

MIĘDZYDOBOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA NA PÓŁWYSPIE ANTARKTYCZNYM W OKRESIE 1986-1994

Iwona Zwolska

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii, UMK w Toruniu

Wstęp

Międziodobowe zmiany temperatury powietrza są to różnice pomiędzy średnią dobową temperaturą powietrza danego dnia i dnia poprzedniego. Wielkość tych zmian warunkowana jest przez cyrkulację atmosfery. Adwekcja różnorodnych pod względem termicznym mas powietrza powoduje znaczne zmiany temperatury z dnia na dzień.

Problem międziodobowych wahań temperatury powietrza pod wieloma względami jest tematem ważnym i godnym uwagi. Znaczenie stosunków termicznych w kształtowaniu warunków klimatycznych, w szerokim tego słowa znaczeniu, nakreśla już Eugeniusz Romer pisząc, iż są one "istotną cechą każdego klimatu" (1938).

Opracowania dotyczące zmienności temperatury powietrza mogą mieć zastosowanie na wielu płaszczyznach - użyteczne są zarówno w przypadku analiz dynamiki klimatu, jak też dla opracowań bardziej szczegółowych, na przykład bioklimatologicznych, fenologicznych i innych.

Obszar i metodyka badań

Półwysep Antarktyczny stanowi najdalej na zachód wysuniętą część Antarktydy. Jest on z punktu widzenia klimatologicznego bardzo zróżnicowany. Składają się na to zarówno położenie geograficzne półwyspu po obu stronach południowego koła podbiegunowego, orografia - czyli układ pasm górskich, wysokości n.p.m., jak również prądy morskie i lokalna cyrkulacja atmosferyczna wyrażona m.in. napływem mas powietrza o różnych właściwościach.

Również pod względem zmienności termicznej obszar Półwyspu Antarktycznego jest rejonem niepowtarzalnym w skali całej Antarktyki (Voskresenski, Ljubarskij, Subotin, 1986). Ciekawym problemem w przypadku tego obszaru jest określenie wielkości i charakteru międzydobowych zmian temperatury powietrza.

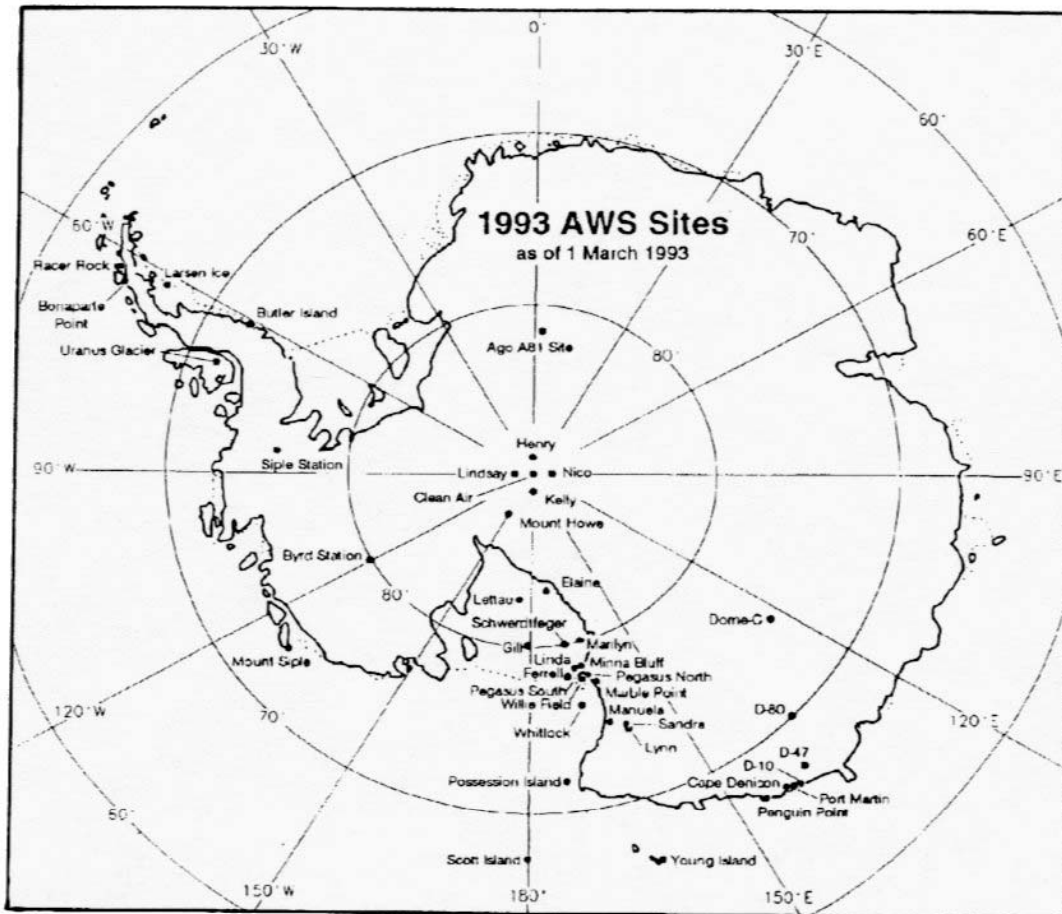
Dane wykorzystane w opracowaniu zaczerpnięte zostały z roczników Antarctic Automatic Weather Station Data (University of Wisconsin, Madison).

Dla zobrazowania zmienności termicznej na obszarze Półwyspu Antarktycznego wybrano 5 automatycznych stacji meteorologicznych, z których trzy leżą na zachodnim, dwie zaś na jego wschodnim wybrzeżu (tab. 1, ryc. 1). Stacjami tymi są: Racer Rock i Bonaparte Point (W wybrzeże Ziemi Grahama) oraz Uranus Glacier (W wybrzeże Ziemi Palmera). Wschodnie wybrzeże reprezentują stacje Larsen Ice (Lodowiec szelfowy Larsena - E wybrzeże Ziemi Grahama) i Butler Island (E wybrzeże Ziemi Palmera).

Tabela 1 - Table 1

Stacje meteorologiczne na Półwyspie Antarktycznym uwzględnione w opracowaniu
Meteorological station on the Antarctic Peninsula included in this paper

Stacja Station	φ	λ	Wysokość n.p.m. [m] Elevation	Okres obserwacji Period	Lokalizacja stacji Location
Racer Rock	64.16°S	61.54°W	17	1989-1994	W wyb. Ziemi Grahama
Bonaparte Point	64.78°S	64.06°W	8	1992-1994	W wyb. Ziemi Grahama
Uranus Glacier	71.43°S	68.93°W	780	1986-1990 1992-1994	W wyb. Ziemi Grahama
Larsen Ice Shelf	66.97°S	60.55°W	17	1986-1994	E wyb. Ziemi Grahama
Butler Island	72.20°S	60.34°W	91	1986-1994	W wyb. Ziemi Grahama



Rys. 1. Rozmieszczenie wybranych stacji meteorologicznych na Półwyspie Antarktycznym
 Fig. 1. Location of the selected meteorological station on the Antarctic Peninsula

W opracowaniu uwzględniono 9-letnie 1986-1994, dla którego zebrano wartości temperatury powietrza z godzin 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 GMT. Niestety nie wszystkie wybrane stacje posiadały tak długie, kompletne ciągi pomiarowe.

Podstawą opracowania były średnie dobowe wartości temperatury powietrza. Okresem, dla którego określono zmienność temperatury powietrza jest doba. Na podstawie średnich dobowych temperatur powietrza obliczono zmienność średniej dobowej temperatury z dnia na dzień w przebiegu miesięcznym oraz rocznym dla poszczególnych lat wielolecia 1986-1994. W obliczeniach uwzględniono wartości bezwzględne zmienności, które sklasyfikowano w 5 klasach wielkości zmian co stwarza możliwość ich pełniejszej charakterystyki. Klasy te określają:

- małą zmienność międzydobową temperatury powietrza - zmiany od 0,0 do 2,0°C,
- średnią zmienność dla wahań od 2,1 do 4,0°C,
- zmienność dużą w przedziale od 4,1 do 6,0°C,
- bardzo dużą od 6,1 do 8,0°C,
- ekstremalnie dużą, gdy zmiany dobowe temperatury powietrza przekraczają 8°C. Określono również częstość zmian o charakterze dodatnim i ujemnym.

Wyniki

Analiza zmian średnich dobowych temperatur powietrza z dnia na dzień wykazała, iż wschodnie wybrzeże charakteryzuje się znacznie większymi międzydobowymi zmianami temperatury aniżeli wybrzeże zachodnie. Kierunek zmian nie jest tu jednakowy, w części zachodniej międzydobowe zmiany temperatury powietrza wzrastają wraz z rosnącą szerokością geograficzną, natomiast odwrotnie dzieje się po stronie wschodniej. Stacja znajdująca się w wyższych szerokościach geograficznych wschodniego wybrzeża (Butler Island) charakteryzuje się mniejszą międzydobową zmiennością temperatury powietrza niż stacja leżąca dalej w kierunku północnym od kontynentu Antarktycznego.

Największa zmienność temperatury powietrza występuje na północy po wschodniej stronie Półwyspu Antarktycznego (stacja Larsen Ice). Wynikać to może z faktu, iż docierają tu ciepłe masy powietrza znad Atlantyku oraz mroźne masy znad Morza Weddela. Mniejsza zmienność temperatury powietrza z dnia na dzień występuje na stacji Butler Island. Położona jest ona bliżej kontynentu i pozostaje przez większą część roku pod wpływem bardziej jednorodnych termicznie mas powietrza napływających znad kontynentu Antarktydy.

Międzydobowa zmienność temperatury powietrza na zachodnim wybrzeżu Półwyspu Antarktycznego, w stacji Uranus Glacier, jest porównywalna ze zmianami notowanymi w przypadku Butler Island. Stacje te położone są na zbliżonych szerokościach geograficznych (Uranus Glacier - 71,43°S, Butler Island - 72,20°S). Jest to jednocześnie miejsce o największych międzydobowych zmianach temperatury powietrza w tym rejonie. Mamy tu do czynienia ze znacznym wpływem oceanicznych mas powietrza wyrażonym między innymi wysokim wskaźnikiem oceanizmu Marsza -

Uranus Glacier Oc = 3,44. Wskaźnik ten jest w przypadku Butler Island znacznie niższy - Oc = 2,20 (Styszyńska, 1996).

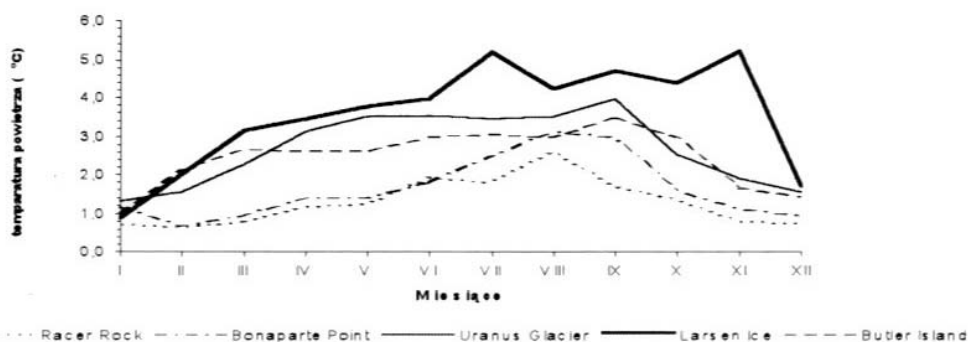
Międziodobowe zmiany temperatury powietrza wykazują także zróżnicowanie w obrębie poszczególnych okresów roku. Stosunkowo największa zmienność przypada tu na miesiące zimowe (VI - VIII), natomiast w sezonie letnim (XII - II) zmiany osiągają niższe wartości. Największe międziodobowe zmiany temperatury powietrza w omawianym wieloleciu wahają się od 2,0 deg w lutym do 5,2 deg w lipcu (Larsen Ice). Najmniejsze notowane są w stacji Racer Rock i wynoszą odpowiednio 0,7 deg w styczniu i lutym oraz 2,6 deg w sierpniu (Larsen Ice) - tabela 2, rycina 2.

Tabela 2 - Table 2

Średnia międziodobowa zmienność temperatury powietrza [deg]
w poszczególnych miesiącach na Półwyspie Antarktycznym w okresie 1986-1994

Mean monthly values of interdiurnal variability of air temperature [deg]
on the Antarctic Peninsula in the period 1986-1994

Stacja Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
Zachodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego													
Racer Rock	0.7	0.7	0.8	1.2	1.3	1.9	1.8	2.6	1.7	1.4	0.8	0.8	1.1
Bonaparte Point	1.2	0.7	1.0	1.4	1.4	1.8	2.5	3.1	3.0	1.6	1.2	1.0	1.5
Uranus Glacier	1.3	1.6	2.3	3.1	3.5	3.5	3.4	3.5	4.0	2.5	1.9	1.5	2.6
Wschodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego													
Larsen Ice	0.9	2.0	3.2	3.5	3.8	4.0	5.2	4.2	4.7	4.4	5.2	1.7	3.6
Butler Island	1.0	2.1	2.7	2.6	2.6	3.0	3.0	3.0	3.5	3.0	1.7	1.5	2.5

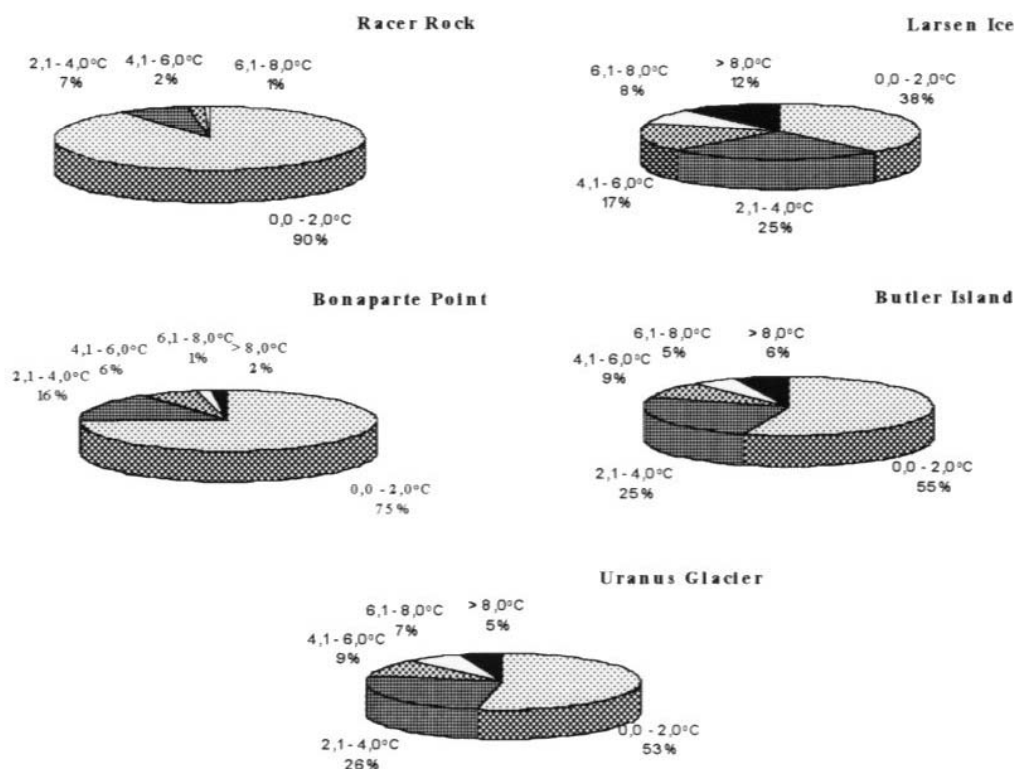


Ryc. 2. Przebieg roczny średniej międziodobowej zmienności temperatury powietrza na Półwyspie Antarktycznym w okresie 1986-1994

Fig. 2. Annual course of mean interdiurnal variability of air temperature on the Antarctic Peninsula in the period 1986-1994

Międziodobowe zmiany temperatury powietrza przekraczające 4 oC najczęściej występują na wybrzeżu wschodnim oraz w części południowej Półwyspu Antarktycznego. Tak więc w stacji Racer Rock leżącej na wybrzeżu zachodnim średnio w ciągu roku notuje się około 3% dni o dużej i bardzo dużej zmienności temperatury powietrza, nie występują tu zaś lub występują tylko sporadycznie zmiany ekstremalnie duże. Inaczej natomiast przedstawia się sytuacja w części południowej omawianego obszaru gdzie udział zmian międziodobowych temperatury powietrza wyższych od 4,0oC wzrasta do około 20%.

Generalnie przez ponad połowę dni w roku na obszarze Półwyspu Antarktycznego występują małe zmiany międziodobowe temperatury powietrza - wahania temperatury z dnia na dzień nie przekraczają 2oC. Natomiast od 70 do 90% dni roku charakteryzuje się zmiennością nie przekraczającą 4oC (tab. 3, rys. 3).



Rys. 3. Częstość (%) międziodobowych zmian temperatury powietrza według klas dla wybranych stacji meteorologicznych Półwyspu Antarktycznego za okres 1986-1994

Fig. 3. Frequency (%) of interdiurnal changes of air temperature according to classes for selected meteorological stations on the Antarctic Peninsula in the period 1986-1994

W ujęciu sezonowym międzydobowe zmiany temperatury powietrza nie przekraczające 4,0 deg (zmiany małe i średnie) najczęściej występują w miesiącach letnich (XII - II), w tym też okresie międzydobowe zmiany temperatury powietrza określane jako bardzo duże i ekstremalne pojawiają się bardzo rzadko. Największa częstość bardzo dużej i ekstremalnie dużej zmienności temperatury powietrza z dnia na występuje zimą (VI - VIII).

Tabela 3 - Table 3

Częstość (%) międzydobowych zmian temperatury powietrza [deg] według klas na Półwyspie Antarktycznym w okresie 1986-1994

Frequency (%) of interdiurnal changes of air temperature [deg] according to classes on the Antarctic Peninsula in the period 1986 -1994

Stacja Station	0.0-2.0	2.1-4.0	4.1-6.0	6.1-8.0	>8.0
Zachodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego					
Racer Rock	90	7	2	1	0
Bonaparte Point	75	16	6	1	2
Uranus Glacier	53	26	9	7	5
Wschodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego					
Larsen Ice	38	25	17	8	12
Butler Island	55	25	9	5	6

Porównując wartości wzrostów i spadków temperatury powietrza z dnia na dzień stwierdzono większą częstość obniżania się temperatury (od 2 do 7%) - tabela 4, rycina 4.

W ujęciu sezonowym przewaga spadków zaznacza się głównie w okresie zimowym. Wzrosty zaś nieznacznie dominują w cieplej części roku. Największa dodatnia międzydobowa zmienność temperatury powietrza w analizowanych stacjach wystąpiła w Butler Island (wschodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego) i wyniosła 24,9 deg (30 - 31 VIII 1992). W przypadku zmian ujemnych natomiast największą międzydobową zmienność temperatury powietrza - 21,1 deg - zanotowano w stacji Uranus Glacier leżącej na zachodnim wybrzeżu Półwyspu Antarktycznego (12 -13 IX 1989).

Tabela 4 - Table 4

Średnie spadki i wzrosty temperatury powietrza z dnia na dzień [deg]
na Półwyspie Antarktycznym w okresie 1986-1994

Mean falls and rises of air temperature from day to day [deg]
on the Antarctic Peninsula in the period 1986 -1994

Stacja Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
Zachodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego													
Racer Rock	-0.7	-1.0	-0.8	-1.2	-1.3	-2.2	-1.6	-2.5	-1.4	-1.2	-0.7	-0.7	-1.3
	0.8	0.7	0.8	1.2	1.2	2.2	2.1	2.8	2.1	1.1	0.9	0.9	1.4
Bonaparte Point	-1.0	-0.1	-0.1	-1.3	-1.6	-2.1	-2.2	-3.1	-3.0	-1.4	-1.0	-1.0	-1.5
	1.5	0.9	1.3	2.9	2.0	2.6	3.7	3.1	3.1	2.0	1.3	1.1	2.1
Uranus Glacier	-1.7	-1.5	-2.5	-2.8	-2.8	-3.5	-4.3	-4.5	-4.4	-2.3	-2.0	-1.6	-2.8
	1.4	2.6	2.1	2.9	2.8	3.6	4.5	4.8	5.2	3.4	2.7	1.5	3.1
Wschodnie wybrzeże Półwyspu Antarktycznego													
Larsen Ice	-1.1	-1.2	-2.3	-3.4	-3.8	-3.2	-3.4	-3.0	-3.7	-2.2	-1.4	-1.1	-2.5
	1.2	1.6	2.3	3.3	3.9	3.9	3.0	3.3	3.8	2.8	1.7	1.4	2.7
Butler Island	-1.1	-2.1	-3.5	-3.7	-4.1	-4.3	-5.3	-4.9	-4.4	-3.7	-2.3	-1.7	-3.4
	1.1	2.1	3.1	3.6	4.4	5.0	4.8	4.5	6.0	4.5	2.3	1.4	3.6

Podsumowanie

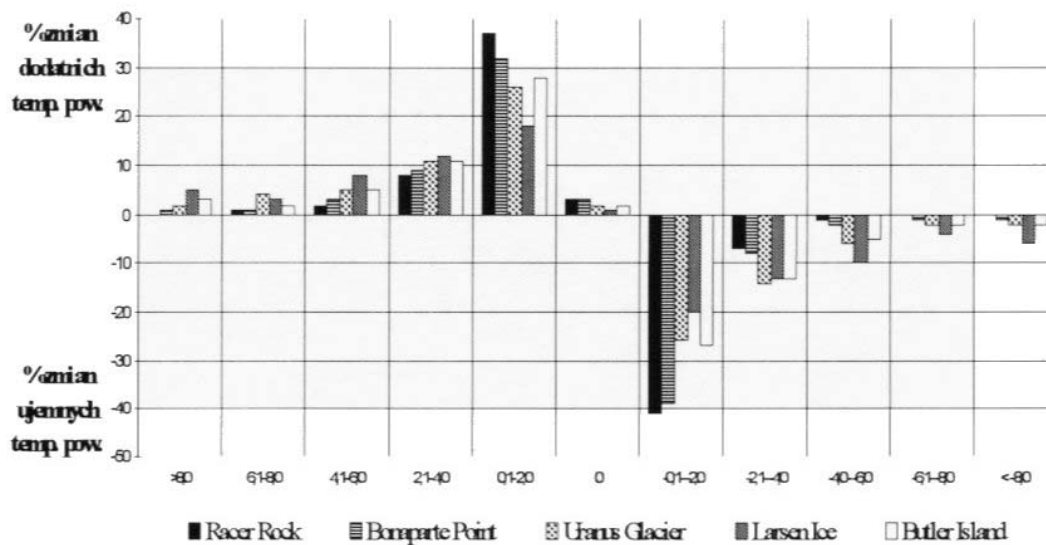
Analiza warunków termicznych panujących na Półwyspie Antarktycznym w latach 1986-1994 wykazała, iż część wschodnia analizowanego obszaru charakteryzuje się znacznie większą zmiennością temperatury powietrza z dnia na dzień w porównaniu z częścią zachodnią.

Ponadto istnieje wyraźna sezonowość międzydobowej zmienności temperatury powietrza wyrażona dużym zakresem zmian temperatury powietrza z dnia na dzień w miesiącach zimowych i wyraźnie mniejszym w miesiącach letnich.

Południowa część Półwyspu Antarktycznego tak po stronie wschodniej jak też zachodniej charakteryzuje się zbliżoną zmiennością temperatury powietrza z dnia na dzień. Różnice zaznaczają się natomiast w obrębie poszczególnych pasów wybrzeża i tak na wybrzeżu zachodnim większa zmienność międzydobowa temperatury powietrza występuje w części południowej, natomiast na wybrzeżu wschodnim wyraźniejsze zmiany zaznaczają się w części północnej. W przeciwieństwie do części południowej Półwyspu

Antarktycznego część północna wyraźnie różni się pod względem międzydobowych zmian temperatury powietrza. Wybrzeże północno - wschodnie charakteryzuje dużo większa zmienność temperatury powietrza w porównaniu z wybrzeżem północno - zachodnim.

Warunki termiczne w dużej mierze kształtowane są przez czynniki cyrkulacyjne, tak więc międzydobowe zmiany temperatury powietrza mogą być wskaźnikiem ich dynamiki na danym obszarze.



Ryc 4. Częstość (%) spadków i wzrostów temperatury powietrza z dnia na dzień według klas w wybranych stacjach meteorologicznych na Półwyspie Antarktycznym w okresie 1986-1994

Fig. 4. Frequency (%) of falls and rises of air temperature from day to day according to classes at selected meteorological stations on the Antarctic Peninsula in the period 1986-1994

Literatura cytowana:

Antarctic Automatic Weather Station data for the calendar year 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994. Dep. of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin, Madison.

Donina S.M., 1980. Meždusutočnaja i wnutrisutočnaja izmienčivost' temperatury vozducha w Antarktide, [w:] Issledovanija Klimata Antarktity, red. Dolgin, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Kejna M., 1995. Temperatura powietrza w regionie Zatoki Admiralicji (Wyspa Króla Jerzego, Szetlandy Pd., Antarktyka) na tle cyrkulacji atmosferycznej w świetle danych ze Stacji H. Arctowskiego w latach 1985-1989, maszynopis rozprawy doktorskiej, UMK Toruń.

- Kejna M., 1996.** Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na warunki termiczne na Stacji H. Arctowskiego (King George Island, Antarktyka) w latach 1986-1989, *Problemy Klimatologii Polarnej* 5, UMK Toruń, s.177-192.
- Kossowska-Cezak U., 1987.** Duże zmiany temperatury z dnia na dzień a cyrkulacja atmosferyczna. *Przegląd Geofizyczny*, z.3, s.289-302.
- Kossowska-Cezak U., 1988.** Zmienność temperatury z dnia na dzień w warunkach miejskich. *Przegląd Geofizyczny*, z.4, s.429-439.
- Kuziemska D., 1983.** O zakresie zmienności temperatury powietrza w Polsce. *Przegląd Geofizyczny*, z. 3-4, s.329-343.
- Marsz A.A., 1995.** Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współdziałania w systemie ocean - atmosfera - kontynenty, WSM Gdynia, ss.110.
- Rodríguez R., Llasat C. M., Rakusa-Suszczewski S., 1996.** Analysis of the mean and extreme temperature series of the Arctowski Antarctic Base. *Problemy Klimatologii Polarnej* 6, s.191-212.
- Styszyńska A., 1996.** Zmiany cyrkulacji atmosferycznej w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella w świetle kształtowania się przestrzennych zmian wskaźnika oceanizmu. *Problemy Klimatologii Polarnej* 6, s.213-242.

INTERDIURNAL VARIATIONS OF AIR TEMPERATURE ON ANTARCTIC PENINSULA IN THE PERIOD 1986-1994

S U M M A R Y

The Antarctic Peninsula with regard to temperature is a very differentiated area. Therefore analysis of interdiurnal variability of air temperature have been carried out on this area. Data analysed in the paper come from the Antarctic Automatic Weather Stations Data (University of Wisconsin, Madison) over the period 1986-1994. Interdiurnal variability of the air temperature have been analysed for 5 automatic meteorological stations situated on the eastern and western coast of the Antarctic Peninsula.

On the bases of data analyses we confirm that at the eastern coast the air temperature variability from day to day is considerably higher than at the western coast. The highest interdiurnal air temperature variability occurred at the Larsen Ice station, the lowest one at Racer Rock station. Among the seasons temperature falls outweigh mainly in winter while rises dominate insignificantly during the warmer part of the year.

The thermal conditions to a great degree are formed by circulation factors, so the interdiurnal variability of the air temperature might be an indicator of their dynamic over the selected area.