznej temperatury na Śnieżce, który w XX wieku osiągnął wartość 0,82°C/100 lat [Głowicki 2003] i był zbieżny z tempem wzrostu temperatury globalnej, podanym w trzecim raporcie Międzyrządowego Zespołu Ekspertów ds. Zmian Klimatu (IPCC, 2001). Zwykłą tendencją wykazują także na Śnieżce długookresowe zmiany dobowej temperatury minimalnej (1,38°C/100 lat) i maksymalnej (0,72°C/100 lat). Rezultatem asymetrycznego tempa wiekowych zmian tych ekstremalnych charakterystyk termicznych, zdominowanego przez silniejszy wzrost temperatury minimalnej, była spadkowa tendencja wartości amplitudy dobowej temperatury w XX wieku (-0,64°C/100 lat). Z innych oznak postępującego ocieplenia w ciągu minionego stulecia na Śnieżce wymienić można skracanie czasu trwania zimy i zwykłą tendencję temperatury sezonu wegetacyjnego [Dubicka, Głowicki 2000].

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka wieloletniej zmienności ekstremów termicznych, które występowały w okresie 1951–2007 w pełnym profilu wysokościowym Sudetów (203–1603 m n.p.m.). Były one kształtowane w dużej mierze przez czynniki naturalne (w partii szczytowej) a zapewne pozostawały również pod wpływem antropopresji (w niższych położeniach). Prezentowane opracowanie stanowi rodzaj okresowej oceny (monitoringu) występowania skrajnych wartości temperatury w Sudetach. Wyniki tej oceny mogą być wykorzystane przy formułowaniu odpowiedniej strategii działań zmierzających ku optymalnemu zagospodarowaniu miejscowości czy regionów, zgodnej z koncepcją zrównoważonego rozwoju. Epizody ekstremalnych zjawisk termicznych wywierają bowiem znaczący wpływ zarówno na funkcjonowanie ekosystemów górskich, jak i na przekształcenia funkcji rolniczej i leśnej w górach [Obrębska-Starkłowa i in. 1994].

MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY I METODA OPRACOWANIA

Materiał źródłowy do opracowania stanowiły wyniki codziennych pomiarów temperatury minimalnej i maksymalnej, prowadzonych w latach 1951–2007 w czterech stacjach i posterunkach meteorologicznych (tab. 1) zlokalizowanych w Sudetach polskich i charakteryzujących się różnymi parametrami położenia geograficznego oraz odmiennym typem klimatu. Zgorzelec reprezentuje klimat małego miasta na północno-zachodnim skraju pogórza, Jelenia Góra – odzwierciedla warunki zurbanizowanego obszaru rozległej kotliny śródgórskiej, Łądek Zdrój – zachodnich stoków Sudetów Wschodnich. Dane pomiarowe ze Śnieżki określają klimat kulminacji całego górotworu Sudetów. Zgromadzone, kompletne 57-letnie serie codziennych notowań temperatury powietrza należy uznać za jednorodne i wiarygodne z punktu widzenia potrzeb detekcji zmian klimatu górskiego.

Tabela 1. Wykaz stacji i posterunków, z których dane wykorzystano w pracy
Table 1. The list of meteorological stations located, whose data were used in the study

Stacja Station	Szerokość geograficzna Latitude	Długość geograficzna Longitude	Wysokość (m n.p.m.) Altitude(m)	Region Region
Zgorzelec	51°08'N	15°02'E	203	Pogórze Zachodniosudeckie
Jelenia Góra	50°54'N	15°48'E	342	Sudety Zachodnie
Łądek Zdrój	50°21'N	16°53'E	461	Sudety Wschodnie
Śnieżka	50°44'N	15°44'E	1603	Sudety Zachodnie

Na podstawie tych standardowych ciągów obserwacyjnych dobowej temperatury minimalnej i maksymalnej z wybranych czterech stacji sudeckich wyznaczono następujące wskaźniki:

– ekstremalne wartości temperatury (najniższą i najwyższą) w każdym roku i miesiącu,

– absolutne minimum i absolutne maksimum temperatury z całego 57-lecia (1951–2007),

– odpowiednio najwyższe i najniższe roczne oraz miesięczne liczby, tzw. dni charakterystycznych pod względem termicznym (bardzo mroźne, mroźne, z przymrozkiem, gorące i upalne).

W celu określenia długookresowej tendencji zmian wybranych charakterystyk termicznych obliczono współczynniki trendu liniowego dla całego 57-letniego okresu. Istotność współczynnika korelacji aproksymanty trendu badano za pomocą testu t-Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia tendencji termicznych wykonano tylko na podstawie wartości średnich rocznych i średnich miesięcznych dobowej temperatury minimalnej i maksymalnej oraz rzeczywistej liczby dni z wystąpieniem dni charakterystycznych pod względem termicznym w danym roku bądź miesiącu.

EKSTREMALNE WARTOŚCI TEMPERATURY POWIETRZA W SUDETACH

Z przeglądu polskich i niemieckich roczników meteorologicznych oraz innych materiałów źródłowych wynika, że absolutne ekstrema temperatury powietrza wystąpiły w Sudetach na przełomie XIX i XX wieku. Absolutnie najniższą temperaturę (tzw. minimum minimorum), o wartości $-37,0^{\circ}\text{C}$, zanotowano 11 lutego 1929 roku w Dusznikach Zdroju, zaś najwyższą (maximum maximorum), $37,2^{\circ}\text{C}$, dwukrotnie w Kłodzku: w dniach 19 i 20 sierpnia 1892 roku [Klimakunde 1939].

Zakres skrajnych wartości temperatury obserwowanych w latach 1951–2007 na czterech analizowanych w niniejszej pracy stacjach sudeckich (tab. 2) był tylko nieznacznie zawężony w stosunku do opisanego wyżej absolutnego. Najniższą temperaturę ($-36,9^{\circ}\text{C}$) zanotowano w Jeleniej Górze 10 lutego 1956 roku, zaś najwyższą ($37,0^{\circ}\text{C}$) w Zgorzelcu 31 lipca 1994 roku. Zwraca uwagę grupowanie się wartości najniższych w latach 1950 oraz najwyższych w ostatniej dekadzie XX wieku.

Należy zaznaczyć, że na Śnieżce, reprezentującej środowisko wysokogórskie, nie występują rekordowo niskie wartości temperatury minimalnej w porównaniu z odpowiednią temperaturą z innych stacji sudeckich. Odrębność klimatyczną Śnieżki wyrażają też inne terminy występowania ekstremów termicznych. Najwyższe maksimum dobowe temperatury ($24,5^{\circ}\text{C}$) zanotowano na tej stacji w lipcu 2005 roku. Bezwzględne amplitudy temperatury z całego 57-lecia (1951–2007), determinowane w Sudetach ostrością zim i orografią terenu, wahały się od $58,4^{\circ}\text{C}$ na Śnieżce do $72,7^{\circ}\text{C}$ w Jeleniej Górze. Największą zmienność tych dobowych ekstremów termicznych obserwowano w latach 1950. Spośród epizodów skrajnych wartości ekstremów na uwagę zasługuje największa wartość temperatury minimalnej, $25,4^{\circ}\text{C}$, notowana w Jeleniej Górze i najniższe dobowe maksimum, $-25,8^{\circ}\text{C}$, na Śnieżce.

Tabela 2. Podstawowe charakterystyki dobowej temperatury minimalnej (Tmin) i maksymalnej (Tmax) oraz amplitudy dobowej (DTR) temperatury powietrza [w °C] w Sudetach dla określonych okresów wielolecia 1951–2007

Table 2. Basic characteristics of the minimum daily temperature (Tmin), the maximum daily temperature (Tmax), as well as the diurnal range (DTR) of air temperature [in °C] in the Sudetes in defined periods between the years 1951–2007

Wskaźnik Index	Stacja Station	Okresy/Periods					
		1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-07
Tmin-abs.N (najniższa)	Zgorzelec	-30,9	-27,2	-25,9	-31,0	-24,9	-22,5
	Jelenia Góra	-36,9	-30,7	-29,6	-31,8	-29,5	-25,9
	Łądek Zdrój	-30,1	-26,5	-23,9	-26,1	-23,6	-24,6
	Śnieżka	-33,9	-24,9	-28,4	-32,1	-24,9	-23,7
Tmin średnia	Zgorzelec	3,5	3,8	4,2	4,4	4,3	4,8
	Jelenia Góra	1,6	1,8	2,2	2,3	2,5	2,6
	Łądek Zdrój	2,2	2,6	3,1	3,4	3,3	3,3
	Śnieżka	-2,0	-1,9	-1,8	-1,6	-1,2	-0,8
Tmin-abs.W (najwyższa)	Zgorzelec	20,5	20,0	21,2	22,6	20,1	21,8
	Jelenia Góra	18,8	20,4	21,3	22,0	25,4	21,7
	Łądek Zdrój	20,0	19,9	19,6	22,7	22,9	21,9
	Śnieżka	17,4	15,6	17,6	16,5	18,4	17,1
Tmax-abs.N (najniższa)	Zgorzelec	-20,8	-14,4	-14,3	-20,3	-13,0	-13,0
	Jelenia Góra	-21,4	-14,9	-15,5	-19,9	-13,3	-11,2
	Łądek Zdrój	-19,6	-14,8	-13,2	-21,7	-13,6	-15,2
	Śnieżka	-25,8	-20,4	-21,8	-23,6	-17,3	-15,6
Tmax średnia	Zgorzelec	12,4	12,2	12,5	12,8	13,2	13,7
	Jelenia Góra	12,1	11,8	12,2	12,8	12,9	13,3
	Łądek Zdrój	11,3	11,0	11,3	11,8	12,1	12,5
	Śnieżka	3,2	3,1	3,0	3,3	3,6	4,0
Tmax-abs.W (najwyższa)	Zgorzelec	34,9	34,5	34,6	35,4	37,0	35,9
	Jelenia Góra	33,6	33,1	34,0	34,8	35,8	33,9
	Łądek Zdrój	33,0	32,2	31,6	34,2	35,2	33,6
	Śnieżka	23,2	23,1	23,4	23,6	23,5	24,5
DTR (średnia)	Zgorzelec	8,8	8,4	8,3	8,4	8,9	8,9
	Jelenia Góra	10,5	10,1	10,1	10,5	10,4	10,7
	Łądek Zdrój	9,1	8,4	8,1	8,4	8,8	9,2
	Śnieżka	5,2	5,0	4,8	4,8	4,8	4,8

ZMIENNOŚĆ WIELOLETNIA EKSTREMÓW TERMICZNYCH

Analizowane ciągi skrajnych rocznych minimów i maksimów temperatury z wielolecia 1951–2007 nie wykazują istotnego statystycznie trendu (tab. 3). Absolutne ekstrema nie pojawiały się też synchronicznie na wszystkich stacjach. Takie skrajne wartości uznaje się za występujące incydentalnie [Trepiańska 2005]. Stąd też zasadniczą analizę kształtowania się zmienności i trendów termicznych w Sudetach w okresie 1951–2007 przeprowadzono na podstawie przebiegu wartości uśrednionych dla miesięcy i roku, wyznaczonych z wartości dobowych ekstremów termicznych (tab. 4, rys. 1 i 2).

Tabela 3. Absolutne dobowe minimum (Tmin) i maksimum (Tmax) temperatury powietrza [w °C] w Sudetach w poszczególnych miesiącach lat 1951-2007 i daty ich wystąpienia

Table 3. The absolute daily minimum (Tmin) and maximum (Tmax) of air temperature [in °C] in the Sudetes in individual months between 1951 – 2007 and dates when they occurred

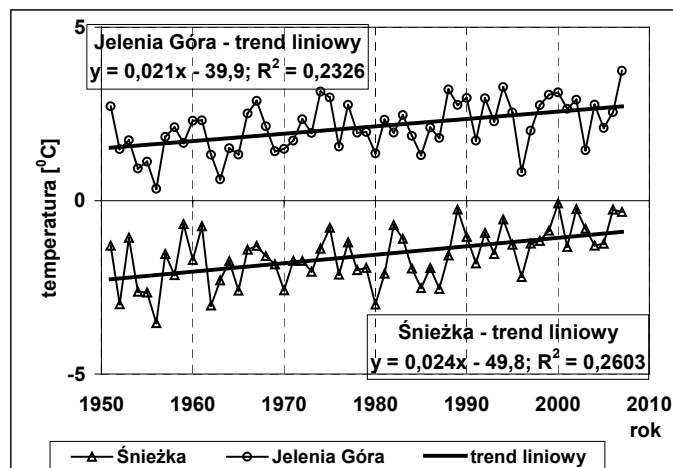
Miesiąc Month	Zgorzelec		Jelenia Góra		Lądek Zdrój		Śnieżka	
	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax
Styczeń January	-31,0 14.1987	15,5 10.1993	-31,8 8.1985	17,0 17.1993	-27,8 27.1954	15,0 11.1991	-32,1 12.1987	10,5 11.1998
Luty February	-30,9 9.1956	16,6 5.2004	-36,9 10.1956	19,5 23.1990	-30,1 9.1956	17,2 25.1990	-33,9 9.1956	10,1 4.2002
Marzec March	-21,6 4.1971	22,5 29.1968	-29,6 5.1971	24,4 29.1968	-23,9 5.1971	22,1 21.1974	-25,5 4.1971	12,1 11.1955
Kwiecień April	-8,1 1.1996	29,3 23.1968	-14,5 1.1977	28,8 23.1968	-10,0 12.1986	27,3 23.1968	-15,5 18.1955	18,2 23.1968
Maj May	-4,0 5.2005	30,9 28.2005	-5,5 4.1980	31,1 30.2005	-3,9 7.1957	30,9 29.2005	-13,1 20.1952	20,4 30.2005
Czerwiec June	-0,6 6.1977	35,4 21.2000	-2,1 2.1975	33,5 21.2000	-0,6 1.1977	32,3 22.2000	-7,1 6.1962	22,2 29.1994
Lipiec July	2,6 20.1996	37,0 31.1994	1,7 8.1961	35,4 30.1994	2,8 6.1951	35,0 31.1994	-2,2 4.1962	24,5 29.2005
Sierpień August	1,5 23.1976	36,5 1.1994	0,3 23.1976	35,8 1.1994	1,8 31.1959	35,2 10.1992	-2,6 25.1980	23,5 1.1994
Wrzesień September	4,8 30.1968	31,8 17.1975	-5,6 23.1951	34,0 17.1975	-3,7 29.1970	30,9 17.1975	-5,8 25.2002	21,1 17.1975
Październik October	7,5 27.1991	25,6 7.1966	-8,7 28.2003	27,7 4.1985	-8,3 31.1991	24,1 2.1956	-14,7 31.1956	18,1 5.1966
Listopad November	-19,2 25.1975	16,0 3.1968	-22,1 23.1988	19,9 12.1969	-19,1 25.1975	17,3 16.2002	-20,3 30.1957	14,6 9.1966
Grudzień December	-24,9 28.1996	15,2 10.1961	-29,5 29.1996	16,3 5.1961	-26,5 25.1961	17,0 5.1961	-24,9 16.1961	12,0 4.2003
Rok Year	-31,0 14.01. 1987	37,0 31.07. 1994	-36,9 10.02. 1956	35,8 1.08. 1994	-30,1 9.02. 1956	35,2 10.08. 1992	-33,9 9.02. 1956	24,5 29.07. 2005

Analiza wykazała zdecydowaną dominację dodatnich trendów na wszystkich stacjach, zarówno w odniesieniu do uśrednionych ekstremów rocznych jak i miesięcznych (tab. 4). Jednak tylko dla niektórych miesięcy obliczone trendy spełniły warunek istotności statystycznej na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Brak istotnej tendencji zmian ekstremów dobowych stwierdzono w ciągach pomiarowych prawie wszystkich miesięcy jesiennych i zimowych (z wyjątkiem stycznia na Śnieżce).

Tabela 4. Trendy liniowe zmian średnich miesięcznych i rocznych wartości temperatury minimalnej (Tmin) i temperatury maksymalnej (Tmax) w Sudetach obliczone dla wybranych serii obserwacyjnych z lat 1951–2007

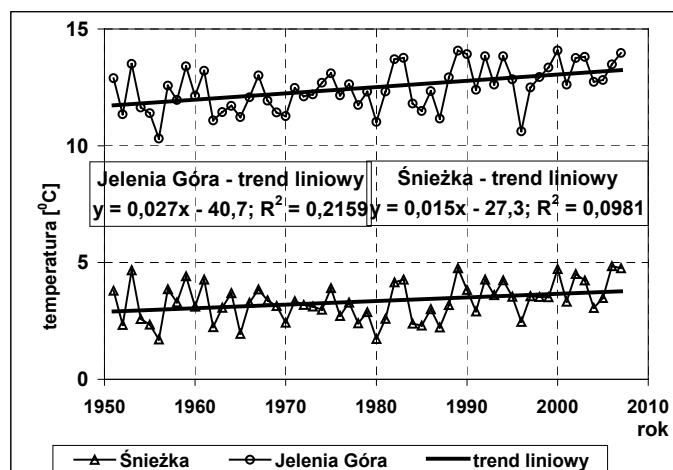
Table 4. Linear trends of changes of monthly and annual average values of the minimum temperature (Tmin) and the maximum temperature (Tmax) in the Sudetes calculated for selected observation series during the period 1951–2007

Miesiąc Month	Wskaźnik Index	Zgorzelec		Jelenia Góra		Łądek Zdrój		Śnieżka	
		Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax
Styczeń January	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,44	0,44	0,34	0,41	0,36	0,40	0,42*	0,41*
Luty February	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,62	0,48	0,56	0,50	0,54	0,51	0,34	0,36
Marzec March	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,40*	0,35	0,34	0,40	0,45*	0,41	0,30	0,11
Kwiecień April	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,12	0,34*	0,07	0,37*	0,22*	0,36*	0,27*	0,12
Maj May	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,21*	0,55*	0,29*	0,61*	0,36*	0,62*	0,50*	0,44*
Czerwiec June	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,17*	0,15	0,20*	0,18	0,12	0,19	0,16	0,02
Lipiec July	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,16*	0,39*	0,20*	0,35*	0,19*	0,37*	0,30*	0,20
Sierpień August	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,24*	0,42*	0,21*	0,38*	0,25*	0,35*	0,36*	0,22
Wrzesień September	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,20*	0,03	0,18	0,12	0,14	0,02	0,09	-0,08
Październik October	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,23	0,02	0,26	0,18	0,26	0,02	0,02	-0,04
Listopad November	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,01	-0,03	-0,15	-0,05	0,02	0,00	-0,01	-0,04
Grudzień December	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,13	0,08	0,05	0,06	0,01	0,01	0,19	0,15
Rok Year	$^{\circ}\text{C}/10$ lat $^{\circ}\text{C}/10$ years	0,24*	0,27*	0,21*	0,27*	0,24*	0,27*	0,24*	0,15*



* - wyróżniono przez pogrubienie trend statystycznie istotny na poziomie istotności 0,05
 *- a trend of statistical importance at the level of 0.05 is made bold

Rysunek 1. Dobowe minimum temperatury powietrza w Jeleniej Górze i na Śnieżce w okresie 1951–2007 według wartości średnich rocznych oraz trend liniowy
Figure 1. Daily minimum of air temperature in Jelenia Góra and on Śnieżka during the period 1951–2007 according to annual average values and linear trend



Rysunek 2. Dobowe maksimum temperatury powietrza w Jeleniej Górze i na Śnieżce w okresie 1951–2007 według wartości średnich rocznych oraz trend liniowy
Figure 2. Daily maximum of air temperature in Jelenia Góra and on the Śnieżka during the period 1951–2007 according to annual average values and linear trend

Natomiast istotny trend wzrostowy dobowych minimów i maksimów temperatury zaznaczył się w kwietniu, maju, lipcu i sierpniu oraz w wartościach średnich dla roku (tab. 4). Najbardziej znaczące okazało się tempo przyrostu średnich wartości dobowych maksimów temperatury w maju ($0,6^{\circ}\text{C}/10$ lat), które potwierdza występowanie tzw. ocieplenia wiosennego – szczególnie wyrazistego symptomu zmian sezonowych aspektów klimatu Polski w drugiej połowie XX wieku [Kozuchowski, Żmudzka 2001]. To większe tempo wzrostu temperatury maksymalnej i minimalnej w miesiącach wiosennych i letnich wystąpiło jednak tylko w niższych położeniach profilu pionowego Sudetów.

Osobliwie kształtowała się w Sudetach w latach 1951–2007 różnica między intensywnością tendencji średniej rocznej temperatury minimalnej i maksymalnej, określająca jednocześnie kierunek i wielkość wieloletniej zmienności średniej dobowej amplitudy powietrza. Dla strefy szczytowej (Śnieżka), jak to podano we wstępnej części pracy, charakterystyczne jest występowanie, trwającego od ponad 100 lat, szybszego tempa wzrostu temperatury minimalnej w porównaniu z temperaturą maksymalną, co skutkuje niższym trendem amplitudy dobowej [Wibig, Głowicki 2002]. Natomiast na stacjach niżej położonych intensywniej przyrastała w latach 1951–2007 temperatura maksymalna, zaś amplitudy dobowe temperatury powietrza sukcesywnie się zwiększały.

LICZBA DNI CHARAKTERYSTYCZNYCH POD WZGLĘDEM TERMICZNYM

Charakterystykę ekstremalnych zjawisk termicznych w Sudetach uzupełniono analizą częstości występowania tzw. termicznych dni charakterystycznych, w których notowano wartości temperatury maksymalnej (T_{max}) lub minimalnej (T_{min}) niższe bądź wyższe od obligatoryjnie określonego progu. Są to dni: bardzo mroźne, mroźne, z przymrozkiem, gorące i upalne (tab. 5).

Dni bardzo mroźne ($T_{\text{max}} \leq -10^{\circ}\text{C}$) w okresie 1951–2007 tylko na Śnieżce były notowane w każdym roku. Liczba tych dni zmieniała się tu od 1 w roku 1974 do 39 w roku 1963, a średnia roczna z wielolecia stanowiła około 12. W niżej położonych stacjach sudeckich dni takie pojawiały się sporadycznie i coraz rzadziej pod koniec analizowanego okresu obserwacyjnego.

Dni mroźne ($T_{\text{max}} \leq 0^{\circ}\text{C}$) występowały corocznie w całym profilu wysokościowym Sudetów, średnio w ciągu 129 dni na Śnieżce i 27–37 dni w niższych położeniach. Roczna liczba takich dni ulegała redukcji z upływem czasu, ale niższy trend okazał się nieistotny statystycznie.

Tabela 5. Średnia roczna liczba dni charakterystycznych pod względem termicznym w ustalonych okresach wielolecia 1951–2007 w Sudetach

Table 5. Average annual number of days characteristic in thermal sense in settled periods between the years 1951–2007 in the Sudetes

Wskaźnik Index	Stacja Station	Okresy/Periods					
		1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-07
Dni bardzo mroźne Tmax <-10°C	Zgorzelec	1,5	1,8	0,7	1,5	1,0	0,4
	Jelenia Góra	1,5	1,9	0,6	1,6	1,1	0,3
	Lądek Zdrój	1,6	3,2	0,8	1,7	1,4	0,7
	Śnieżka	12,8	18,7	9,0	14,0	9,0	9,1
Dni mroźne Tmax <0°C	Zgorzelec	24,9	36,9	20,5	28,0	24,6	24,7
	Jelenia Góra	32,1	42,3	23,2	29,1	25,0	28,4
	Lądek Zdrój	39,8	51,8	30,6	35,9	31,3	35,1
	Śnieżka	132,3	134,0	136,9	127,3	124,5	118,4
Dni z przymrozkiem Tmax >0°C i Tmin <0°C	Zgorzelec	85,8	68,6	72,5	67,5	75,9	73,1
	Jelenia Góra	116,8	95,6	115,1	102,3	112,4	106,7
	Lądek Zdrój	100,6	78,2	91,7	80,4	93,6	84,3
	Śnieżka	82,6	70,3	80,0	74,7	76,1	70,4
Dni gorące Tmax ≥25°C	Zgorzelec	27,5	30,6	28,7	32,8	41,9	47,7
	Jelenia Góra	21,9	24,8	22,0	27,8	33,4	37,9
	Lądek Zdrój	19,6	19,4	18,4	22,3	26,3	34,9
	Śnieżka	---	---	---	---	---	---
Dni upalne Tmax ≥30°C	Zgorzelec	2,9	3,6	3,9	4,7	7,6	9,0
	Jelenia Góra	2,2	2,4	2,1	2,3	5,6	5,9
	Lądek Zdrój	1,2	1,3	1,2	1,4	4,1	4,3
	Śnieżka	---	---	---	---	---	---

Dni z przymrozkiem ($T_{max} > 0$ i $T_{min} \leq 0^\circ\text{C}$), charakteryzujące wystąpienie przejścia temperatury przez 0°C , notowano średnio w roku, od 76 na Śnieżce do 109 w Jeleniej Górze. Ciągi roczne takich dni nie wykazały wyraźnej tendencji rozwojowej nawet przy rozpatrywaniu tendencji według danych źródłowych, zestawionych w układzie wartości średnich z okresów 10-letnich (tab. 5).

Dni gorące ($T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$) występują tylko w niższych położeniach profilu wysokościowego Sudetów. Średnia roczna liczba takich dni wahała się od 23 w Lądku Zdroju i 27 w Jeleniej Górze do 34 w Zgorzelcu. Najwięcej takich dni notowano w roku 2003, w tym w Zgorzelcu aż 67. Analiza 57-letnich ciągów chronologicznych tego wskaźnika, z rozpatrywanych tu trzech stacji, wskazała na wystąpienie istotnego trendu dodatniego o wartości współczynnika trendu około 3 dni/10 lat.

Dni upalne ($T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$), wyjątkowe w pierwszych dekadach analizowanego okresu 1951–2007 (tab. 5), pojawiały się częściej na przełomie XX i XXI wieku, głównie w latach 1994 i 2003. Notowano wtedy występowanie w Sude-

tach, podobnie jak w całej Polsce [Ustrnul, Czekierda 2002; Cebulak, Limanówka 2007], tzw. dni szczególnie upalnych, z temperaturą maksymalną powyżej 35°C.

PODSUMOWANIE

1. W przedstawionym w pracy zarysie kształtowania się ekstremalnych zjawisk termicznych w Sudetach w latach 1951–2007 ukazano tylko niektóre aspekty dokumentacji empirycznej współczesnego ocieplenia klimatu gór średnich Europy Środkowej w skali regionalnej. Wskazano szereg dowodów na występowanie w ostatnich kilkunastu latach wyraźnego wzrostu temperatury powietrza a także na intensyfikację termicznych zjawisk o charakterze ekstremalnym.

2. Kolejny etap tak ujętego monitoringu klimatu Sudetów powinien zawierać analizę przyczyn i mechanizmów powstawania obserwowanych zjawisk, która może stanowić podstawę opracowywania scenariuszy spodziewanych zmian klimatu w XXI wieku w skali lokalnej dla poszczególnych fragmentów profilu pionowego Sudetów, zaś w dalszej perspektywie stworzyć zasady prognozowania zmian środowiska, w tym ocenę przewidywanych przekształceń funkcji rolniczej i leśnej w górach. Pilotowe studium prognozowanych zmian środowiska Karpat w warunkach globalnego ocieplenia opracowano w Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie [Obrębska-Starkłowa i in. 1994].

BIBLIOGRAFIA

- Brzeźniak E., Limanówka D. *Changes of air temperature in Beskid Sądecki*. Probl. Zagosp. Ziem Gór., 45 1999, s. 5–18.
- Cebulak E., Limanówka D. *Dni z ekstremalnymi temperaturami powietrza w Polsce [w:] Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. Pod redakcją K. Piotrowicz i R. Twardosza, UJ IGiGP Kraków 2007, s.185–194.
- Dubicka M., Głowicki B. *Ekoklimat Karkonoszy w przekroju wieloletnim w świetle wskaźników kompleksowych*. Opera Corcontica. Vol. 37, 2000, s. 55–61.
- Durło G., Wilczyński S., Feliksik E. *Wieloletnia zmienność temperatury maksymalnej i minimalnej na Kopciowej w Beskidzie Sądeckim [w:] Cywilizacja i żywioty*. Pod redakcją U.Kossowskiej-Cezak, E. Bogdanowicz i M Cerana, PTGeof., IMGW, 2007, s. 127–135.
- Girguś R., Strupczewski W. *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*. Wydaw. Komunikacji i Łączności. Warszawa 1965.
- Głowicki B. *Symptoms of Contemporary Warming in the 100-Year Series of Temperature Measurements on the Śnieżka Mountain*. Acta Univ. Wratisl., No 2542, 2003, s.145–153.
- Inglot S. *Zjawiska klimatyczno-meteorologiczne na Śląsku od XVI do połowy XIX wieku*. Prace Wrocław. Tow. Nauk., seria B, 1965, nr 139.
- IPCC, *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Cambridge University Press, 2001.
- Klimakunde des Deutschen Reiches. Tabellen*. Verlag von Dietrich Reimer, Berlin 1939.

- Kożuchowski K., Żmudzka E., *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Przegl.Geof.,46, 2001, z. 1–2, s. 83–90.
- Lorenc H. *Symptomy zmian klimatu w strefach ograniczonych wpływów antropogenicznych*. Materiały Badawcze IMGW, seria: Meteorologia, nr 19, 1994, s. 52.
- Migała K. *Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych*. Acta Univ. Wratisl., No 2718, 2005, s. 149.
- Obrebska-Starkłowa B., Bednarz Z., Niedźwiedz T., Trepińska J. *Klimat Karpat w okresie globalnego ocieplenia i prognozowane zmiany gospodarcze*. Probl. Zagosp. Ziem Gór., 37, 1994, s. 13–38.
- Romer E. *Regiony klimatyczne Polski*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., seria B, 1949, nr 16.
- Schmuck A. *Klimat regionu walbrzyskiego*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., seria B, 1948, nr 11.
- Schmuck A. *Lata i pory roku skrajne pod względem termicznym i opadowym w Sudetach w latach 1950–1963*. Probl. Zagosp. Ziem Gór., 3(16), 1967, s.165–186.
- Trepińska J. *Termiczne skrajności w „umiarkowanym” klimacie Polski*. [w:] Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Pod redakcją E.Bogdanowicz, U.Kossowskiej-Cezak i J.Szkutnickiego. PTGeof, IMGW, Warszawa 2005, s. 55–63.
- Ustrnul Z., Czekierda D. *Ekstremalne wartości temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku na tle warunków cyrkulacyjnych*. Wiadomości IMGW, t. 25(46) 2002, z. 4, s. 3–21.
- Wibig J., Głowicki B. *Trends of minimum and maximum temperature in Poland*. Climate Research, 20(2), 2002, s. 123–133.

Dr Bronisław Głowicki
Zakład Badań Regionalnych
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział we Wrocławiu
51-616 Wrocław, ul. Parkowa 30,
tel. (71) 3282833
E-mail: Bronislaw.Glowicki@imgw.wroc.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Władysława Stola