

**WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ
NA WARUNKI TERMICZNE
NA STACJI H. ARCTOWSKIEGO
(KING GEORGE ISLAND, ANTARKTYKA)
W LATACH 1986-1989**

Marek Kejna

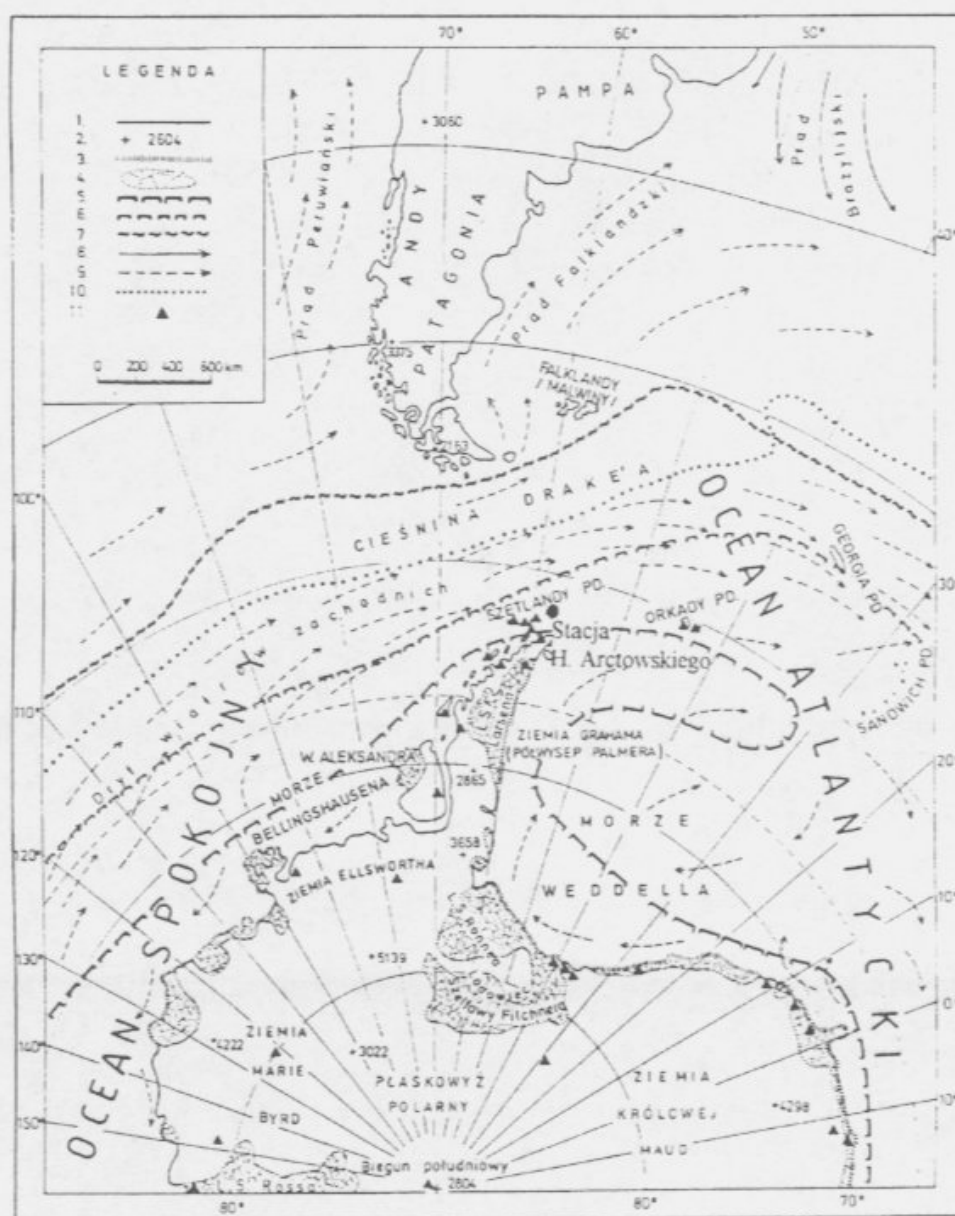
*Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń
Instytut Geografii, Zakład Klimatologii*

Wstęp

W regionach subpolarnych Antarktyki, przy niekorzystnych warunkach insolacyjnych (zwłaszcza zimą), szczególna rola w kształtowaniu warunków pogodowych przypada cyrkulacji atmosferycznej. Napływające masy powietrza są formowane nad obszarami źródłowymi charakteryzującymi się różnorodnym podłożem: morskim, lądowym lub śnieżno-lodowcowym.

Założona w 1977 r. na Wyspie Króla Jerzego (Szetlandy Pd.) stacja im. Henryka Arctowskiego (współrzędne geograficzne: $\varphi = 62^{\circ}10'S$, $\lambda = 58^{\circ}28'W$, wysokość 2 m n.p.m. - Rakusa-Suszczewski 1977) jest położona w rejonie o specyficznej i złożonej sytuacji hipsometrycznej, lodowej i barycznej - rys. 1 (Burdecki 1957, Sturman 1979, Kaufeld 1988). Przebiegająca w pobliżu Szetlandów Pd. granica paku lodowego otaczającego Antarktydę (latem granica paku lodowego znajduje się na południe od Szetlandów Pd., zimą natomiast na północ) powoduje, że dominująca w tym regionie adwekcja ciepłych mas powietrza z sektora zachodniego jest często zaburzana przez napływ mroźnych mas powietrza ze wschodu i południa. Masy te pochodzą znad M. Weddella bądź znad samej Antarktydy i zostały ukształtowane nad obszarami pokrytymi lodem.

Na szczególne znaczenie kierunku adwekcji mas powietrza w kształtowaniu warunków pogodowych zwrócili uwagę pierwsi meteorolodzy prowadzący pomiary na Stacji H. Arctowskiego (Zubek 1980, Nowosielski, 1980, Cygan 1981, Kowalewski, Wielbińska 1983 i inni). Spostrzeżenia te potwierdziły późniejsze analizy badające zależność warunków pogodowych od kierunku wiatru (Kratke, Wielbińska 1981, Wielbińska, Skrzypczak 1988,



Ryc. 1. Położenie Stacji H. Arctowskiego (Atlas Antarktydy, t. 1, 1966)

1-linia brzegowa, 2-punkty wysokościowe, 3-bariera lodowa, 4-lodowce szelfowe, 5-lód pakowy (wrzesień), 6-lód pakowy (marzec), 7-maksymalny zasięg gór lodowych, 8-ciepłe prądy morskie, 9-zimne prądy morskie, 10-konwergencja antarktyczna, 11-stacje badawcze

Fig 1. Location of the Arctowski Station (Atlas Antarktydy, t. 1, 1966)

1- sea shore, 2-altitude points, 3-cliff of glacier, 4-shelf glaciers, 5-pack ice (September), 6-pack ice (March), 7-maximum of icebergs, 8-warm sea currents, 9-cold sea currents, 10-antarctic convergence, 11-research stations

Styszyńska 1990) oraz od sytuacji synoptycznych (Kowalski, Wielbińska 1989, Kejna 1994 i 1995).

W niniejszym opracowaniu przeanalizowano zależność temperatury powietrza od charakteru cyrkulacji atmosferycznej w okresie 1986-1989, dla którego dysponowano mapami synoptycznymi redagowanymi w Buenos Aires (Argentyna), odbieranymi na Stacji H. Arctowskiego. W opracowaniu uwzględniono 1419 map określając dla każdego dnia typ sytuacji synoptycznej. Następnie dla każdego typu cyrkulacji obliczono średnie wartości temperatury powietrza oraz częstość dni charakterystycznych. Na bazie tych obliczeń wydzielono termiczne sektory adwekcyjne dla Stacji H. Arctowskiego.

Cyrkulacja atmosferyczna

Cyrkulację atmosferyczną w rejonie Szetlandów Pd. kształtują ośrodki cyklonalne przemieszczające się w wokółantarktycznej bruzdzie niskiego ciśnienia, która utworzyła się pomiędzy wyżami podzwrotnikowymi a Wyżem Antarktycznym. Ruch mas powietrza w tym rejonie jest ponadto silnie modyfikowany przez astrefowy rozkład lądów i grzbietów górskich (Schwerdtfeger 1984) - ryc. 1.

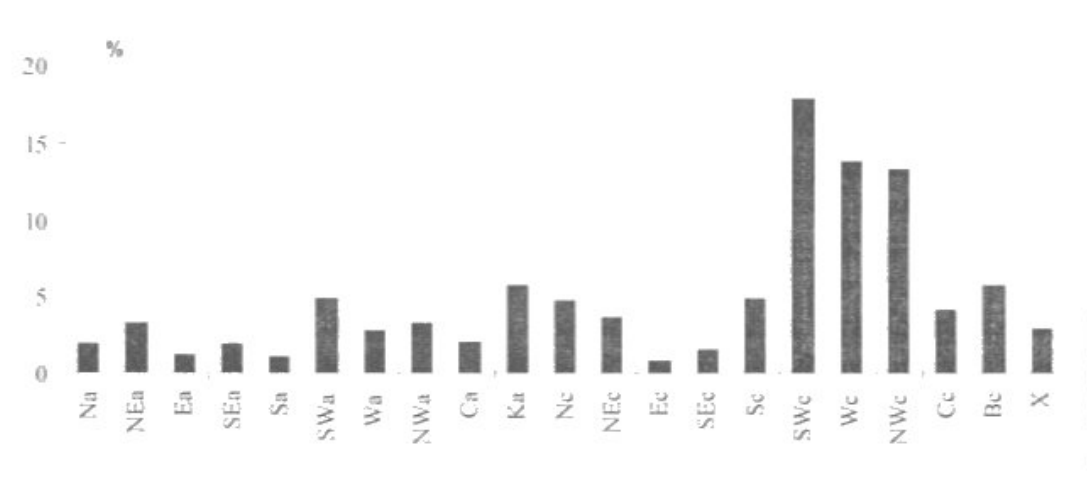
Szczegółowa analiza położenia ośrodków barycznych (Taljaard 1972, Kejna 1995) wykazała bardziej złożoną strukturę pola ciśnienia w rejonie Szetlandów Pd. Niże najczęściej występują w pobliżu kontynentu Antarktydy w postaci dwóch, rozdzielonych Półwyspem Antarktycznym, ośrodków: nad M. Bellingshausena oraz nad M. Weddella. Niże te zmieniają swoje położenie w zależności od stanu powierzchni morza, stopnia jego zlodzenia (Lamb 1956, Schwerdtfeger 1984). Centrum niżu nad M. Bellingshausena położone jest bliżej kontynentu latem, zimą niż ten jest słabiej wyrażony. Niż z centrum nad M. Weddella jest położony znacznie dalej na północ w stosunku do niżu po zachodniej stronie Półw. Antarktycznego, wynika to ze specyficznej cyrkulacji wód wokółantarktycznych i koncentracji pól lodowych na M. Weddella (Taljaard 1972). Najbardziej na południe niż ten przemieszcza się latem. W szerokościach umiarkowanych, między 55 a 60°S, zaznacza się bruzda cyklonalna. W obrębie bruzdy permanentnie powstają i zanikają cyklony przemieszczające się różnymi trajektoriami na wschód. Wyrażne zmniejszenie częstości cyklonów w rejonie Cieśniny Drake'a jest uwarunkowane orograficznie. Cyklony po napotkaniu Andów i gór Półwyspu Antarktycznego przemieszczają się na wschód w środkowej troposferze, by następnie się regenerować (Schwerdtfeger 1984).

Obszary o podwyższonym ciśnieniu występują nad południowym Pacyfikiem - Wyż Południowopacyficzny i południowym Atlantykiem - Wyż

Południowoatlantycki, ponadto sezonowo, w zimie, tworzy się wyż nad Ameryką Pd. (Taljaard 1972). Wyż Antarktyczny zaznacza się w postaci całorocznego klina wysokiego ciśnienia nad Półwyspem Antarktycznym i M. Weddella (Astapenko 1960). Latem częstość ośrodków wyżowych nad M. Weddella rośnie (Taljaard 1972), zimą natomiast wyż ten często rozbudowuje się na północ obejmując swoim wpływem rejon Stacji H. Arctowskiego (Kejna 1995a).

Złożony układ ośrodków barycznych kształtujących pogodę w Stacji H. Arctowskiego prowadzi do różnorodnych sytuacji synoptycznych. Zgodnie z zasadami klasyfikacji Niedźwiedzia (1981) wydzielono 20 typów sytuacji synoptycznych. Podstawą podziału tej klasyfikacji jest rodzaj ośrodka barycznego kształtującego pogodę w analizowanym rejonie: antycyklon (oznaczony indeksem „a”) lub cyklon („c”) oraz kierunek adwekcji mas powietrza. Ponadto wyróżniono sytuacje z centrum antycyklonu (Ca) lub cyklonu (Cc) oraz klin wysokiego ciśnienia (Ka) i bruzdę cyklonalną (Bc). Dla sytuacji synoptycznych trudnych do jednoznacznego określenia przyjęto X.

W rejonie Stacji H. Arctowskiego dominuje cyrkulacja cyklonalna, w sumie, w latach 1986-1989, typy cyklonalne wystąpiły 990 razy (69,8% wszystkich opracowanych map synoptycznych), a typy antycyklonalne kształtowały pogodę przez 389 dni (27,4%) - tab. 1, ryc. 2. (Kejna 1993).



Ryc. 2. Częstość typów cyrkulacji atmosferycznej na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Fig. 2. Frequency of atmospheric circulation types at the Arctowski Station in the years 1986-1989

W obrębie makrotypu cyklonalnego, zdecydowanie przeważa adwekcja z sektora zachodniego, najczęściej występuje typ SWc (17,3%) oraz typy Wc (13,3%) i NWc (12,8%). Stosunkowo rzadko do Stacji H. Arctowskiego na-

plywają masy powietrza z sektora wschodniego: Ec (0,7%), SEc (1,4%) i NEc (3,5%). Centrum cyklonu występuje przeciętnie przez 3,9% dni w roku, a bruzda cyklonalna (Bc) przez 5,5% dni. Przy makrotypie antycyklonalnym, podobnie jak w przypadku makrotypu cyklonalnego, dominuje adwekcja z zachodu (SWa 4,7%, NWa 3,1%, i Wa 2,6%). Ponadto często zaznacza się wpływ klina wysokiego ciśnienia (Ka 5,6%) oraz adwekcji z północno-wschodu (NEa, 3,1%). Najrzadziej spotykamy typy Ea i Sa (częstość ok. 1%).

Tab. 1. Częstość (n, %) typów cyrkulacji atmosferycznej oraz średnie wartości temperatury powietrza i częstość (%) dni charakterystycznych przy tych typach na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Table 1. Frequency (n, %) of atmospheric circulation types and mean values of air temperature and frequency (%) of thermally characteristic days for these types at the Arctowski Station in the years 1986-1989

Typy cyrkulacji Types of atmospheric circulation	Częstość Frequency		Temperatura powietrza Air temperature °C	Dni charakterystyczne Thermally characteristic days		
	n	%		tmin≥0°C	tmax≥0°C, tmin<0°C	tmax<0°C
Na	26	1,8	-2,2	26,9	34,6	38,5
NEa	46	3,2	-3,8	4,3	41,3	54,3
Ea	16	1,1	-5,3	12,5	6,3	81,3
SEa	27	1,9	-5,9	7,4	18,5	74,1
Sa	14	1,0	-6,0	14,3	42,9	42,9
SWa	68	4,8	-3,6	17,6	51,7	30,9
Wa	38	2,7	-0,5	15,8	63,2	21,1
NWa	46	3,2	1,2	30,4	60,9	8,7
Ca	28	2,0	-5,1	.	42,9	57,1
Ka	80	5,6	-3,5	13,8	40,0	46,3
Nc	67	4,7	-0,5	37,3	43,3	19,4
NEc	51	3,6	-3,7	13,7	43,1	43,1
Ec	10	0,7	-5,6	.	30,0	70,0
SEc	21	1,5	-4,8	4,8	33,3	61,9
Sc	68	4,8	-6,1	8,8	32,4	58,8
SWc	253	17,8	-2,3	19,8	45,1	35,2
Wc	195	13,7	0,0	36,9	50,8	12,3
NWc	187	13,2	0,7	41,2	47,6	11,2
Cc	57	4,0	-2,5	19,3	43,9	36,8
Bc	81	5,7	-2,6	17,3	49,4	33,3
X	40	2,8	2,8	7,5	32,5	60,0
Antycyklonalne Anticyclonic	389	27,4	-2,7	14,9	44,0	41,1
Cyklonalne Cyclonic	990	69,8	-1,6	27,4	45,1	27,5
1986-1989	1419	100,0	-1,9	25,8	45,0	29,2

Zależność temperatury powietrza od sytuacji synoptycznej

Średnia dobowa temperatura powietrza na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989 wyniosła $-1,9^{\circ}\text{C}$ (średnia obliczona z godzinnych wartości odczytanych z termogramów) i była niższa w stosunku do średniej wieloletniej z 1978-1989 o $0,3^{\circ}\text{C}$ (dane z Roczników meteorologicznych „Arctowski”) - tab. 2.

Tab. 2. Średnie wartości temperatury powietrza na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Table 2. Mean values of air temperature at Arctowski Station in the years 1986-1989

Lata Years	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1986	1,7	1,4	1,8	-1,5	-7,8	-7,8	-8,1	-6,8	-5,1	-1,3	-1,7	0,9	-2,6
1987	1,6	1,9	1,2	-2,6	-5,4	-7,6	-13,2	-4,1	-5,8	-1,4	1,0	2,1	-2,7
1988	1,4	3,3	0,7	-0,6	-1,5	-7,2	-5,4	-8,2	-3,2	-2,8	-1,3	0,6	-2,0
1989	2,1	3,3	3,2	-4,6	0,1	-1,6	0,5	-1,5	-2,3	-0,1	0,7	1,5	0,1
1986-89	1,7	2,5	1,7	-2,3	-3,7	-6,1	-6,6	-5,2	-4,1	-1,4	-0,3	1,3	-1,9
1978-89	2,2	2,3	1,2	-1,2	-3,1	-5,1	-6,3	-5,5	-3,4	-1,8	-0,4	1,5	-1,6

Wpłynęły na to dwa wyjątkowo chłodne lata 1986 i 1987 z temperaturami ($-2,8^{\circ}\text{C}$ i $-2,7^{\circ}\text{C}$). W analizowanym okresie wystąpił też najcieplejszy rok w historii działalności stacji, w 1989 r. średnia temperatura powietrza osiągnęła $+0,1^{\circ}\text{C}$. Generalnie można przyjąć, że uwzględniony w opracowaniu okres oddaje charakter warunków termicznych jakie panują na Stacji H. Arctowskiego.

Średnia temperatura powietrza przy sytuacjach antycyklonalnych wyniosła $-2,7^{\circ}\text{C}$, podczas gdy przy sytuacjach cyklonalnych $-1,6^{\circ}\text{C}$. Niezależnie od makrotypu cyrkulacji zaznacza się wyraźna zależność temperatury powietrza od kierunku adwekcji (tab. 1., ryc. 3) Zdecydowanie najwyższe temperatury występują przy adwekcji z sektora zachodniego, NWa ($1,2^{\circ}\text{C}$), NWc ($0,7^{\circ}\text{C}$), Wc ($0,0^{\circ}\text{C}$), Wa ($-0,5^{\circ}\text{C}$), najniższe temperatury są charakterystyczne dla adwekcji ze wschodu i południa: SEc ($-4,8^{\circ}\text{C}$), Ea ($-5,3^{\circ}\text{C}$), Ec ($-5,6^{\circ}\text{C}$), SEa ($-5,9^{\circ}\text{C}$) i Sa ($-6,0^{\circ}\text{C}$), Sc ($-6,1^{\circ}\text{C}$). Niskie temperatury towarzyszą także Ca ($-5,1^{\circ}\text{C}$) i Ka ($-3,5^{\circ}\text{C}$). Różnica temperatury powietrza między typem najcieplejszym (NWa) a przynoszącym najchłodniejsze masy powietrza (Sc) wyniosła aż $7,3^{\circ}\text{C}$.

Niższe temperatury powietrza przy makrotypie antycyklonalnym (średnia $-2,7^{\circ}\text{C}$) niż przy cyklonalnym (średnia $-1,6^{\circ}\text{C}$) wynikają nie tylko z ogólnych warunków pogodowych jakie im towarzyszą, ale także wynika to

z innej struktury kierunków adwekcji w obrębie każdego z makrotypów. O ile w makrotypie cyklonalnym udział typów cyrkulacji przynoszących najcieplejsze masy powietrza kierunków SW, W, NW wynosi 64,1%, o tyle w makrotypie antycyklonalnym ich udział sięga zaledwie 39,1%. Ponadto w makrotypie cyklonalnym udział typów o adwekcji z kierunków S, SE, E, skąd napływają mroźne masy powietrza, nie przekracza w sumie 10,0%, to przy makrotypie antycyklonalnym wynosi 14,6%.

Charakter warunków termicznych na Stacji H. Arctowskiego odzwierciedla także liczba dni charakterystycznych. W latach 1986-1989 najczęściej występowały dni przymrozkowe ($t_{max} \geq 0^{\circ}C$ i $t_{min} < 0^{\circ}C$) 45,0% (165 dni), dni mroźne ($t_{max} < 0^{\circ}C$) stanowiły 29,2% (114 dni) i dni ciepłe ($t_{min} \geq 0^{\circ}C$) 25,8% (85 dni w roku) - tab. 3.

Tab. 3. Liczba dni charakterystycznych na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Table 3. Numbers of thermally characteristic days at the Arctowski Station in the years 1986-1989

Dni Days	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
ciepłe - warm $t_{min} \geq 0^{\circ}C$	16,0	16,6	13,8	5,2	4,0	1,2	2,2	1,2	1,4	4,6	6,6	12,4	85,2
przymrozkowe with light frost $t_{max} \geq 0^{\circ}C$, $t_{min} < 0^{\circ}C$	14,4	10,8	13,8	13,0	9,8	9,8	12,6	13,0	15,6	15,8	18,4	17,6	164,6
mroźne - frosty $t_{max} < 0^{\circ}C$	0,6	0,8	3,4	11,8	18,0	18,8	16,0	16,8	13,0	10,6	5,0	1,0	113,8

Prawdopodobieństwo wystąpienia dni poszczególnych kategorii jest różne dla poszczególnych typów cyrkulacji (tab. 2). Dni ciepłe występują znacznie częściej przy typach cyklonalnych (27,4%) niż przy typach antycyklonalnych (14,9%). W przypadku dni mroźnych występują odwrotne relacje, przy makrotypie cyklonalnym dni te występują w 27,5% przypadków a przy makrotypie antycyklonalnym stanowią aż 41,1%. Udział dni przymrozkowych w obu makrotypach jest zbliżony.

Największe prawdopodobieństwo wystąpienia dni ciepłych występuje przy typach NWc (41,1%), Nc (37,3%), Wc (36,9%), natomiast brak było tych dni w latach 1986-1989 przy typach Ca i Ec, a małe prawdopodobieństwo ich wystąpienia było także związane z typami NEa (4,3%), SEc (4,8%), SEa i Sc. Dni mroźne występują najczęściej przy typach Ea (81,3%), SEa

(74,1%) i Ec (70,0%), a stosunkowo rzadko ok. 10% przy typach NWa, Wc, NWc. Dni przymrozkowe z przejściem temperatury w ciągu doby przez 0°C stanowią ponad 50% przy typach Wa, NWa, SWa, i Wc czyli z sektora skąd najczęściej do Stacji H. Arctowskiego docierają niższe fronty atmosferyczne. Zmianie masy powietrza często towarzyszy spadek lub wzrost temperatury (oscylacje wokół 0°C), dlatego też dni przymrozkowe rzadko występują przy adwekcji ze wschodu i południa (Ea i SEa).

Termiczne sektory adwekcyjne

Porównanie średnich wartości temperatury powietrza przy poszczególnych typach cyrkulacji wykazało znaczne podobieństwo termiczne mas powietrza napływających ze zbliżonego kierunku, znad jednorodnego co do charakteru podłoża obszaru źródłowego (np. morskiego czy pól lodowych pokrywających okoliczne morza). W celu uzyskania obiektywnego, jednoznacznego, sposobu łączenia typów sytuacji synoptycznych wykorzystano metodę badania podobieństw i różnic termicznych między wydzielonymi typami cyrkulacji - tzw. „drzewo Beriego” (Chojnicki, Czyż 1973). W metodzie tej uwzględniono średnie temperatury powietrza obliczone dla każdego z 21 typów cyrkulacji.

Po obliczeniu różnic temperatury pomiędzy typami cyrkulacji, połączono typy o zbliżonych temperaturach powietrza w tzw. „gałęzie” uzyskując „drzewo” wzajemnych powiązań i relacji.

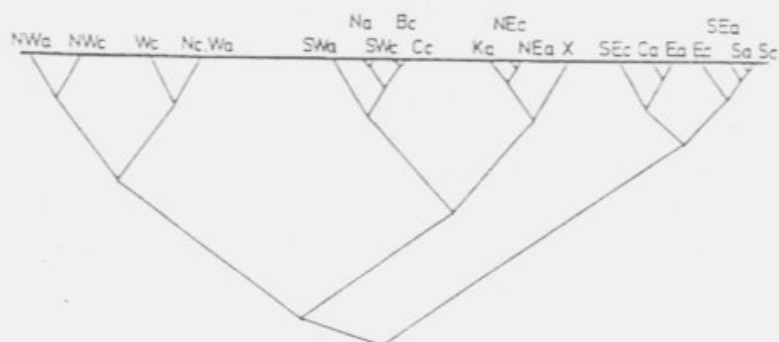
Kolejne etapy łączenia typów cyrkulacji atmosferycznej
(wartości oznaczają różnice w °C pomiędzy połączonymi typami)

- | | |
|--|--|
| 1. $W_a + N_c = 0.0$ | 11. $[(S_a + S_c) + S_{Ea}] + E_c = 0.375$ |
| 2. $N_{Ec} + N_{Ea} = 0.1$ | 12. $S_{Ec} + (C_a + E_a) = 0.4$ |
| 3. $S_c + S_a = 0.1$ | 13. $W_c + (W_a + N_c) = 0.5$ |
| 4. $S_{Wc} + N_a = 0.1$ | 14. $N_{Wc} + N_{Wa} = 0.5$ |
| 5. $C_c + B_c = 0.1$ | 15. $[(S_{Wc} + N_{Ea}) + (C_c + B_c)] + S_{Wa} = 0.6$ |
| 6. $(S_a + S_c) + S_{Ea} = 0.15$ | 16. $(11.) + (12.) = 0.787$ |
| 7. $C_a + E_a = 0.2$ | 17. $[W_c + (W_a + N_c)] + (N_{Wc} + N_{Wa}) = 1.2$ |
| 8. $(N_{Ec} + N_{Ea}) + K_a = 0.25$ | 18. $[(N_{Ec} + N_{Ea}) + K_a] + (15.) = 1.525$ |
| 9. $(S_{Wc} + N_{Ea}) + (C_c + B_c) = 0.3$ | 19. $(16.) + (17.) = 2.531$ |
| 10. $[(N_{Ec} + N_{Ea}) + K_a] + X = 0.64$ | 20. $(18.) + (19.) = 2.871$ |

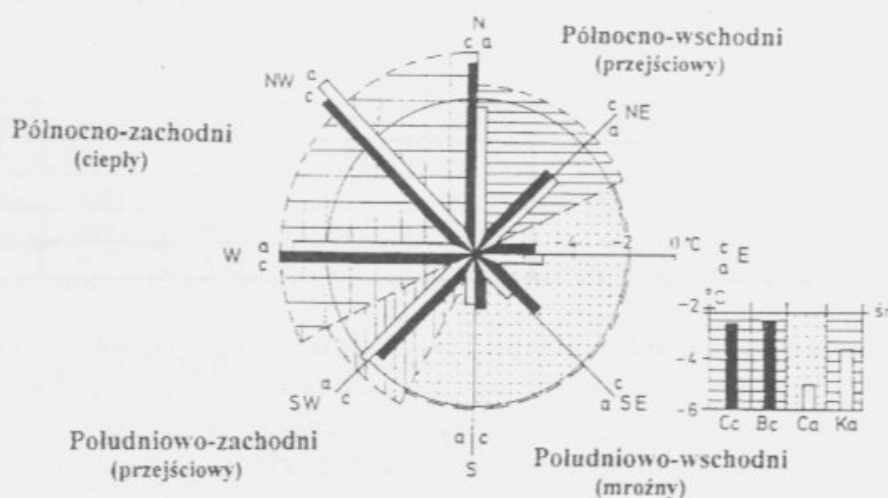
W przypadku dominującej roli rodzaju ośrodka barycznego (cyklonu lub antycyklonu) w kształtowaniu warunków termicznych na Stacji H. Arctowskiego w „drzewie Beriego” wystąpiłyby dwa główne odgałęzienie

nia: jedno z typami cyklonalnymi i drugie z typami antycyklonalnymi. Brak takiej sytuacji skłania do wniosku, że pierwszorzędą rolę w kształtowaniu warunków termicznych na Stacji H. Arctowskiego odgrywa kierunek adwekcji. Typy cyrkulacyjne o zbliżonym kierunku adwekcji są do siebie podobne termicznie, są położone w tym samym odgałęzieniu „drzewa Beriego”.

A



B



Ryc. 3. A - Schemat połączeń typów cyrkulacji atmosferycznej ze względu na temperaturę powietrza, B - temperatura powietrza według typów cyrkulacji oraz termiczne sektory adwekcyjne na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Fig 3. A - Scheme of connections the atmospheric circulation types with regard to the air temperature, B - air temperatures according to atmospheric circulation types and thermic advection sectors at the Arctowski Station in the years 1986-1989

Analiza różnic i podobieństw termicznych napływających w rejon Stacji H. Arctowskiego mas powietrza wykazała, podział na trzy gałęzie w drzewie Beriego (ryc. 3A). Po lewej stronie występują typy cyrkulacji przynoszące najcieplejsze masy powietrza (NWa, NWc, Wc, Wa, Nc), po prawej stronie typy o najniższych wartościach temperatury (Sc, Sa, SEa, Ec, Ea, Ca, i SEc). Odrębną gałąź stanowią typy cyrkulacji o pośrednich wartościach temperatury, w obrębie tej gałęzi wyróżniamy typy o niższych temperaturach (X, NEc, NEa i Ka) oraz typy ze średnimi temperaturami oscylującymi w pobliżu -2°C (Cc, Bc, SWc, Na, SWa).

Powyższy układ typów cyrkulacji względem stron świata jednoznacznie wydzielił cztery termiczne sektory adwekcyjne (ryc. 3B). Udział poszczególnych sektorów adwekcyjnych zmienia się z roku na rok (tab. 4). W latach ciepłych (1989) wzrasta udział mas powietrza napływających z sektora ciepłego (41,6%) a maleje udział sektora mroźnego (9,0%). W latach mroźnych (1986) rośnie udział adwekcji z południa i ze wschodu (sektor mroźny stanowił 17,3%).

Tab. 4. Częstość (w %) termicznych sektorów adwekcyjnych na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Table 4. Frequency (%) of thermic advection sectors at the Arctowski Station in the years 1986-1989

Sektor adwekcyjny Advection sector	1986	1987	1988	1989	1986-1989
NW (ciepły) - NW (warm)	39,6	37,5	31,7	41,6	37,6
NE (przejściowy) - NE (intermediate)	13,4	15,9	22,1	16,7	17,1
SE (mroźny) - SE (frosty)	17,3	13,4	12,6	9,0	13,0
SW (przejściowy) - SW (intermediate)	29,7	33,2	33,6	32,6	32,3

Sektor północno-zachodni (ciepły) - obejmuje pięć typów cyrkulacji, z adwekcją ciepłych i wilgotnych mas powietrza morskiego z północy (typ Nc), północnego-zachodu (NWc, NWa) i zachodu (Wc i Wa). Obszarem źródłowym dla mas powietrza napływających z sektora ciepłego jest niezamrażająca północna część Morza Bellingshausena oraz Cieśnina Drake'a. W latach 1986-1989 typy cyrkulacji z sektora ciepłego stanowiły 37,6% wszystkich analizowanych sytuacji synoptycznych (137 dni w roku). Największy udział mas powietrza napływających z sektora ciepłego miał miejsce w najcieplejszym 1989 r. (41,6%), najmniejszy zaś w 1988 roku (31,7%). Średnia temperatura mas powietrza napływających w rejon Stacji H. Arctowskiego z sektora ciepłego jest dodatnia, i wynosi $0,3^{\circ}\text{C}$. Przeciętne maksima dobowe temperatury powietrza wynoszą $2,8^{\circ}\text{C}$, a minima $-2,4^{\circ}\text{C}$. Przy adwekcji mas powietrza z tego sektora występuje aż 36,4% dni ciepłych, 50,5% dni przymrozkowych i zaledwie 13,1% dni mroźnych (tab. 5.)

Tab. 5. Średnie temperatury powietrza (°C) oraz częstość (%) dni charakterystycznych dla sektorów adwekcyjnych na Stacji H. Arctowskiego w latach 1986-1989

Table 5. Mean values of air temperature and frequency (%) of thermally characteristic days for advection sectors at the Arctowski Station in the years 1986-1989

Sektory adwekcyjny Advection sector	Częstość Frequency %	Temperatura powietrza Air temperature			Dnie charakterystyczne Thermally characteristic days		
		tśr mean	tmax	tmin	cieple warm	przymrozkowe with light frost	mroźne cold
NW	37,6	0,3	2,8	-2,4	36,4	50,5	13,1
NE	15,3	-3,6	-1,0	-6,2	10,6	39,6	49,8
SE	13,0	-5,7	-3,0	-8,3	7,1	30,5	62,4
SW	34,2	-2,3	0,5	-4,9	19,4	46,0	34,6

Sektor północno-wschodni (przejściowy) - obejmuje 5 typów cyrkulacji, z adwekcją mas powietrza z północnego-wschodu (NEc, NEa), z północy (Na) oraz klin wysokiego ciśnienia (Ka) i sytuację o nieokreślonym kierunku adwekcji (X). Masy powietrza z tego sektora, po uwzględnieniu działania siły Coriolisa i krzywizny izobar, pochodzą z Morza Scotia i północną część M. Weddella. Obszar ten charakteryzuje się znacznym zlodzeniem morza i zaleganiem przetransformowanych mas powietrza antarktycznego morskiego (PAm). W latach 1986-1989 adwekcja z sektora północno-wschodniego stanowiła 17,1% wszystkich sytuacji synoptycznych. W poszczególnych latach jej udział zmieniał się od 13,3% w 1986 r. do 22,1% w 1988 r. Średnia temperatura mas powietrza napływających do Stacji H. Arctowskiego z sektora północno-wschodniego wyniosła w latach 1986-1989 -3,6°C. Maksymalne dobowe temperatury powietrza są przeciętnie ujemne (-1,0°C) a minima -6,2°C. W związku z czym rzadko występują dni ciepłe (10,6%) a najczęściej spotyka się dni mroźne (49,8%)

Sektor południowo-wschodni (mroźny) - obejmuje 7 typów cyrkulacji, w ramach których do Stacji H. Arctowskiego napływają najchłodniejsze masy powietrza ze wschodu (Ea, Ec), południowego-wschodu (SEc, SEa) i południa (Sc, Sa). Podobne, pod względem termicznym są także masy powietrza związane z centralną sytuacją antycyklonalną (Ca). Źródłowym dla tych mas powietrza jest południowa silnie zlodzona część Morza Weddella oraz Półwysep Antarktyczny a nawet kontynent Antarktydy. Częstość typów cyrkulacji w ramach sektora mroźnego wyniosła w latach 1986-1989 zaledwie 13,0%, jednak rola tego sektora w kształtowaniu warunków termicznych jest znacząca. Średnia temperatura mas powietrza pochodzących z Morza Weddella wynosi -5,7°C. Przeciętne maksima

dobowe temperatury powietrza wynoszą $-3,0^{\circ}\text{C}$ a minima $-8,3^{\circ}\text{C}$. Przeciętnie w 92,9% dni występuje mróz (62,4% stanowią dni mroźne i 30,5% dni przymrozkowe).

Sektor południowo-zachodni (przejściowy) - obejmuje 4 typy cyrkulacji, przynoszące masy powietrza z południowego-zachodu (SWa, SWc) oraz typy cyklonalne: centralną sytuację cyklonalną (Cc) i bruzdę cyklonalną (Bc). Przy tych typach tworzą się korzystne warunki do adwekcji mas powietrza z południa i południowego-zachodu znad sezonowo zamarzającego Morza Bellingshausena. Adwekcja z sektora południowego-zachodu występuje przeciętnie w ciągu 118 dni w roku (32,3%). Sektor ten charakteryzuje się stosunkowo wysokimi temperaturami powietrza, średnia temperatura w latach 1986-1989 wyniosła $-2,3^{\circ}\text{C}$. Maksima dobowe są przeciętnie dodatnie ($0,5^{\circ}\text{C}$), a minima średnio wynoszą $-4,9^{\circ}\text{C}$. W związku z czym najczęściej występują dni przymrozkowe (46,0%), chociaż dość często mogą się pojawić dni mroźne i ciepłe.

Podsumowanie

Specyfika środowiska przyrodniczego rejonu Szetlandów Pd. powoduje że masy powietrza napływające do Stacji H. Arctowskiego są kształtowane nad różnorodnym podłożem. Wyraźnie zaznaczają się cztery sektory adwekcyjne: ciepły, mroźny i dwa przejściowe. W wyniku częstych zmian sytuacji synoptycznej i kierunku adwekcji mas powietrza na stacji H. Arctowskiego występuje:

- duża zmienność średnich rocznych temperatur powietrza z roku na rok (Marsz, Rakusa-Suszczewski 1987),
- duża nieregularność w przebiegach rocznych temperatury powietrza (Kejna 1991 i 1992),
- zjawisko zim bez mroźnego jądra (kernlose effect) wynikające z częstych odwilży w środku zimy (Marsz, Rakusa-Suszczewski 1987, Kejna 1992).
- niska amplituda roczna temperatury powietrza, wysokie wskaźniki oceanizmu (Styszyńska 1996 i 1995) i niskie kontynentalizmu (Styszyńska 1988),
- znaczny zakres występujących temperatur, sięgający w latach 1978-1989 aż $49,0^{\circ}\text{C}$ od $+16,7^{\circ}\text{C}$ do $-32,3^{\circ}\text{C}$, (Marsz, Rakusa-Suszczewski 1987, Martianov, Rakusa-Suszczewski 1990),
- występowanie dodatnich i ujemnych temperatur powietrza o każdej porze roku (Zubek 1980, Nowosielski 1980),
- duża różnorodność występujących pogód (Marsz 1992)
- dominacja dni przymrozkowych z przejściem temperatury powietrza przez 0°C (Kejna 1991 i 1992),

- brak ustabilizowanych termicznych pór roku, duża zmienność rozpoczęcia i czasu ich trwania (Marsz 1992, Kejna 1991 i 1992),
- niski procent dni właściwych dla danej pory roku (Kejna 1991 i 1992),
- polimodalny układ występowania temperatur powietrza (Kejna 1995a),
- znaczna zmienność temperatury powietrza z dnia na dzień (Kejna 1995a)
- wysokie amplitudy dobowe temperatury powietrza, wyższe okresie zimowym niż letnim, świadczy to o przewadze wpływów adwekcyjnych nad insolacyjnymi (Kejna 1995a),
- duża częstość występowania maksimów i minimów dobowych temperatury powietrza na przełomie doby (Kejna, w druku),
- brak wyraźnie zaznaczonej doby termicznej, a występowanie dłuższych okresów termicznych związanych z adwekcją mas powietrza (Arctowski 1927, Skrzypczak 1983, Kejna, w druku),
- gwałtowne zmiany temperatury powietrza sięgające kilkunastu stopni w ciągu kilku godzin (Kowalski, Wielbińska 1989, Kejna 1994 i 1995).

Reżim cyrkulacyjny w regionie Szetlandów Pd. wpływa także na inne elementy pogodowe (Kejna 1994 i 1995b) oraz oddziałuje na funkcjonowanie geosystemów morskiej Antarktyki (Rakusa-Suszczewski 1992).

Literatura

- Arctowski H.**, 1927, O tak zwanych falach barometrycznych w rejonie Antarktydy, Kom. Inst. Geofiz. UJK nr 25.
- Astapenko P.D.**, 1960, Atmosfernye processy v vysokich širotach jużnogo polušarija - Izdat. AN SSSR, Moskva.
- Atlas Antarktidy, t. 1, 1966, Glav. Uprav. Geodezji i Kart. MG, Moskva-Leningrad.
- Burdecki F.**, 1957, Climate of the Graham Land Region; [in:] Meteorology of the Antarctic, Weather Bureau Department of transport, Pretoria, South Africa.
- Chojnicki Z., Czyż S.**, 1973, Metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej, PWN, Warszawa.
- Cygan B.**, 1981, Characteristics of meteorological conditions of the Arctowski Station during the summer season of 1979-1980, Pol. Polar Res. z. 2-3.
- Kaufeld I.**, 1988, Variability of the atmospheric circulation over the Drake Passage, Scotia Sea and Weddell Sea, w: Antarctic Ocean and Resources Variability, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

- Kejna M.**, 1991, Termiczne pory roku na Stacji H. Arctowskiego (Szetlandy Pd) w latach 1978-1989, XVIII Sympozjum Polarne, Abstrakty, Szczecin-Świnoujście.
- Kejna M.**, 1992, Próba wydzielenia termicznych pór roku na Stacji H. Arctowskiego (Szetlandy Pd.) w latach 1978-1989, Problemy Klimatologii Polarnej, 2, Gdynia.
- Kejna M.**, 1993, Types of atmospheric circulation in the region of H. Arctowski Station (South Shetland Islands) in the years 1986-1989, XX Polar Symposium, Lublin.
- Kejna M.**, 1994, Influence of synoptic situations of the cloudiness and sunshine duration in Arctowski Station (South Shetland Islands) in the years 1986-1989, XXI Polar Symposium, Warszawa.
- Kejna M.**, 1995a, 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, rozprawa doktorska, UMK, Toruń.
- Kejna M.**, 1995b, Warunki pogodowe na Stacji H. Arctowskiego (Szetlandy Pd. Antarktyka) na tle cyrkulacji atmosferycznej w latach 1986-1989, XXII Sympozjum Polarne, Zamek Książ.
- Kejna M.**, w druku, Przebiegi dobowe temperatury powietrza na Stacji H. Arctowskiego (Szetlandy Pd. Antarktyka) w latach 1995-1989, Problemy Klimatologii Polarnej, 3, Toruń.
- Kowalewski J., Wielbińska D.**, 1983, Characteristics of variation of meteorological elements in Ezcurra Inlet in the time of 20 December 1977 to 16 March 1978, Oceanologia 15.
- Kowalski D., Wielbińska D.**, 1989, Synoptic features of the sever winter 1986 at Arctowski Station, King George Island, West Antarctica, Pol. Polar Res., v. 10, No 1.
- Kratke J., Wielbińska D.**, 1981, Co-occurrence of particular meteorological elements in the region Arctowski Stations in 1978, Pol. Polar Res. v. 2-3.
- Marsz A.**, 1992, Struktura pogód i roczna sezonowość klimatu Stacji Arctowskiego, Problemy Klimatologii Polarnej, No 2., Gdynia.
- Marsz A., Rakusa-Suszczewski S.**, 1987, Charakterystyka ekologiczna rejonu Zatoki Admiralicji (King George Island, South Shetland Islands) . 1. Klimat i obszary wolne od lodu, Kosmos, 36, 1.
- Martianov V., Rakusa-Suszczewski S.**, 1990, Ten years of climate observations at the Arctowski and Bellingshausen station (King George Is., South Shetlands, Antarctica), w: Global Change Regional Research Centres: Scientific Problems and Concept Developments, Warszawa.

- Niedzwiedź T.**, 1981, Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły, UJ, Rozpr. habil., nr 58.
- Nowosielski L.**, 1980, Meteorological conditions at Arctowski Station in 1978 (King George Islands, South Shetland Islands), Pol. Polar Res. 1.
- Rakusa-Suszczewski S.**, 1977, Stacja Antarktyczna im. Henryka Arctowskiego Polskiej Akademii Nauk, Nauka Polska 11-12.
- Rakusa-Suszczewski S.**, 1992, Wpływ zmian globalnych klimatu na geosystem morskiej Antarktyki (model koncepcyjny), Problemy Klimatologii Polarnej, No 2, Gdynia.
- Rocznik Meteorologiczny „Arctowski” z lat 1978-1989, Oddział Morski IMGW, Gdynia.
- Schwerdtfeger W.**, 1984, Weather and Climate of the Antarctic, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Skrzypczak E.**, 1983, Analiza widmowa parametrów meteorologicznych na stacji imienia Henryka Arctowskiego, Przegl. Geof. T. XXVIII, z. 1.
- Sturman A.P.**, 1979, Aspects of the synoptic climatology of southern South America and the Antarctic Peninsula, Weather, vol. 34, No 6.
- Styszyńska A.**, 1988, Kształtowanie się wskaźnika kontynentalizmu termicznego według Gorczyńskiego na obszarze mórz wokółantarktycznych, Zeszyty Naukowe, nr 17, WSM, Gdynia.
- Styszyńska A.**, 1990, The effect of wind direction and orography on air temperature at the „Arctowski” Station, Pol. Polar Res., v. 11, No 1-2.
- Styszyńska A.**, 1995, Kształtowanie się wskaźnika oceanizmu w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella, XXII Sympozjum Polarne, Zamek Książ.
- Styszyńska**, 1996, Zmiany cyrkulacji atmosferycznej w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella w świetle kształtowania się przestrzennych zmian wskaźnika oceanizmu, Problemy Klimatologii Polarnej, 6, Gdynia.
- Taljaard J.J.**, 1972, Synoptic meteorology of the southern hemisphere, [w:] Meteorology of the southern hemisphere, Meteorological monographs, v. 13, nr 35, Boston.
- Wielbińska D., Skrzypczak E.**, 1988, Mean air temperatures of definite wind directions at Arctowski Station (King George Island), West Antarctica, Pol. Polar Res., z. 1.
- Zubek K.**, 1980, Climatic conditions at the H. Arctowski Station (King George Island, South Shetland Islands) in 1977, Pol. Arch. Hydrobiol. 27, s. 235-244.

INFLUENCE OF SYNOPTIC SITUATIONS ON THE AIR TEMPERATURE AT ARCTOWSKI STATION (KING GEORGE ISLAND, ANTARKTYKA) IN THE YEARS 1986-1989

Summary

The Polish Antarctic Station H. Arctowski is situated on the King George Island of the South Shetland Archipelago ($\varphi = 62^{\circ}10'S$, $\lambda = 58^{\circ}28'W$, 2 m a.s.l.). In the region of the South Shetland Islands the ground is strongly differentiated. The pack ice of Weddell Sea lie to the east and south of the Arctowski Station and the open water of the Southern Ocean to the North and West (Fig. 1). The specifics of atmospheric circulation in the subantarctic zone, in particular the great activity of cyclonic centres with atmospheric fronts are favourable for the development of air temperature.

Following Niedźwiedź (1981) 21 types of synoptic situations were defined which take into account the kind of baric centre and the direction of air masses advection. In the region of the South Shetlands cyclonic circulation dominates. In the years 1986-1989 the percentage of days of the cyclonic types was 69.8% and that of the anticyclonic 27.4% (Table 1, Fig. 2). The types of advection from the western sector are characterized by especially high frequency of occurrence: SWc 17.8%, Wc 13.7%, NWc 13.2% and SWa 4.8%. The least frequent is the advection from East and South.

In this work the mean air temperature and frequency of thermal days were calculated for each of the 21 circulations types (Table 1).

The mean air temperature at the Arctowski Station over the years 1986-1989 was $-1.9^{\circ}C$ (Table 2). On the average 85 warm days ($t_{min} \geq 0^{\circ}C$), 165 days with light frost ($t_{max} \geq 0^{\circ}C$, $t_{min} < 0^{\circ}C$) and 114 frosty days ($t_{max} < 0^{\circ}C$) occurred yearly - Table 3.

The air temperature and the number of thermally characteristic days depend on the circulation types. The highest temperatures occur in the case of western advection: NWa ($1.2^{\circ}C$), NWc ($0.7^{\circ}C$), Wc ($0.0^{\circ}C$), Wa ($-0.5^{\circ}C$), the lowest ones in the case of eastern and southern advection: Sc ($-6.1^{\circ}C$), Sa ($-6.0^{\circ}C$), SEa ($-5.9^{\circ}C$) i Ec ($-5.6^{\circ}C$) - Table 1. Four thermal advective sectors have been marked out: north-western (NW) - warm, north-eastern (NE) - intermediate, south-eastern (SE) - cold and south-western (SW) - intermediate (Fig. 3, Table 4 and 5).