

Adam Michniewski

PORÓWNANIE WARTOŚCI TEMPERATURY MINIMALNEJ W KRAKOWIE – OGRODZIE BOTANICZNYM I W BALICACH W LATACH 1966-1995

Zarys treści: W artykule przedstawiono porównanie temperatury minimalnej na dwóch stacjach położonych 14 km od siebie w linii prostej, w różnym otoczeniu. Stacja Kraków-Ogród Botaniczny (50°04'N, 19°58'E, $h_s = 206$ m n.p.m.) reprezentuje centrum miasta a stacja Balice (50°05'N, 19°48'E, $h_s = 237$ m n.p.m.) teren podmiejski. Z dobowych wartości minimów temperatury z lat 1966-1995 obliczono wartości średniej rocznej temperatury minimalnej, średnich pór roku i poszczególnych miesięcy. Porównano przebiegi wartości tych charakterystyk oraz zwrócono uwagę na statystyczne zależności między temperaturą minimalną powietrza w porach roku i w poszczególnych miesiącach. Podano także trendy temperatury minimalnej w okresach o najwyższych wzrostach i spadkach jej wartości. Prześledzono zmiany wartości minimów powyższych okresów z roku na rok. Porównując powyższe charakterystyki, wykazano wpływ centrum miasta na temperaturę minimalną, objawiający się w podwyższeniu wartości i zmniejszeniu jej wahań z roku na rok oraz w zmniejszeniu zakresu wartości temperatury minimalnej w centrum.

Słowa kluczowe: minimum temperatury, Kraków, Balice.

1. Wstęp

Średnie dobowe temperatury powietrza są dobrym wskaźnikiem stosunków termicznych, jednak nie oddają one w pełni zróżnicowania termicznego doby. Dlatego dobrym, uzupełniającym sposobem badania zmian termiki jest badanie zmian rzeczywistych wartości temperatury, w tym jej ekstremów. Temperatura minimalna, rozumiana jako najniższa wartość temperatury występująca w ciągu doby, interesuje nie tylko klimatologów, ale także wielu specjalistów z takich dziedzin, jak komunikacja, rolnictwo czy energetyka. Nie należy zapominać, że informacje na temat minimów temperatury mają też znaczenie dla większości osób, które codziennie przebywając na zewnątrz pomieszczeń odczuwają temperaturę „na własnej skórze”.

Temperatura minimalna powietrza w Polsce była badana między innymi przez Kuziemską (1983), która rozpatrywała wahania najniższych minimów w poszczególnych miesiącach na terenie całego kraju i badała amplitudy temperatury, Okołowicza i Pełko (1968) oraz Pełko (1970), którzy dokładnie zbadali przestrzenny rozkład minimów na terenie Polski, przedstawiając go w formie graficznej. Na tej podstawie uznali oni, że okolice Krakowa w ciągu całego roku cechują się podwyższonymi wartościami temperatury minimalnej, w stosunku do terenów przyległych. W Krakowie tematykę tę podejmowali Hess (1967), Trepińska (1973, 1975), Trepińska i Matuszko (1994). Hess na podstawie historycznej serii pomiarów z Obserwatorium Astronomicznego od 1864 roku opracował zagadnienie klimatu miasta, w tym wartości temperatury minimalnej. Trepińska zajęła się badaniem historycznej serii temperatury (1973) oraz dokładniej ekstremalnymi wartościami pentadowymi temperatury w XX wieku (1975). Trepińska i Matuszko (1994) zajęły się m.in. średnimi miesięcznymi wartościami minimów serii historycznej i porównały je ze średnimi z 20-letniej serii z Ogrodu Botanicznego, stwierdzając, że średnie minima w Ogrodzie Botanicznym są niższe niż na stacji Obserwatorium Astronomiczne w zakresie od 0,9°C do 1,1°C.

2. Cel i metody pracy

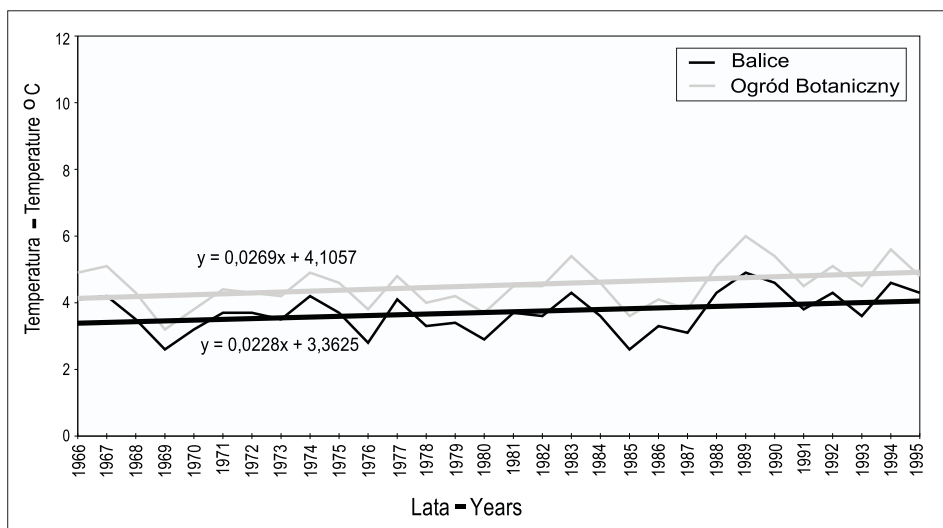
Celem niniejszej pracy jest zbadanie cech charakterystycznych termiki w środowiskach: miejskim (reprezentowanym przez stację Ogród Botaniczny) i podmiejskim (Balice). W tym celu wykorzystano dobowe wartości temperatury minimalnej, ze stacji Instytutu Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego Kraków-Ogród Botaniczny (50°04'N, 19°58'E, $h_s = 206$ m n.p.m.), położonej w centrum miasta na terasie Wisły, będącej dawnym starorzeczem i stacji Lotniskowego Biura Meteorologicznego IMGW Balice (50°05'N, 19°48'E, $h_s = 237$ m n.p.m.), położonej w otoczeniu niskiej zieleni i otwartej przestrzeni płyty lotniska na równinie niskiej terasy północno-wschodniej części Zapadliska Cholerzyńskiego, w strefie Bramy Krakowskiej.

Materiał źródłowy obejmuje dane z lat 1966-1995. Pomiary temperatury minimalnej wykonywano w przepisowych klatkach meteorologicznych na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

W opracowaniu przyjęto podział na kalendarzowe pory roku. W trakcie opracowania posługiwano się standardowymi metodami statystycznymi (średnia, współczynnik korelacji). Ponadto zbadano zmiany średnich wartości temperatury minimalnej w kolejnych latach dla roku, pór roku i poszczególnych miesięcy. Wykorzystano również wartości dobowych minimów temperatury dla porównania miesięcznych zakresów temperatury minimalnej.

3. Średnia roczna temperatura minimalna

Średnia wieloletnia temperatura minimalna w okresie 1966-1995 na stacji w Balicach wyniosła 3,7°C, a w Ogrodzie Botanicznym 4,5°C, podobnie jak w opracowaniu Trepińskiej i Matuszko (1994). Wyższa jej wartość w centrum miasta



Ryc. 1. Przebieg i trend średniej rocznej temperatury minimalnej w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

Fig. 1. The course and the trend of mean annual minimum temperature in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).

więzała się także z wyższym zakresem wahań średnich rocznych, wynoszącym 2,8°C, podczas gdy w Balicach obejmował on tylko 2,3°C. Na obu stacjach najcieplejszy był rok 1988 a najchłodniejszy 1969 (ryc. 1). Dla obu stacji odchylenie standardowe średniej rocznej temperatury minimalnej od średniej wieloletniej wyniosło 0,6°C. Średnia różnica minimów między stacjami wyniosła 0,8°C, a wahała się między 0,5°C (1995) a 1,1°C (1983 i 1989). W porównywanym 30-leciu tylko 11-krotnie wyliczono niższą

Tab. 1. Zakres temperatury minimalnej w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach w okresie 1966-1995 (w °C).

Tab. 1. The range of minimum temperature in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations for the period 1966-1995 (in Celsius degrees).

	<i>Ogród Botaniczny</i> <i>Botanical Garden</i>	<i>Balice</i> <i>Balice Airport</i>
Absolutne minimum Absolute minimum	-26,1 (14.01.1987)	-29,9 (13.01.1987)
Najwyższe minimum The highest minimum	21,1 (03.08.1994)	20,2 (27.08.1992)
Absolutny zakres temperatury minimalnej The absolute range of minimum	47,2	50,1

od średniej różnicy temperatury, przy czym znacznie rzadziej występowała ona w drugiej połowie okresu, co świadczy o zwiększaniu się różnic w termice między stacjami.

Potencjalny zakres minimów w terenie podmiejskim był prawie o 3°C wyższy niż w centrum (tab. 1). Było to wynikiem przede wszystkim większych spadków temperatury w zimie, których nie rekompensowało uprzywilejowanie termiczne centrum miasta w lecie. W stosunku do danych przedstawionych przez Okołowicza i Pełko (1968) z lat 1951-1960 zakres minimów w centrum miasta jest niższy o 1,2°C, a w Balicach wyższy o 1,7°C.

Jedynie dwukrotnie (1972 i 1982) zmiany średniej rocznej temperatury minimalnej miały odmienne tendencje (ryc. 1). Średnia 30-letnia wartość zmiany temperatury minimalnej z roku na rok wyniosła w Balicach 0,6°C, a w Ogrodzie Botanicznym 0,7°C. Tylko w 20,7% przypadków (6) wyższą wartość zmiany wyliczono dla stacji poza miastem. Najwyższą wartość tej charakterystyki (1,3°C) wyliczono w Ogrodzie Botanicznym dla lat 1987 i 1988, a w Balicach dla lat 1976 i 1977. Obie stacje wykazywały zależność między średnią roczną temperaturą minimalną a średnimi minimami w okresach wiosny (współczynnik korelacji dla Ogródu 0,72, a dla Balic 0,67) i zimy (odpowiednio 0,81 i 0,82), mającej wpływ na następujący po niej rok. Potwierdziły to też korelacje średniej rocznej ze średnimi miesiącami zimowych: stycznia (Ogród 0,69, Balice 0,70) i lutego (0,57 dla obu stacji) oraz pierwszego miesiąca wiosny – marca (Ogród 0,64, Balice 0,61).

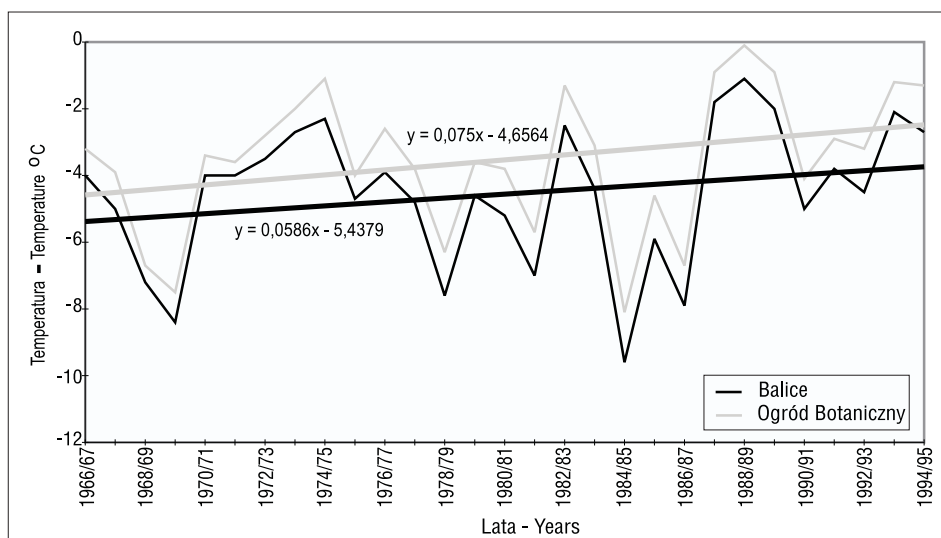
4. Średnia temperatura minimalna w porach roku

Średnia temperatura minimalna wszystkich pór roku była wyższa dla stacji Ogród Botaniczny (tab. 2), przy czym najwyższą różnicę w stosunku do wartości dla Balic

Tab. 2. Średnie 30-letnie wartości temperatury minimalnej w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (w °C).

Tab. 2. Mean 30-year minimum temperature values in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (in Celsius degrees).

	Ogród Botaniczny Botanical Garden			Balice Balice Airport		
	średnia mean	najwyższa the highest	najniższa the lowest	średnia mean	najwyższa the highest	najniższa the lowest
Rok - Year	4,5	6,0	3,2	3,7	4,9	2,6
Wiosna - Spring	4,1	6,1	2,1	3,3	5,2	1,3
Lato - Summer	12,6	14,1	11,2	11,8	13,5	10,1
Jesień - Autumn	5,0	6,3	3,8	4,3	5,9	3,2
Zima - Winter	-3,5	-0,1	-8,1	-4,6	-1,1	-9,6
Lipiec - July	13,3	15,0	11,0	12,5	14,6	10,2
Styczeń - January	-4,7	0,6	-13,3	-5,8	-0,3	-14,8



Ryc. 2. Przebieg i trend średniej temperatury minimalnej okresu zimowego w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

Fig. 2. The course and the trend of mean minimum temperature of winter in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).

otrzymano dla zimy (1,1°C). Na obu stacjach najcieplejsza była zima 1988/89, a najchłodniejsza 1984/85, kiedy równocześnie odnotowano najwyższą różnicę wartości tego elementu między stacjami, wynoszącą 1,5°C (ryc. 2). Najniższa różnica (0,4°C) wystąpiła w sezonie 1971/72. Wartość odchylenia standardowego średniej temperatury minimalnej zimy od średniej wieloletniej okresu zimowego na obu stacjach wyniosła 2,1°C. Wartość różnicy średnich minimów zimy między stacjami w centrum i na obrzeżach miasta zwiększała się, o czym świadczyło 9-krotne wystąpienie wyższych od średniej 30-letniej wartości w drugiej połowie okresu, a tylko 5-krotne w pierwszej.

Średnia wartość zmiany temperatury minimalnej zimy z roku na rok dla obu stacji wynosiła 2,0°C. Najwyższą wartość różnicy między zmianami na obu stacjach odnotowano dla zim 1967/68 i 1968/69 oraz 1975/76 i 1976/77 (0,6°C). Tylko raz zaobserwowano odmienną tendencję w przebiegu średnich (ryc. 2). Na obu stacjach w połowie przypadków najchłodniejszym miesiącem zimy był styczeń, a w pozostałych częściej luty niż grudzień. Różnica między średnimi minimami skrajnych termicznie miesięcy wynosiła średnio w Balicach 4,7°C, a w Ogrodzie Botanicznym 4,3°C. W ostatnim dziesięcioleciu badanego okresu obserwowano jednak zmniejszanie się tej różnicy. Okres zimowy na obu stacjach odznaczał się największymi wśród pór roku zakresami średniej temperatury minimalnej, a także najwyższymi wartościami jej zmian z roku na rok. W związku z tym należy uznać, że właśnie minima okresu

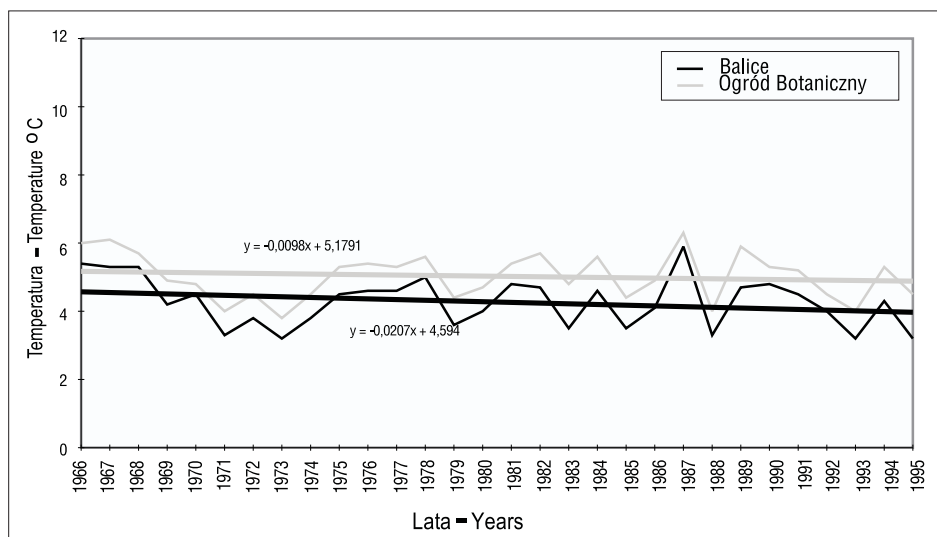
zimowego najbardziej wpływały na zmiany wartości średniej rocznej temperatury minimalnej, a na średnią zimy największy wpływ miała najczęściej temperatura jednego, ekstremalnego pod względem minimów miesiąca. Na obu stacjach zaobserwowano silną tendencję wzrostową temperatury minimalnej w badanym okresie.

Wiosna była w badanym okresie jedyną porą roku, w której zakres średnich minimów był wyższy w centrum miasta (tab. 2). Mogło to być spowodowane większą bezwładnością cieplną terenu podmiejskiego, w którym śnieg zalega dłużej, powodując zwiększenie albedo, a w konsekwencji słabsze nagrzewanie podłoża w dzień. Różnica średnich minimów tego okresu między stacjami wyniosła przeciętnie 0,8°C, jednak zwiększała się w miarę upływu czasu, przyjmując trzykrotnie w drugiej połowie okresu wartość 1,1°C. Wyższe zmiany średniej temperatury minimalnej wiosny z roku na rok w Balicach niż w Ogrodzie Botanicznym należały do rzadkości, ale odznaczały się pewną prawidłowością. Występowały w okresach słabych wahań temperatury minimalnej.

Zakres średnich minimów lata był w Ogrodzie Botanicznym niższy o 0,5°C niż poza miastem i wynosił 2,9°C. Lato odznaczało się najniższą wartością odchylenia standardowego średnich minimów poszczególnych sezonów od średniej wieloletniej temperatury minimalnej dla tej pory roku na obu stacjach (0,7°C). Świadczyć to może o stabilizującej roli centrum miasta w okresach o długotrwałym nasłonecznieniu, kiedy duże powierzchnie antropogeniczne, nagrzane w ciągu dnia, podczas krótkiej nocy oddają ciepło do atmosfery, nie dopuszczając do szybkich i głębokich spadków temperatury. Średnie wartości temperatury minimalnej wszystkich miesięcy letnich wykazywały korelację ze średnią temperaturą minimalną lata. Dla Ogródu Botanicznego wartości współczynnika korelacji wynosiły dla czerwca 0,63, lipca 0,74 i sierpnia 0,72, a dla Balic odpowiednio 0,71, 0,74 i 0,72. Odwrotnie niż w przypadku okresu zimowego znaczne obniżenie bądź podwyższenie średniej było więc spowodowane zmianą minimów we wszystkich trzech miesiącach.

Jesień na obu stacjach odznaczała się najniższym spośród pór roku zakresem średnich minimów, wynoszącym w Ogrodzie Botanicznym 2,5°C, a w Balicach 2,7°C. Różnica między średnią wartością temperatury minimalnej tej pory roku w centrum i na obrzeżach miasta wynosiła przeciętnie 0,7°C i była najniższą wartością dla pór roku. W poszczególnych sezonach wahała się ona od 0,3°C w 1970 roku, do 1,3°C w latach 1983 i 1995 (ryc. 3). Odchylenia standardowe średniej temperatury minimalnej poszczególnych sezonów od średniej wieloletniej wynosiły dla Balic 0,8°C, a dla Ogródu Botanicznego 0,7°C. Średnie zmiany temperatury minimalnej jesieni z roku na rok wyniosły dla centrum 0,7°C, a dla terenu podmiejskiego 0,8°C. Najwyższą różnicę między wartościami tego wskaźnika dla Balic i Ogródu Botanicznego wyliczono w sezonach 1988/89, 1989/90 i 1994/95 (0,5°C). W ciągu trzydziestolecia trzykrotnie obserwowano odmienne tendencje w przebiegu średniej temperatury minimalnej.

Jesień była jedyną porą roku, która na obu stacjach wykazywała trend spadkowy średniej temperatury minimalnej, aczkolwiek bardzo słaby (ryc. 3). Działo się to głównie za sprawą dużego ochłodzenia listopada, co jest sprzeczne z badaniami



Ryc. 3. Przebieg i trend średniej temperatury minimalnej okresu jesiennego w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

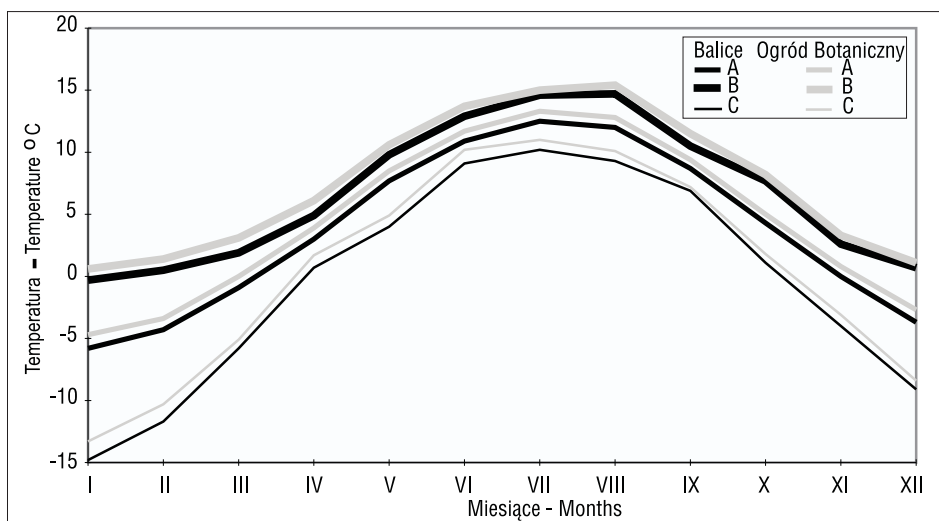
Fig. 3. The course and the trend of mean minimum temperature of autumn in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).

Trepińskiej (1973), która stwierdziła duży wzrost absolutnych minimów między innymi w listopadzie. Możliwe, że jest to tylko krótki okres ochłodzenia. Linia trendu średniej miesięcznej temperatury minimalnej tego miesiąca wykazała jej spadek w okresie 1966-1995 o około 2,5°C. Spadek temperatury minimalnej w listopadzie i jej wzrost we wrześniu (o około 1,0°C) spowodował zwiększenie różnicy między średnimi wartościami temperatury minimalnej tych skrajnych miesięcy.

5. Średnie miesięczne wartości temperatury minimalnej

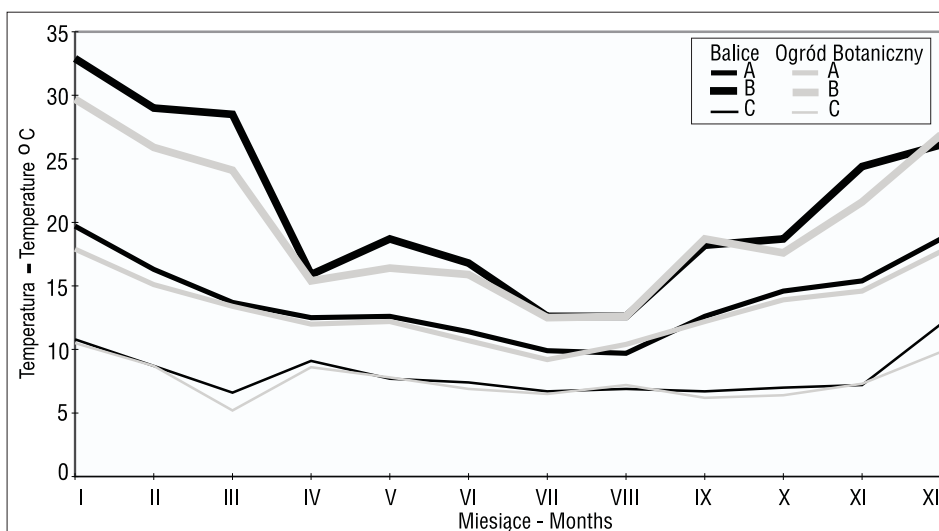
Przebieg średnich miesięcznych minimów temperatury był na obu stacjach podobny. Najniższą jej wartością odznacza się przeważnie styczeń, a najwyższą lipiec (ryc. 4). Według Okołowicza i Pełko (1968) na terenie Polski to przeważnie luty jest miesiącem najchłodniejszym. Trepińska (1975) twierdzi jednak, że najniższe wartości minimów przypadają na koniec stycznia. Różnica może wynikać z różnych okresów przyjętych w opracowaniach. W poszczególnych latach najchłodniejsze mogą być także luty lub grudzień, a nawet listopad, najcieplejszy zaś sierpień, a znacznie rzadziej czerwiec.

Styczeń charakteryzował się najwyższymi wartościami zmian średnich minimów w kolejnych latach (ryc. 6), osiągającymi w Balicach ponad 13°C, a w Ogrodzie Botanicznym ponad 12°C, oraz najwyższym zakresem średnich miesięcznych (ryc. 4).



Ryc. 4. Przebieg roczny 30-letnich średnich miesięcznych (A) oraz najwyższych (B) i najniższych (C) wartości średnich miesięcznych minimumów powietrza w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

Fig. 4. The yearly course of mean (A), the highest (B) and the lowest (C) monthly values of minimum temperature in Cracow, at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).



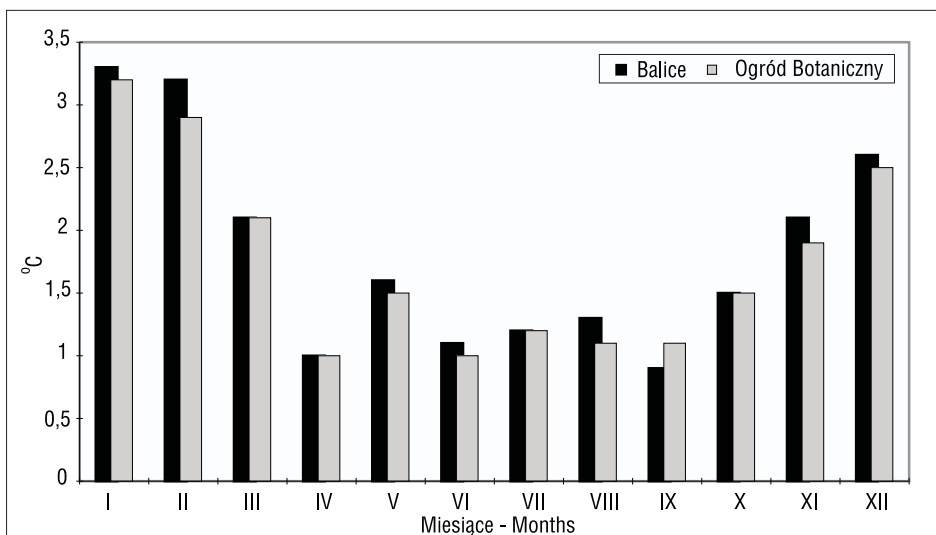
Ryc. 5. Przebieg roczny średnich (A) oraz najwyższych (B) i najniższych (C) zakresów miesięcznych temperatury minimalnej powietrza w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

Fig. 5. The yearly course of mean monthly (A), the highest (B) and the lowest (C) ranges of minimum temperature in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).

Wyraźnie zaznaczał się ocieplający wpływ centrum miasta przejawiający się w rosnących różnicach między średnią miesięczną temperaturą minimalną na badanych stacjach, zwłaszcza w latach najchłodniejszych. Podobne tendencje obserwowano w lutym. Miesiąc ten charakteryzował się bardzo dużymi zmianami średniej miesięcznej w kolejnych latach. Interesujące jest, że o ile w Ogrodzie Botanicznym obserwowano tendencję wzrostową wartości średnich miesięcznych temperatur minimalnych o około 1,5°C, o tyle w Balicach występowała tendencja spadkowa (o 1,0°C).

Marzec cechował się bardzo dużym zakresem wartości minimów, co było spowodowane występowaniem głębokich, ale sporadycznych spadków temperatury. Silniej ujawniały się one w obszarze podmiejskim, natomiast w centrum miasta zauważano stopniowe łagodzenie ekstremów, co skutkowało zmniejszaniem zakresów wartości minimów (ryc. 5).

Kwiecień odznaczał się jednym z najniższych zakresów zmienności średniej miesięcznej i wartości odchylenia standardowego średniej miesięcznej temperatury minimalnej od średniej 30-letniej (Ogród Botaniczny 1,1°C, Balice 1,0°C). Miesiąc ten cechowała bardzo duża stabilność termiczna, o czym świadczą bardzo niskie zakresy wartości minimów (ryc. 5) oraz bardzo słabe zmiany średniej miesięcznej temperatury minimalnej w kolejnych latach, zwłaszcza w centrum miasta. Podobnymi cechami w obszarze podmiejskim odznaczał się wrzesień. Mimo znacznie wyższej od kwietniowej wartości średniej miesięcznej temperatury minimalnej jej zmiany



Ryc. 6. Średnia wartość zmiany średniej miesięcznej temperatury minimalnej w kolejnych latach w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym i w Balicach (1966-1995).

Fig. 6. Average value of mean monthly minimum temperature change from year to year in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations (1966-1995).

w kolejnych latach były najniższe (ryc. 6). Był to jednocześnie jedyny miesiąc, w którym Ogród Botaniczny odznaczał się wyższą wartością tego wskaźnika od Balic. Zakres średnich miesięcznych minimów września na obu stacjach był bardzo niski, porównywalny z zakresami kwietnia i czerwca. Mimo to w poszczególnych latach zakres wartości minimów obejmował do 20°C, podobnie jak w miesiącach zimowych (ryc. 5). We wrześniu stwierdzono, że w latach chłodniejszych niż przeciętne różnice między średnimi minimami w centrum miasta i na jego obrzeżu maleją. Może to świadczyć o większym wpływie ciepła zatrzymanego w ciągu dnia w centrum miasta przez powierzchnie antropogeniczne. Znaczy to, że w ciepłych dniach szybciej oddawane jest ciepło poza miastem i zwiększają się różnice między stacjami. Przy niższej dostawie ciepła słonecznego różnice maleją.

Wśród miesięcy ciepłej pory roku maj odznaczał się największą skalą wahań średniej miesięcznej temperatury minimalnej w kolejnych latach (ryc. 6). Także miesięczny zakres minimów był stosunkowo wysoki, zwłaszcza w Ogrodzie Botanicznym. Poza miastem, mimo że w poszczególnych latach miesięczne zakresy minimów przekraczały 18°C, przeważała tendencja do ich zmniejszania.

Wśród miesięcy letnich, czerwiec będąc najchłodniejszym, odznaczał się najmniejszym zakresem wahań średniej miesięcznej temperatury minimalnej (ryc. 4) oraz najniższą wartością zmiany średnich minimów w kolejnych latach. Zakres dobowych wartości minimów był już jednak wyższy od lipcowego i sierpniowego. Tylko w sierpniu Ogród Botaniczny odznaczał się wyższą wartością średniego zakresu miesięcznych minimów (10,4°C) niż Balice (9,7°C). W sierpniu pojawia się tendencja przeciwna wrześniowej. Różnice w termice między centrum miasta a terenem podmiejskim zmniejszają się wraz ze wzrostem temperatury.

Jedyny w całym trzydziestoleciu przypadek równej średniej miesięcznej wartości temperatury minimalnej na obu stacjach wystąpił w październiku 1987 roku (5,4°C). Mimo wielu podobieństw w przebiegu, październik w Ogrodzie Botanicznym przejawiał bardzo słabą tendencję do podwyższenia średniej miesięcznej temperatury minimalnej (o około 0,1°C), a w Balicach do jej obniżenia (o około 0,2°C).

Trend spadkowy temperatury minimalnej na obu stacjach wykazywała tylko średnia listopada (w Balicach o prawie 3°C, a w Ogrodzie Botanicznym o 2,5°C). Podobnie jak w grudniu, charakteryzował się on dużymi wartościami zmiany średnich miesięcznych w kolejnych latach.

W stosunku do wcześniejszych badań Pełko (1970), oraz Okołowicza i Pełko (1968) stwierdzono zwiększenie zakresu minimów w styczniu, marcu, listopadzie i grudniu, a zmniejszenie przede wszystkim w lutym.

6. Podsumowanie

Opracowania dotyczące porównań długich serii danych ze stacji położonych blisko siebie w różnym otoczeniu są rzadkie. Umożliwia to badania różnic klimatów lokalnych i wychwycenie ich cech charakterystycznych, nie na podstawie krótkich serii danych z badań terenowych, ale wieloletnich obserwacji.

Na podstawie uzyskanych wyników badań temperatury minimalnej stwierdzono znaczny wpływ zabudowy centrum miasta, objawiający się występowaniem wyższych wartości, zarówno dobowych minimów, jak też średnich rocznych, poszczególnych pór roku i miesięcy w Krakowie-Ogrodzie Botanicznym, z jednym wyjątkiem w październiku 1987 roku, kiedy średnia miesięczna na obu stacjach była taka sama.

Najniższymi różnicami między średnią temperaturą minimalną w centrum i na obrzeżach miasta charakteryzowały się miesiące jesienne (październik 0,7°C), a najwyższymi zimowe (styczeń 1,1°C). Na obu stacjach najwyższymi zakresami zmienności średniej miesięcznej oraz zmianami w kolejnych latach cechowały się miesiące zimowe, a najmniejszymi czerwiec, kwiecień i wrzesień.

W centrum miasta obserwowano w badanym 30-leciu tendencję do spadku wartości temperatury minimalnej w okresie jesiennym, szczególnie w listopadzie. Poza miastem spadek taki wykazuje temperatura minimalna nie tylko w listopadzie, ale także w październiku i lutym oraz, podobnie jak w Ogrodzie Botanicznym, w okresie jesiennym. W pozostałych miesiącach na obu stacjach obserwowano wzrost średnich miesięcznych wartości temperatury minimalnej powietrza, najniższy w okresie wiosennym, a najwyższy w zimie.

Lipiec i sierpień na obu stacjach charakteryzowały się najniższymi potencjalnymi zakresami minimów, najwyższe zaś obserwowano w miesiącach chłodnej pory roku. Stosunkowo wysokimi wartościami zakresu minimów, zwłaszcza poza miastem, cechował się też maj i wrzesień.

Literatura

- Hess M., 1967, *Klimat terytorium miasta Krakowa*, Folia Geogr., ser. Geogr.-Phys., 1, 35-97.
- Kuziemska D., 1983, *O zakresie zmienności temperatury powietrza w Polsce*, Przegl. Geofiz., XXVIII, 3/4, 329-343.
- Michniewski A., 1996, *Temperatury minimalne dobowe na podstawie serii pomiarów meteorologicznych w Krakowie (1958-1995), w Balicach i Gaiku Brzezowej*, praca magisterska, maszynopis w Zakładzie Klimatologii IG UJ, Kraków.
- Okołowicz W., Pełko I., 1968, *Temperatury minimalne w Polsce w latach 1951-1960*, Prace i Studia IGUW, Katedra Klimatologii, 3, 68-89.
- Pełko I., 1970, *Średnie najniższe temperatury minimalne w Polsce w latach 1951-1960*, Prace i Studia IGUW, Katedra Klimatologii, 4, 149-161.
- Trepińska J., 1973, *Zmiany przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX w.*, Przegl. Geofiz., XVIII (XXVI), 1/2, 39-49.
- Trepińska J., 1975, *O ekstremalnych temperaturach powietrza w Krakowie w XX stuleciu*, Folia Geogr., ser. Geogr.-Phys., 9, 131-142.
- Trepińska J., Matuszko D., 1994, *Wpływ miejskiego klimatu na średnie ekstremalne temperatury powietrza na przykładzie Krakowa*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 96, 69-78.

The comparison of the minimum temperature values in Cracow at the Botanical Garden and Balice Airport stations for the period 1966-1995

Summary

The analysis is based on the air temperature measurement series from the period 1966-1995, from two meteorological stations in Cracow: Botanical Garden (50°04'N, 19°58'E, $h_s = 206$ m a.s.l.), and Balice Airport (50°05'N, 19°48'E, $h_s = 237$ m a.s.l.). The distance between both stations is 14 km and they represent the city centre (Botanical Garden) and the suburbs (Balice Airport).

Mean annual minimum temperature was higher in the centre of the city. Average difference between the stations for that characteristic was 0.8°C. Potential range of the minimum values in the suburbs was about 3°C higher than in the centre of the city (Tab. 1), which was due to larger temperature decreases in that area in the winter. Mean 30-year value of minimum temperature change from year to year was 0.6°C for Balice Airport and 0.7°C for the center of the city. For both stations an important relation was found between mean annual minimum temperature and mean values for spring and winter, and also the values for January, February and March.

The Botanical Garden was privileged as far as thermal conditions are concerned in particular seasons (Tab. 2). The largest differences were noted in winter, when the mean multi-annual value in the centre of the city was higher by 1.1°C than in Balice Airport and it was increasing with time. The minimum temperature in winter had strong increasing tendency in that period. Spring was the only season when the range of mean minimum temperature was higher in the center of the city. Autumn at both stations was characterized with the lowest range of mean minimum temperature, and differences of mean values between Botanical Garden and Balice Airport (0.7°C). Only for autumn for both stations the decreasing trend of mean minimum temperature was noticed, due to the cooling of November.

The course of mean monthly values of minimum temperature is similar for both stations. January and February were the months with the highest changes of the mean value from year to year. In February and October the increasing tendency was observed in the centre of the city, and the decreasing one in the suburbs for the mean monthly values of minimum temperature. March was characterized with very large range of the minimum temperature values, which was caused by the occurrence of very large, but not very frequent sudden temperature decreases. April and September were very stable thermally, which is proved by low values of all characteristics. Only August was characterized with higher value of mean range of the monthly minimum temperatures for the Botanical Garden. November was the only month when the decreasing trend of minimum temperature at both stations occurred.

Translated by Anita Bokwa