

Elwira Żmudzka

Uniwersytet Warszawski,
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Zakład Klimatologii
00–927 Warszawa, ul. Krakowskie Przedmieście 30
e-mail: elwiraz@uw.edu.pl

**WSPÓŁCZESNE ZMIANY KLIMATU
WYSOKOGÓRSKIEJ CZĘŚCI TATR**

**Contemporary climate changes in the high mountain
part of the Tatras**

Summary. The purpose of the report is to determine trends in thermal and pluvial conditions in the high mountain part of the Tatras. The study makes use of the data from the weather stations on Kasprowy Wierch Mt. from the years 1951–2006, and mainly from 1966–2006. Various thermal and pluvial characteristics were considered. The increase of the rate of upward trend of temperature in the Tatras at the end of the 20th century and at the beginning of the 21st century, as well as the change of the seasonal distribution of the warming in comparison with the preceding long-term periods, have been documented. Certain symptoms of increase of the thermal and pluvial continentality have also been observed. The contemporary air temperature increase in the high mountain part of the Tatras is not followed by significant changes of the precipitation amount and nature.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, opady atmosferyczne, trend, Tatry

Key words: air temperature, precipitation, trend, Tatra Mountains

WPROWADZENIE

Głównym celem opracowania jest określenie zmian klimatu termicznego i pluwialnego, ich kierunku i skali, a także rozkładu sezonowego w wysokogórskiej części Tatr. Zasoby ciepła oraz ilość, częstość i natężenie opadów to dwa główne czynniki klimatyczne decydujące o funkcjonowaniu ekosystemów, a także wyznaczające warunki i możliwości rozwoju różnych form gospodaro-

wania. Ekosystemy górskie są wrażliwe i podatne na przekształcenia klimatu (Obrębska-Starkłowa 1999). Ponadto serie danych pochodzące z terenów górskich są szczególnie wartościowym materiałem w badaniach zmian klimatu, nie są bowiem obciążone lokalną (regionalną) antropopresją, przejawiającą się głównie w procesach urbanizacji i szeroko rozumianych zmianach w sposobie użytkowania ziemi.

MATERIAŁY I METODY

Do oszacowania współczesnych zmian klimatu wysokogórskiej części Tatr wykorzystano homogeniczne serie danych z obserwatorium wysokogórskiego na Kasprowym Wierchu ($h = 1991$ m n.p.m). Jest to stacja szczytowa, położona w obniżeniu grani głównej Tatr Zachodnich. Uwzględniono dwa okresy badań: 1951–2006 i 1966–2006. Pierwszy posłużył do oceny zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w skali regionalnej. W tym przypadku wykorzystano odpowiednio średnie i sumy sezonowe i roczne tych elementów klimatu z kolejnych lat. Wyniki badań szeregów czasowych ze stacji wysokogórskiej porównano z rezultatami analogicznych analiz przeprowadzonych w odniesieniu do obszaru Polski nizinnej, reprezentowanej przez serie danych uśrednionych obszarowo: w przypadku temperatury powietrza z 45, a w przypadku opadów z 50 stacji IMGW, położonych poniżej 300 m n.p.m. (Żmudzka 2009a).

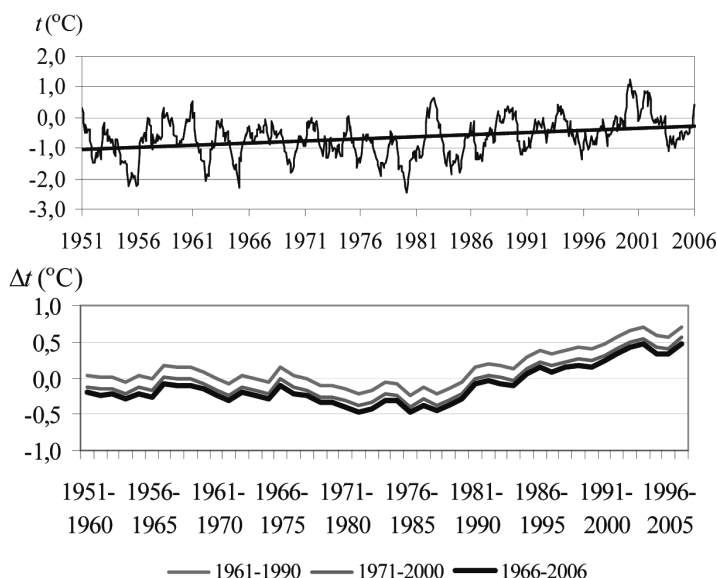
W celu udokumentowania przekształceń klimatu tatrzańskiego w skali lokalnej wykorzystano bardziej wrażliwe wskaźniki, jak np. wartości ekstremalne czy amplitudę dobową i roczną temperatury. Pochodzące z lat 1966–2006 dane codzienne: temperatura minimalna i maksymalna oraz średnia dobowa umożliwiły określenie zmian liczby dni charakterystycznych oraz sum temperatury efektywnej powyżej 5°C . Przeanalizowano także zmiany wieloletnie liczby dni z opadami oraz średniej obfitości opadów, zdefiniowanej jako stosunek sumy opadów do liczby dni z opadami. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany liczby dni z opadami bardzo silnymi (suma dobowa $\geq 30,0$ mm, $\geq 50,0$ mm i $\geq 100,0$ mm) i ich udziału w ogólnej sumie opadów.

Ogólny kierunek i tempo zmian warunków klimatycznych określono na podstawie trendów liniowych. Określono, jaki procent zmienności poszczególnych elementów klimatu (ich różnych charakterystyk) wyjaśniają te trendy.

ZMIANY WIELOLETNIE WARUNKÓW TERMICZNYCH

W części wysokogórskiej Tatr w latach 1951–2006 wystąpił wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o $0,01^{\circ}\text{C}$ na rok. Przebieg średnich ruchomych

12-miesięcznych wartości temperatury powietrza (przesuwanych z krokiem 1 miesiąca) potwierdził postępujące ocieplenie (ryc. 1). Tak obliczone średnie zmieniały się na Kasprowym Wierchu od $-2,4^{\circ}\text{C}$ (III 1980 – II 1981) do $1,2^{\circ}\text{C}$ (IV 2000 – III 2001). Współczynnik kierunkowy trendu, mówiący w tym przypadku o wielkości zmiany temperatury na miesiąc, oznacza przyrost temperatury w 56-leciu o prawie $0,7^{\circ}\text{C}$. Warto zauważyć, że oprócz wyraźnej tendencji rosnącej, cechą charakterystyczną przebiegu wieloletniego temperatury są kilkunastoletnie fluktuacje o dość dużym $-2-4^{\circ}\text{C}$ – zakresie wahań (Żmudzka 2010a).



Ryc. 1. Średnie ruchome 12-miesięczne wartości temperatury powietrza w latach 1951–2006 i ich trend liniowy (wykres górny) oraz odchylenia (Δt) średniej rocznej temperatury powietrza od średniej wieloletniej 1961–1990, 1971–2000 i 1966–2006 (średnie ruchome 10-letnie, wykres dolny) na Kasprowym Wierchu

Fig. 1. Moving averages 12-monthly values of the air temperature in the years 1951–2006 and their linear trend (higher graph) and deviations (Δt) of annual average air temperature from average in periods 1961–1990, 1971–2000 i 1966–2006 (moving 10-year average, lower graph) on Kasprowy Wierch Mt.

Ocieplenie zaznaczyło się we wszystkich porach roku, jedynie jesienią temperatura powietrza nieznacznie obniżyła się. Najsilniejszy wzrost temperatury był zimą. Trendy nie były jednak istotne statystycznie. Silniejszy wzrost temperatury wiosną niż jesienią skutkowałam rosnącym trendem zmian ($\sim 0,02^{\circ}\text{C}$ na rok) różnicy między temperaturą w tych porach roku. W Tatrach wiosna jest na ogół chłodniejsza od jesieni. Na Kasprowym Wierchu średnia różnica między temperaturą w sezonie wiosennym i jesiennym wynosiła $2,8^{\circ}\text{C}$.

Skala ocieplenia w Tatrach i jego rozkład sezonowy są podobne do stwierdzonych na obszarze Polski nizinnej. Podstawowa różnica polega na silniejszym wzroście temperatury w obszarach górskich latem oraz słabszym w części wysokogórskiej w przejściowych porach roku (tab. 1).

Tabela 1. Współczynniki kierunkowe trendu zmian średnich wartości temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{rok}^{-1}$) na Kasprowym Wierchu oraz w Polsce nizinnej w latach 1951–2006 i 1966–2006. Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie (Żmudzka 2009a, b)

Table 1. Directional coefficients of the trend in changes of the average values of the air temperature ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{year}^{-1}$) on Kasprowy Wierch Mt. and in lowland Poland in the years 1951–2006 and 1966–2006. Coefficients significant at the level of 0.05 are marked in bold (Żmudzka 2009a, b)

Wielolecie	Stacja/obszar	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
1951–2006	Kasprowy Wierch	0,03	0,02	0,02	–0,00	0,01
	Polska nizinna	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02
1966–2006	Kasprowy Wierch	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02
	Polska nizinna	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03

Biorąc pod uwagę okres 1966–2006, można zauważyć, że charakterystyczną cechą zmian warunków termicznych na obszarze całej Polski był znaczący wzrost temperatury latem. Także i w tym wieloleciu w Tatrach letnie ocieplenie było silniejsze niż w nizinnej części Polski. W pozostałych porach roku i średnio w roku wystąpiły również dodatnie trendy zmian temperatury, jednak nie były one istotne statystycznie. Silniejszy wzrost średniej temperatury powietrza w miesiącach najcieplejszych w ciągu roku niż najchłodniejszych spowodował, że w analizowanym okresie średnia roczna amplituda zwiększała się w tempie $0,04^{\circ}\text{C}$ na rok. Dodatni trend zmian różnicy średniej temperatury powietrza w przejściowych porach roku był nieco słabszy niż w całym okresie 56. lat. Wzrost rocznej amplitudy oraz coraz mniejsza wartość różnicy między średnią temperaturą na wiosnę i jesienią świadczą o wzroście cech kontynentalizmu termicznego.

Najcieplejszy z analizowanego wielolecia 1951–2006 w Tatrach był rok 2000 ze średnią temperaturą na Kasprowym Wierchu $0,8^{\circ}\text{C}$ (równie ciepły był tam rok 2002). Spośród dziesięciu najcieplejszych lat na Kasprowym Wierchu sześć z nich wystąpiło po roku 1990 (1994, 1999, 2000, 2002, 2006 i 2003). Warto zauważyć, że były to lata z dodatnią średnią roczną temperaturą powietrza. Na uwagę zasługuje okres letni – na Kasprowym Wierchu aż siedem z dziesięciu najwyższych średnich wartości temperatury wystąpiło na przełomie XX i XXI wieku. Najmniej, bo jedynie trzy, było w tym okresie najcieplejszych sezonów jesiennych. Najcieplejsze jesienie wystąpiły głównie w latach 50. i 60. XX w. (Żmudzka 2010a).

Na znaczący wzrost temperatury powietrza latem złożyły się istotne dodatnie trendy zmian zarówno średniej temperatury minimalnej, jak i maksymalnej. Wzrost temperatury maksymalnej był nieco silniejszy niż minimalnej (tab. 2). W ujęciu miesięcznym tylko na przełomie zimy i wiosny (w lutym i marcu) wystąpiło niewielkie zmniejszenie skrajnych wartości temperatury (Żmudzka 2010a).

Konsekwencją silniejszego wzrostu dobowych maksimów niż minimów był wzrost średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza. Wystąpił on w ciągu całego roku, a szczególnie duży był latem (0,02°C na rok). Warto zaznaczyć, że na Kasprowym Wierchu przebieg roczny średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza jest wyrównany: od 5,1°C w kwietniu i listopadzie do 5,8°C w czerwcu; średnio w roku wynosi 5,4°C.

Tabela 2. Współczynniki kierunkowe trendu zmian średnich wartości temperatury minimalnej i maksymalnej, średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza (°C · rok⁻¹) oraz liczby dni charakterystycznych (dzień · rok⁻¹) na Kasprowym Wierchu w latach 1966–2006. Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie (Żmudzka 2009b, 2010a)

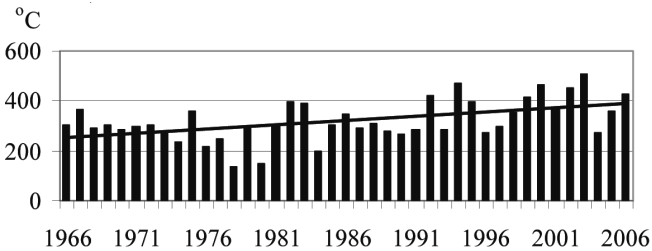
Table 2. Directional coefficients of the trend in changes of the average values of the minimum and maximum temperatures, of the average daily amplitude of air temperature (°C·year⁻¹) and of the number of characteristic days (days· year⁻¹) on Kasprowy Wierch Mt. in the years 1966–2006. Coefficients significant at the level of 0.05 are marked in bold (Żmudzka 2009b, 2010a)

Charakterystyka	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Temperatura minimalna	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01
Temperatura maksymalna	0,03	0,01	0,05	0,01	0,03
Amplituda dobowa temperatury	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01
Dni przymrozkowe ($t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$, $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$)	0,22	0,13	-0,11	0,04	0,30
Dni mroźne $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$	-0,24	-0,07	0,00	-0,03	-0,41
Dni bardzo mroźne $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$	0,04	0,04	-	0,01	0,10

Ciekawych spostrzeżeń dostarcza także analiza trendów zmian liczby dni charakterystycznych. Na Kasprowym Wierchu spośród dni charakterystycznych najczęstsze są dni mroźne ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$). Stanowią one 40% dni w roku. Zimą aż 86% dni to dni z temperaturą maksymalną niższą od zera stopni. W części wysokogórskiej Tatr nie występują dni bardzo gorące ($t_{\max} > 30,0^{\circ}\text{C}$) ani gorące ($t_{\max} > 25,0^{\circ}\text{C}$). Natomiast dni bardzo mroźne ($t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) nie występują tylko latem (średnio stanowią one około 20% dni w roku).

Na Kasprowym Wierchu w badanym wieloleciu wzrosła liczba dni przymrozkowych (0,30 dnia na rok), zmniejszyła się zaś liczba dni mroźnych (0,41 dnia na rok). Jedynie latem ubyło dni z przejściem temperatury przez zero stopni (Żmudzka 2010a).

Cechą charakterystyczną badanego wielolecia były coraz krótsze i łagodniejsze sezony zimowe. W ostatnich latach wystąpił jednak również istotny wzrost zasobów ciepła w okresie wegetacyjnym. Świadczy o tym dodatni trend sum średnich dobowych wartości temperatury powietrza powyżej 5°C. W latach 1966–2006 sumy te wzrastały na Kasprowym Wierchu w tempie 3,4°C na rok (ryc. 2). Wyjątkowo małe sumy wystąpiły w Tatrach w 1978 roku. Na Kasprowym Wierchu było to tylko 134,1°C. Na przełomie XX i XXI w. stwierdzono natomiast skrajnie duże sumy temperatury efektywnej. Wyjątkowo dużymi sumami temperatury (powyżej 400°C) wyróżniły się na Kasprowym Wierchu lata 1992 i 1994, 1999, 2000, 2002, 2003 i 2006. Skrajny pod tym względem był rok 2003, kiedy to suma ta przekroczyła 500°C. Średnio w latach 1966–2006 sumy te wynosiły na Kasprowym Wierchu 320,8°C (Żmudzka 2010a).



Ryc. 2. Przebieg wieloletni sum średniej dobowej temperatury powietrza powyżej 5°C na Kasprowym Wierchu w latach 1966–2006

Fig. 2. Multi-years course of the sums of the effective temperature (average daily temperatures >5°C) on Kasprowy Wierch in the years 1966–2006

ZMIANY WIELOLETNIE WARUNKÓW OPADOWYCH

Analiza zmienności czasowej charakterystyk opadowych na Kasprowym Wierchu wykazała, że cechą charakterystyczną ich przebiegu wieloletniego są kilkunastoletnie fluktuacje. Trendy liniowe są nieistotne statystycznie (wyjaśniają jedynie do kilku procent zmienności poszczególnych charakterystyk opadowych) oraz niestabilne w czasie. W drugiej połowie XX wieku (i w latach 1951–2006) nastąpił wzrost, a w latach 1966–2006 zmniejszenie ilości opadów w roku. Średnie roczne sumy opadów zmniejszały się w tempie 2,6 mm na rok (tab. 3). Średnia roczna suma opadów z tego okresu wyniosła na Kasprowym Wierchu 1797,7 mm. Najwięcej opadów spadło w 2001 r. – 2600,3 mm, najmniej w 1993 r. – 1292,3 mm (ryc. 3). Lata te wyróżniły się także ze względu na skrajne wartości amplitudy rocznej ilości opadów: 95,5 mm w 1993 i 612,9 mm w 2001 r. Skrajnie duża amplituda roczna opadów w 2001 r. była związana z wyjątkowo dużą sumą opadów w miesiącach letnich, która była konsekwencją skrajnie dużej liczby dni z opadami bardzo silnymi.

Tabela 3. Współczynniki kierunkowe trendu zmian sum opadów ($\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$) na Kasprowym Wierchu oraz w Polsce nizinnej w latach 1951–2000 i 1966–2006**Table 3.** Directional coefficients of the trend in changes of the precipitation sums ($\text{mm}\cdot\text{year}^{-1}$) on Kasprowy Wierch Mt. and in lowland Poland in the years 1951–2000 and 1966–2006

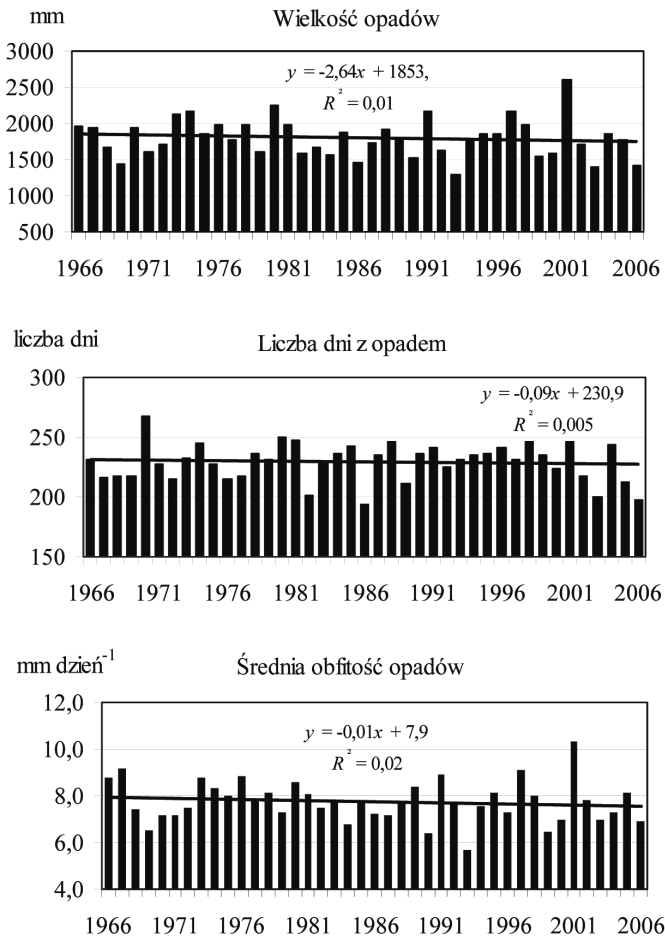
Wielolecie	Stacja/obszar	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
1951–2000	Kasprowy Wierch	0,06	1,04	–2,04	1,91	1,04
	Polska nizinna	–0,03	0,33	–0,24	0,24	0,29
1951–2006	Kasprowy Wierch	–0,42	0,21	–0,34	1,23	0,70
1966–2006		–2,04	–0,27	–1,25	1,33	–2,64

Tendencje charakterystyk opadowych były zróżnicowane w ciągu roku. Zmniejszenie wielkości opadów w latach 1966–2006 wystąpiło głównie zimą – $2,0 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$. Jesienią sumy opadów zwiększyły się, a liczba dni z opadami zmalała, co spowodowało wzrost obfitości opadów w tej porze roku (tab. 4). W pozostałej części roku średnia obfitość opadów zmniejszyła się. Średnia roczna liczba dni z opadem na Kasprowym Wierchu wynosiła 229; w poszczególnych latach liczba ta wahała się od 194 do 267. Cechą charakterystyczną przebiegu rocznego liczby dni z opadem w części wysokogórskiej Tatr jest przesunięcie maksimum głównego na miesiące wiosenne (III–V – 20–21 dni w miesiącu), podczas gdy u podnóża gór przypada ono na lato. Średnia obfitość opadów jest największa latem (w lipcu) – $10,9 \text{ mm}$ na dzień, najmniejsza zaś zimą (w lutym) – $5,9 \text{ mm}$ na dzień. Średnia roczna wynosi $7,7 \text{ mm}$ na dzień (Żmudzka 2010b).

Tendencja wzrostowa wysokości opadów jesienią oraz spadkowa wiosną spowodowały zmniejszenie stosunku opadów wiosennych do jesiennych o $0,01$ na rok (wiosną opady były średnio $1,3$ razy większe niż jesienią). Tendencja zmian stosunku opadów letnich do zimowych była natomiast dodatnia ($0,01$ na rok; średnio w wieloleciu stosunek ten wynosił $2,0$).

Tabela 4. Współczynniki kierunkowe trendu zmian liczby dni z opadami ($\text{liczba dni} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz średniej obfitości opadów ($\text{mm}\cdot\text{dzień}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) na Kasprowym Wierchu (1966–2006)**Table 4.** Directional coefficients of the trend in changes of the number of days with precipitation (number of days $\cdot\text{year}^{-1}$) and of the average precipitation abundance ($\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$) on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Charakterystyka	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Liczba dni z opadami	–0,03	0,02	–0,05	–0,01	–0,09
Średnia obfitość opadów	–0,03	–0,01	–0,02	0,02	–0,01



Ryc. 3. Przebieg wieloletni rocznych sum opadów, rocznej liczby dni z opadami i średniej obfitości opadów na Kasprowym Wierchu (1966–2006). Zaznaczono linie trendu (Żmudzka 2010b, zmienione)

Fig. 3. The long-term courses of the annual precipitation sums, annual number of days with precipitation and average precipitation abundance on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006). The trend lines are marked (Żmudzka 2010b, zmienione)

W badanym wieloleciu niewielkiemu zmniejszeniu uległy średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 30,0$ mm ($-0,05$ dnia na rok) i ich udział w ogólnej sumie opadów ($-0,10\%$ na rok). W przypadku rocznej liczby dni z opadem wynoszącym co najmniej 50 mm nie stwierdzono trendu zmian. Średnia roczna liczba dni z opadami bardzo silnymi (suma dobowa ≥ 30 mm) wynosiła na Kasprowym Wierchu 10. Średnio w ciągu roku występowało trzy dni z sumą opadów co najmniej 50 mm. Na Kasprowym Wierchu dni z opadami bardzo silnymi mogą się pojawiać w ciągu całego roku, koncentrują się jednak głównie w sezonie

letnim (odpowiednio średnio 5 i 2 dni). Największa liczba dni z opadem zarówno ≥ 30 mm, jak i ≥ 50 mm wystąpiła w roku o największej sumie opadów, tj. w 2001; było ich odpowiednio 20 i 12, z czego 14 i 11 wystąpiło w lecie (Żmudzka 2010b).

W latach 1966–2006 na Kasprowym Wierchu stwierdzono 8 dni z dobową sumą opadów co najmniej 100 mm; 6 z nich wystąpiło w okresie najcieplejszym, tzn. po roku 1980. Najwyższa suma dobowa opadów, wynosząca 232,0 mm, z 30 czerwca 1973 r. nie została jednak przekroczona (Żmudzka 2010b).

Ze względu na nieciągłość i dużą zmienność opadów tak w czasie, jak i przestrzeni, szczególnie silnie wyrażoną w obszarach górskich (np. Chomicz 1959, Cebulak 1991), uzyskane wyniki badań należy interpretować z dużą ostrożnością. Z pewnością odpowiedź na pytanie, czy wzrostowi temperatury w wysokogórskiej części Tatr towarzyszą istotne zmiany wielkości i charakteru opadów, byłaby pełniejsza, gdyby w analizie zostały wykorzystane dane z większej liczby stacji (Żmudzka 2010b).

DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie kilku wniosków:

- cechą charakterystyczną współczesnych zmian klimatu wysokogórskiej części Tatr jest ocieplenie. Jest ono porównywalne do wzrostu temperatury w obszarach nizinnych Polski, choć nieznacznie słabsze i pod względem statystycznym nieistotne (Żmudzka 2010a).
- ostatnie lata XX w. i pierwsze XXI w. przyniosły zwiększenie tempa wzrostu temperatury oraz zmianę rozkładu sezonowego tego procesu. Do występujących w drugiej połowie XX w. trendów dodatnich temperatury w sezonie zimowo-wiosennym dołączył istotny wzrost temperatury powietrza latem.
- wydłużenie okresu badań o pierwsze lata XXI w. wskazuje także na zwiększenie stopnia kontynentalizmu termicznego i pluwialnego, co ujawnia się m.in. we wzroście rocznej amplitudy tych elementów klimatu.
- podobne tempo wzrostu temperatury i podobny rozkład sezonowy ocieplenia w Tatrach i na obszarze Polski nizinnej oraz znacznych obszarach środkowej części Europy może sugerować, że przyczyny tego procesu są natury ogólnej.
- do istotnych cech zmian warunków termicznych przełomu XX i XXI wieku w części wysokogórskiej Tatr można zaliczyć wzrost liczby dni przymrozkowych i zmniejszenie liczby dni mroźnych oraz wzrost amplitudy dobowej i zasobów ciepła w okresie wegetacyjnym.
- wzrostowi temperatury powietrza w Tatrach w latach 1966–2006 nie towarzyszyły istotne zmiany w wielkości i charakterze opadów, zarówno śred-

nich jak i skrajnych. Cechą charakterystyczną przebiegu wieloletniego charakterystyk opadowych są kilkunastoletnie fluktuacje. Trendy liniowe wyjaśniają jedynie do kilku procent zmienności poszczególnych charakterystyk opadowych (Żmudzka 2010b).

- tendencje zmian charakterystyk opadowych były zróżnicowane w ciągu roku. W przeważającej części roku ilość opadów w badanym wieloleciu zmniejszyła się. Tylko jesienią wystąpił, podobnie jak w całej Polsce, nieistotny wzrost sum opadów oraz wzrost ich średniej obfitości.
- nie stwierdzono trendu zmian w rocznej liczbie dni z opadami bardzo silnymi oraz w ich udziale w ogólnej sumie opadów.
- ze względu na nieciągłość i dużą zmienność opadów zarówno w czasie, jak i przestrzeni uzyskane wyniki odnośnie do tego elementu klimatu można rozpatrywać jedynie jako reprezentatywne w odniesieniu do analizowanej stacji (Kasprowego Wierchu).

Literatura

- Cebulak E., 1991, *Najwyższe zanotowane maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły i ich geneza*. Acta Univ. Wratislaviensis, Prace Inst. Geogr., 1213, 167–171.
- Chomicz K., 1959, *Opady w Zakopanem*. Wiad. Sł. Hydr. i Met., 6, 5, 207–215.
- Niedźwiedz T., 2000, *Zmienność temperatury powietrza i opadów w Tatrach w ostatnich 50 latach*. [w:] *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Współczesne przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, II Ogólnopolska Konferencja, Zakopane, 12–14 październik 2000, TPN, PTPNoZ Oddział Krakowski, 37–38.
- Obreńska-Starkłowa B., 1999, *Zmiany klimatu a ekosystemy górskie*. [w:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski. Ich wpływ na gospodarkę, ekosystemy i człowieka*. Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 4–6 listopada 1999, Wyd. UŁ, 199–204.
- Żmudzka E., 2009a, *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agroph., 167, 555–568.
- Żmudzka E., 2009b, *Changes of thermal conditions in the Polish Tatra Mountains*. Landform Analysis, 10, 140–146.
- Żmudzka E., 2010a, *Sygnał globalnego ocieplenia w Tatrach*. Tetry, TPN, 31, 1, 44–47.
- Żmudzka E., 2010b, *Współczesne zmiany wielkości i charakteru opadów w Tatrach*. [w:] *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem*, t. 1, Zakopane, 157–164.