

Wieloletnia zmienność ekstremalnych warunków termicznych w południowej części Małopolski w drugiej połowie XX wieku

Long-term variability of the extreme thermal conditions in southern part of Małopolska in the second half of the 20th century

Zuzanna Bielec-Bąkowska¹, Ewa Łupikasza¹

Zarys treści: Celem opracowania jest analiza najniższych i najwyższych wartości maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza w Małopolsce w latach 1951-2000. Badania zostały przeprowadzone na podstawie danych pomiarowych z 6 stacji synoptycznych, zamieszczonych w *Codziennych Biuletynach Meteorologicznych IMGW*. Przeprowadzona analiza wykazała, że poza stacją na Kasprowym Wierchu, zarówno ekstremalne wartości temperatury, jak i ich zmiany w wieloleciu są zbliżone na wszystkich wybranych do analizy stacjach. Największe zróżnicowanie jest widoczne w przebiegu najniższych wartości temperatury i dotyczy to zarówno zakresu jej zmian, jej zmienności w wieloleciu, jak i zróżnicowania przestrzennego.

Słowa kluczowe: minimalna i maksymalna temperatura powietrza, zmienność wieloletnia, klimat Małopolski

Key words: maximum and minimum air temperature, long-term variability, climate of Małopolska

Wstęp

Temperatura powietrza oraz jej zmiany w ciągu doby są istotnym czynnikiem wpływającym na samopoczucie i codzienne warunki życia człowieka, a wiedza o przyczynach i zmienności występowania ekstremów termicznych pozwala na lepsze zapobieganie ich negatywnym skutkom. Zagadnienia te są częstym przedmiotem badań, a w ostatnich latach, w związku z rosnącym trendem temperatury powietrza na świecie, zwracano szczególną uwagę na występowanie jej skrajnych wartości (Domonkos i in. 2003, Frich i in. 2002; IPCC 2001, Limanówka i in 1993; Niedźwiedź, Ustrnul 1994; Niedźwiedź 2000,

¹ Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec,
e-mail: zbielec@wnoz.us.edu.pl, elupikasza@wnoz.us.edu.pl

Trepińska 1975; Trepińska, Kowanetz 1997; Wibig, Głowicki 2002). Prace poświęcone tym zagadnieniom wskazują, że zarówno minimalne, jak i maksymalne dobowe wartości temperatury wzrastają. Z reguły wzrost wartości minimalnych jest większy niż maksymalnych, chociaż nie we wszystkich regionach na świecie, a dynamika tych zmian może być zróżnicowana (Brázdil i in. 1996, Brunetti i in. 2000, Easterling i in. 1997, 2000; Piotrowicz 2003).

Również niniejsze opracowanie poświęcono zagadnieniu występowania skrajnych warunków termicznych w Małopolsce w latach 1951-2000. Przeprowadzone badania obejmują analizę ekstremalnych wartości temperatury, zakresu ich zmienności oraz ich zmienności wieloletniej.

Materiały i metoda opracowania

Podstawą opracowania były wartości minimalnej i maksymalnej temperatury powietrza z lat 1951-2000 (w Nowym Sączu 1954-2000). Wykorzystane dane zaczerpnięto z *Codziennych Biuletynów Meteorologicznych IMGW*; pochodzą z pięciu stacji meteorologicznych zlokalizowanych w województwie małopolskim (Kraków, Tarnów, Zakopane, Kasprowy Wierch i Nowy Sącz) i jednej (Aleksandrowice) położonej w województwie śląskim, co było spowodowane brakiem stacji reprezentującej zachodnią część rozpatrywanego obszaru. Należy również dodać, że jedna ze stacji – Kasprowy Wierch jest stacją wysokogórską, z tego też względu otrzymane wyniki różnią się od uzyskanych z pozostałych stacji. Zdecydowano się jednak na włączenie jej do analizy, ponieważ nie zaznaczają się tam silnie wpływy antropogeniczne, a zaobserwowane tam zmiany mogą stanowić tło porównawcze dla analogicznych charakterystyk na innych stacjach.

W opracowaniu szczególną uwagę zwrócono na najwyższe i najniższe wartości temperatury minimalnej i maksymalnej oraz na ich zmienność w wieloleciu. Sprawdzone także, czy istnieją wyraźne tendencje tych zmian oraz czy na wszystkich stacjach przebiegają one w podobny sposób.

Ekstremalne wartości temperatury

W pierwszym etapie badań analizie poddano występowanie najwyższych i najniższych wartości maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza w poszczególnych latach badanego wielolecia; wybrane charakterystyki zakresu zmian badanych wartości na każdej ze stacji zostały przedstawione w tabeli 1. Rozpatrując cztery z analizowanych stacji (Kraków, Tarnów, Nowy Sącz, Aleksandrowice) zauważamy, że wartości badanych charakterystyk są zbliżone do siebie. Najbardziej wyróżniają się wartości temperatury na stacji w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu, co oczywiście wynika z ich położenia.

W przypadku pierwszych czterech wymienionych stacji najniższa temperatura powietrza wyniosła $-33,5^{\circ}\text{C}$ i została zanotowana 28 lutego 1963 r. w Nowym Sączu, najwyższa natomiast $37,0^{\circ}\text{C}$ w dniu 5 lipca 1957 r. w Tarnowie. Rozpatrując najniższe wartości temperatury minimalnej zauważono, że na wszystkich czterech stacjach śred-

nio wynosiła ona od niecałych 2°C do 6°C i wahała się od około -7°C do około -30°C, a zakres tych zmian wynosił od 18,6°C w Tarnowie do 24,2°C w Nowym Sączu. W przypadku najwyższych wartości temperatury minimalnej zakres zmian był znacznie mniejszy (4,6°C w Krakowie – 5,6°C w Aleksandrowicach) i wahały się one od około 15°C do 22°C (tab. 1). Należy zwrócić jednak uwagę, że w badanym wieloleciu bywały dni, w których najwyższa wartość temperatury minimalnej była bardzo niska, np. w Tarnowie 9 lutego 1956 r., kiedy temperatura maksymalna wyniosła -21,6°C, a minimalna -27,5°C. Wartości temperatury maksymalnej średnio wahały się od 11°C do 16°C, przy czym najniższe wartości zwykle wynosiły około -20°C, najwyższe natomiast około 36°C.

Tab. 1. Zakres wahań maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza na wybranych stacjach w wieloleciu 1951-2000

Table 1. Range of variability of minimum and maximum air temperature at the selected stations in the period 1951-2000

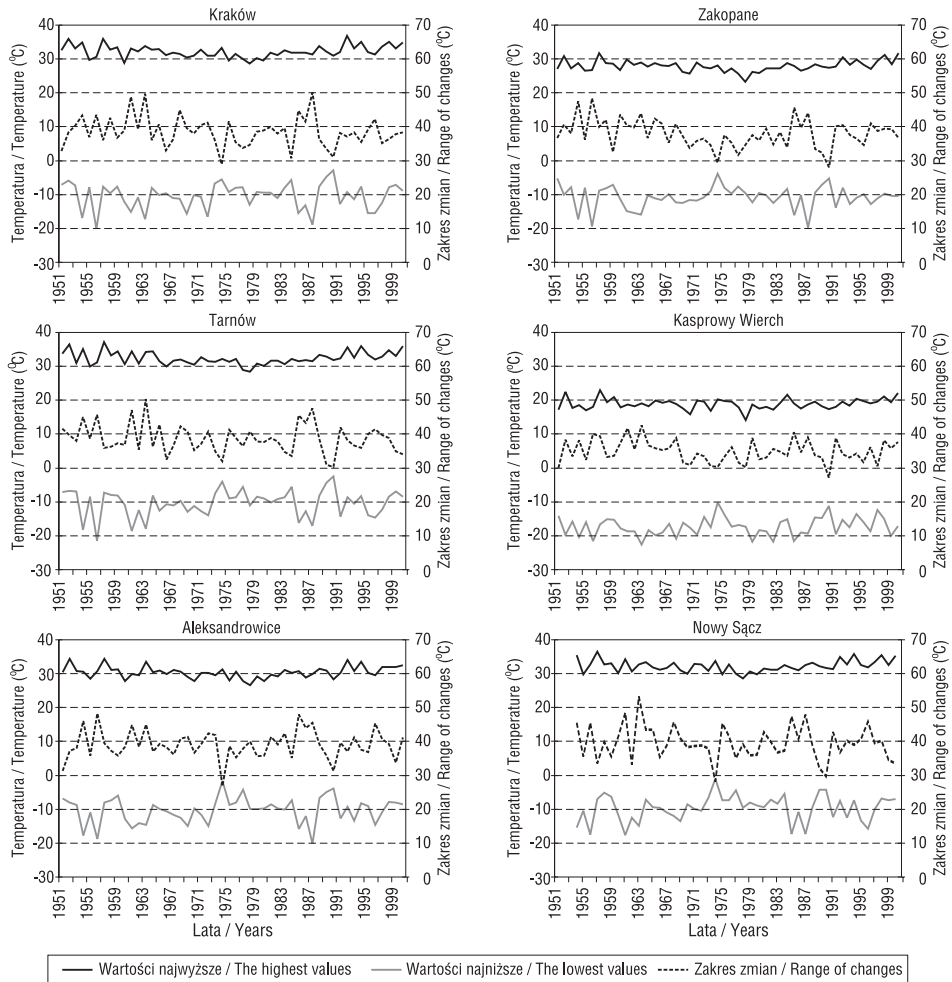
Stacja Station	Charakterystyki wieloletnie Multi-annual characteristics	Skrajna temperatura w poszczególnych latach (°C) Extreme temperature in particular years (°C)			
		Maksymalna / Maximum		Minimalna / Minimum	
		A	B	A	B
Kraków	A	36,7	-2,8	20,6	-10,8
	B	28,4	-20,0	16,0	-29,9
Tarnów	A	37,0	-2,6	21,7	-11,7
	B	28,3	-21,6	16,7	-30,3
Aleksandrowice	A	34,6	-1,6	21,8	-6,5
	B	26,8	-20,2	16,2	-29,6
Nowy Sącz	A	36,7	-0,9	20,5	-9,3
	B	28,8	-17,8	15,5	-33,5
Zakopane	A	31,8	-4,0	23,4	-13,3
	B	23,4	-20,0	14,0	-34,1
Kasprowy Wierch	A	23,0	-10,4	14,9	-15,9
	B	14,1	-22,8	8,6	-30,2

A – Najwyższa / The highest; B – Najniższa / The lowest

Zakres zmian temperatury powietrza na stacji w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu nieco się różnił od opisanego. W Zakopanem temperatura zwykle była o około 1-3°C niższa niż na czterech pozostałych stacjach i właśnie tutaj zanotowano najniższą temperaturę minimalną -34,1°C 1 lutego 1956 r. Warto jednak dodać, że właśnie na tej stacji zanotowano najwyższą dobową temperaturę minimalną, która wyniosła 23,4°C 29 sierpnia 1992 r. Temperatura na Kasprowym Wierchu była jeszcze niższa (o około 5-10°C niż na wspomnianych czterech stacjach), a najwyższa temperatura wyniosła tam 23,0°C w dniu 5 lipca 1957 r. Jednak mimo wysokogórskiego położenia raczej nie występowały tam rekordowo niskie wartości i jedynie najniższa temperatura maksymalna (-22,8°C 16 stycznia 1963 r.) była najniższa ze wszystkich rozpatrywanych maksimów (tab. 1).

Zmienność wieloletnia

Analiza wykazała, że zakres zmian temperatury jest różny w przypadku jej wartości najwyższych, najniższych i średnich. Największy zakres zmienności mają zawsze najniższe wartości temperatury – odpowiednio minimalnej lub maksymalnej. Zwykle dużo mniejsze są zmiany wartości najwyższych, a najmniejsze wartości średnich. Potwierdza to zakres zmienności, który w przypadku najniższych wartości zarówno temperatury minimalnej, jak i maksymalnej wynosił około 12-19°C, wartości najwyższych około 4-9°C, a średnich około 3-4°C (tab. 1). Potwierdzeniem tak dużych zmian najniższych

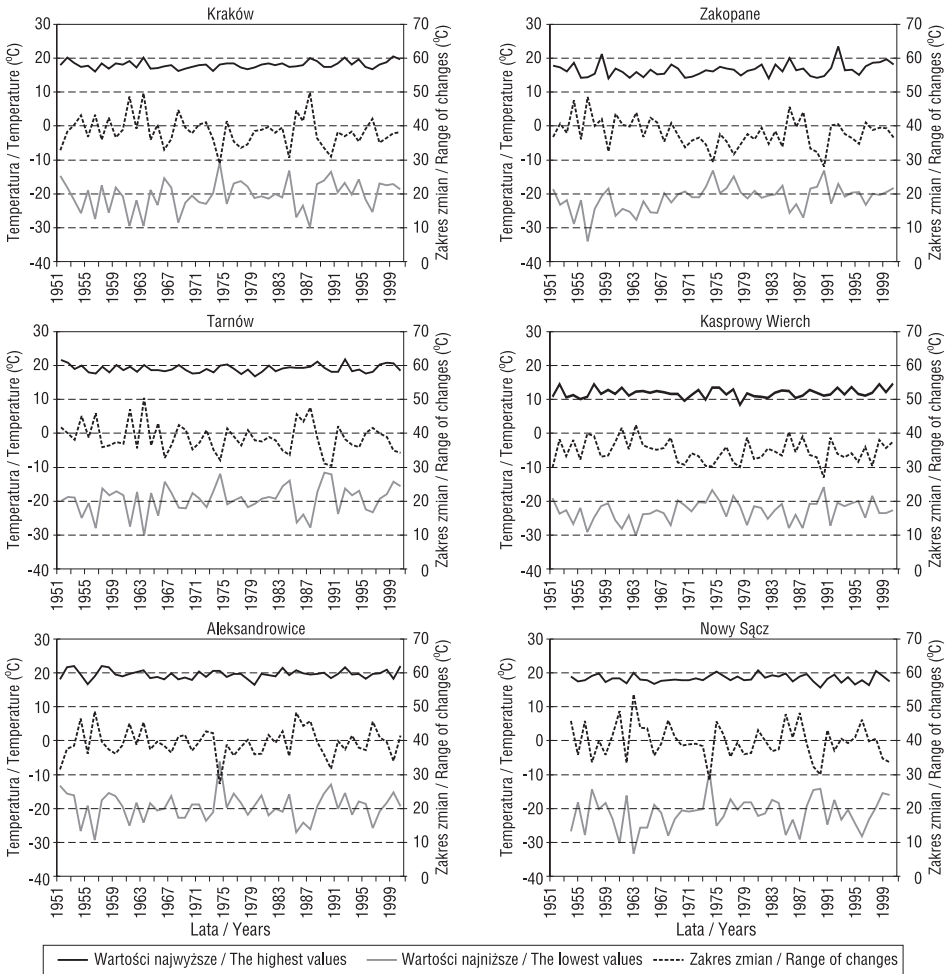


Ryc. 1. Maksymalna temperatura powietrza w latach 1951-2000

Fig. 1. Maximum air temperature in the period 1951-2000

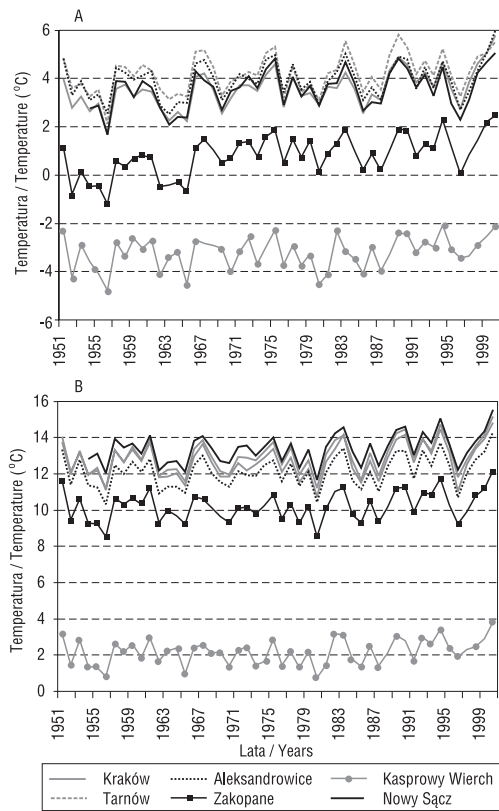
wartości temperatury jest również największy wskaźnik ich zmienności w wieloleciu (zwykle 2-3 razy większy niż wartości maksymalnych i średnich). Stanowi to potwierdzenie powszechnie znanej prawidłowości, że najbardziej czuła na wszelkie zmiany jest temperatura minimalna. Jedynie w przypadku stacji na Kasprowym Wierchu większym zmianom w badanym okresie podlegała temperatura maksymalna.

Analiza wykazała również, że na wszystkich rozpatrywanych stacjach zmiany najwyższych i najniższych wartości temperatury minimalnej i maksymalnej są podobne. Przykładem mogą być lata 70. i połowa lat 80. XX w., kiedy to na wszystkich stacjach odnotowano wyższe od średniej wieloletniej wartości najniższej temperatury maksymalnej,



Ryc. 2. Minimalna temperatura powietrza w latach 1951-2000

Fig. 2. Minimum air temperature in the period 1951-2000



Ryc. 3. Średnia minimalna (A) i maksymalna (B) temperatura powietrza w latach 1951-2000
 Fig. 3. Average minimum (A) and maximum (B) air temperature in the period 1951-2000

ch (odpowiednio $p < 0,05$ i $p < 0,1$) (ryc. 3). Rozpatrując najwyższe i najniższe wartości temperatur ekstremalnych, jakie wystąpiły w analizowanym wieloleciu również sprawdzono, czy zachodzi określona tendencja ich zmian. Mimo że wydaje się, iż wzrost ich wartości w ostatnich latach XX w. powinien wskazywać na tendencję rosnącą, tylko w przypadku temperatury minimalnej w Zakopanem zaznaczył się wzrost jej wartości najwyższych i najniższych, który jest istotny statystycznie – odpowiednio na poziomie $p < 0,1$ i $p < 0,01$.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na jeszcze dwie ogólne cechy przejawiające się w wieloletnim przebiegu skrajnych wartości temperatury. Pierwsza dotyczy zmian temperatury maksymalnej. Mianowicie, w trakcie całego analizowanego wielolecia dostrzega się, że różnica między jej najwyższymi i najniższymi wartościami w poszczególnych

czy lata 50. XX w., kiedy wystąpiły jedne z niższych wartości tej temperatury (ryc. 1). Podobne zmiany, ale już słabiej zaznaczone, można dostrzec analizując najwyższe wartości temperatury maksymalnej. Rozpatrując wartości temperatury minimalnej również można zauważyć przedstawione zależności, jednak, szczególnie w przypadku najniższych wartości, różnice między stacjami są nieco większe. Prawdopodobnie wynika to z faktu, że temperatura minimalna w większym stopniu reaguje na warunki lokalne (ryc. 2). Przykładem może być 1958 r., w którym na większości stacji najniższa minimalna temperatura była podobna jak rok wcześniej lub wyższa, a w Krakowie i Nowym Sączu była o 6-8°C niższa.

Badając wieloletnie zmiany średnich wartości temperatury minimalnej i maksymalnej stwierdzono, że temperatura minimalna wykazuje istotną statystycznie tendencję wzrostową ($p < 0,01$ w przypadku Krakowa, Tarnowa i Zakopanego, $p < 0,05$ Nowego Sącza i $p < 0,1$ Kasprowego Wierchu), natomiast temperatura maksymalna wykazała wzrost w badanym wieloleciu jedynie w Tarnowie, Nowym Sączu i Aleksandrowicach

latach była większa na początku i końcu okresu badawczego, a najmniejsza w latach 60. i 70. XX w., natomiast analogiczna różnica między najwyższą a najniższą wartością temperatury minimalnej maleje od początku wielolecia. W obu przypadkach wyjątkiem jest amplituda temperatur ekstremalnych na Kasprowym Wierchu. Jej wartości czasem nawet dość znacznie zmieniają się z roku na rok, ale nie wskazują tak wyraźnych zmian w całym wieloleciu czy też w krótszych jego okresach (ryc. 1 i 2).

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pozwala na stwierdzenie, że w całym regionie, który reprezentują wybrane do analizy stacje, wartości temperatury zależą silnie od warunków pogodowych kształtowanych w większej skali przestrzennej. Warunki lokalne jedynie modyfikują te wartości i w szczególności dotyczy to temperatury minimalnej. Oczywiście, co jest widoczne na przykładzie Zakopanego i Kasprowego Wierchu, temperatura w obszarach górskich zawsze reaguje nieco inaczej niż w pozostałej części regionu.

Na podstawie pomiarów temperatury z analizowanego 50-lecia stwierdzono, iż w regionie tym najniższa temperatura może dochodzić do około -30°C , najwyższa natomiast może osiągać około 36°C . Jedynie na stacjach Zakopane i Kasprowy Wierch mogą one być o kilka stopni niższe. Poza Zakopanem nie stwierdzono wyraźnych tendencji zmian minimalnej czy maksymalnej temperatury powietrza. Zauważono jednak, że zakresy wahań najniższych i najwyższych wartości temperatury minimalnej i maksymalnej znacznie się różnią. W pierwszym przypadku zakres ten maleje od początku badanego wielolecia, a w przypadku temperatury maksymalnej zmalał w latach 60. i 70., po czym ponownie wzrósł w ostatnich dekadach XX w.

Opracowanie zawiera wybrane rezultaty badań realizowanych w ramach projektu badawczego nr PBZ-KBN-086/P04/2003 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Literatura

- Brázdil R., Budíková M., Auer I., Böhm R., Cegnar T., Faško P., Lapin M., Gajič-Čapka M., Zaninovič K., Koleva K., Niedźwiedz T., Ustrnul Z., Szalai S., Weber R.O., 1996, *Trends of maximum and minimum daily temperatures in central and southeastern Europe*, Int. J. Climatol., 16, 765-782.
- Brunetti, M., Buffoni L., Maugeri M., Nanni T., 2000, *Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996*, Theor. Appl. Climatol., 66, 49-60.
- Domonkos P., Kysely J., Piotrowicz K., Petrovic P., Lisko T., 2003, *Variability of extreme temperature events in South-Central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation*, Int. J. Climatol., 23, 987-1010.
- Easterling, D.R., Horton B., Jones P.J., Peterson T.C., Karl T.R., Parker D.E., Salinger M.J., Razuvayev V., Plummer N., Jamason P., Folland C.K., 1997, *Maximum and minimum temperature trends for the globe*, Science, 277, 364-367.
- Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P.Ya., Karl T.R., Kunkel K.E., Ambenje P., 2000, *Observed variability and trends in extreme climate events*, Bull. Amer. Meteor. Soc., 81, 417-425.

- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T.C., 2002, *Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century*, *Clim. Res.*, 19, 193-212.
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge Univ. Press.
- Limanówka D., Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1993, *Prawdopodobieństwo występowania wybranych ekstremalnych charakterystyk termicznych w Polsce*, *Zesz. IGiPZ PAN*, 18, 30-48.
- Niedźwiedź T., 2000, *Dynamics to selected extreme climatic events in Poland*, *Geogr. Polonica*, 73, 2, 25-39.
- Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1994, *Maximum and minimum temperatures in Poland and the variability of atmospheric circulation*, [w:] *Contemporary Climatology*, R. Brázdil, M. Kolar (red.), Brno, 420-425.
- Piotrowicz K., 2003, *Dynamika zmian temperatury powietrza w Pradze i w Krakowie*, [w:] *Dynamika zmian środowiska Geograficznego pod wpływem antropopresji*, J. Lach (red.), AP, Kraków, 96-104.
- Trepińska J., 1975, *O ekstremalnych temperaturach powietrza w Krakowie w XX stuleciu*, *Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys.*, 9, 131-142.
- Trepińska J., Kowanetz L., 1997, *Wieloletni przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w Krakowie (1792-1995)*, [w:] *Wahania klimatu w Krakowie (1792-1995)*, J. Trepińska (red.), Inst. Geogr. UJ, Kraków, 99-130.
- Wibig J., Głowicki B., 2002, *Trends of Minimum and Maximum Temperature in Poland*, *Clim. Res.*, 20, 123-133.

Summary

The main goal of this study is a determination of the fundamental features of temporal differentiation and the long-term variability of occurrence of the extreme air temperature values in Małopolska in the 1951-2000 period. Measurements of air temperature carried out at six meteorological stations, as reported in the *Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW*, were the basis for the analysis performed.

In Małopolska thermal conditions depend mainly on weather conditions at a scale larger than local and they are then modified by local conditions. The effects mentioned can especially be seen in the case of air temperature in Zakopane and on Mt. Kasprowy Wierch. The lowest values of air temperature usually fluctuate around -30°C (the lowest temperature noted in period analysed was -34.1°C on Kasprowy Wierch) while the highest ones approach at about 36°C (the highest one recorded was 37.0°C in Tarnów). It is worth underlining that in the case of most of the stations analysed (except for Kasprowy Wierch), values of minimum air temperature were characterised by a greater range of variability than maximum ones. Similarly, the variability of the lowest values of minimum, as well as maximum temperature was greater than the variability of their highest values (amounting to 12-19°C and 4-9°C respectively). It was revealed that all meteorological elements investigated were characterised by similar features of long-term variability. The largest temporal differentiation of the long-term variability is observed in the case of the minimum temperature that depends extremely strongly on local environmental conditions. It was also the case that in Małopolska the average

values of minimum and maximum air temperature during the period analysed show a trend to increase that is statistically significant. However in case of the lowest and the highest values of minimum and maximum air temperature only at meteorological station in Zakopane growing tendency was also noticed.

