

WARUNKI POGODOWE NA STACJI H. ARCTOWSKIEGO (SZETLANDY PD., ANTARKTYKA) W 1996 ROKU

Marek Kejna

Zakład Klimatologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

Kamil Láška

Department of Geography, Faculty of Sciences, Masaryk University,
Brno, Czech Republic

Wstęp

Pomiary i obserwacje meteorologiczne wykonywano w czasie XX Wyprawy Antarktycznej PAN na Stację H. Arctowskiego (King George Island, Antarktyka) w okresie od 17 grudnia 1995 r. do 14 grudnia 1996 r. Celem badań było określenie zmienności warunków pogodowych w przebiegu rocznym i dobowym w warunkach klimatu subantarktycznego. Badania prowadzono w ramach programu Variability of Antarctic Ecosystem będącego częścią międzynarodowego programu CS-EASIS (Coastal and Shelf Ecology of the Antarctic Sea-Ice Zone) koordynowanego przez Zakład Biologii Antarktyki PAN.

Pomiary meteorologiczne na Stacji H. Arctowskiego rozpoczęto w 1977 r. (Zubek, 1980). Rok później stacja została włączona do sieci Światowej Organizacji Meteorologicznej pod numerem 89052 (Nowosielski, 1980). W 1990 roku wprowadzono rejestrację automatyczną podstawowych elementów meteorologicznych, którą jednak z przyczyn technicznych przerwano (Zwoliński, 1992). W latach 1991-1993 pomiary meteorologiczne prowadzono w ograniczonym zakresie (Zwoliński, inf. ustna). Począwszy od grudnia 1994 r. rozpoczęto realizację programu Variability of Antarctic Ecosystem z pełnym zakresem obserwacji (Kruszewski, 1996).

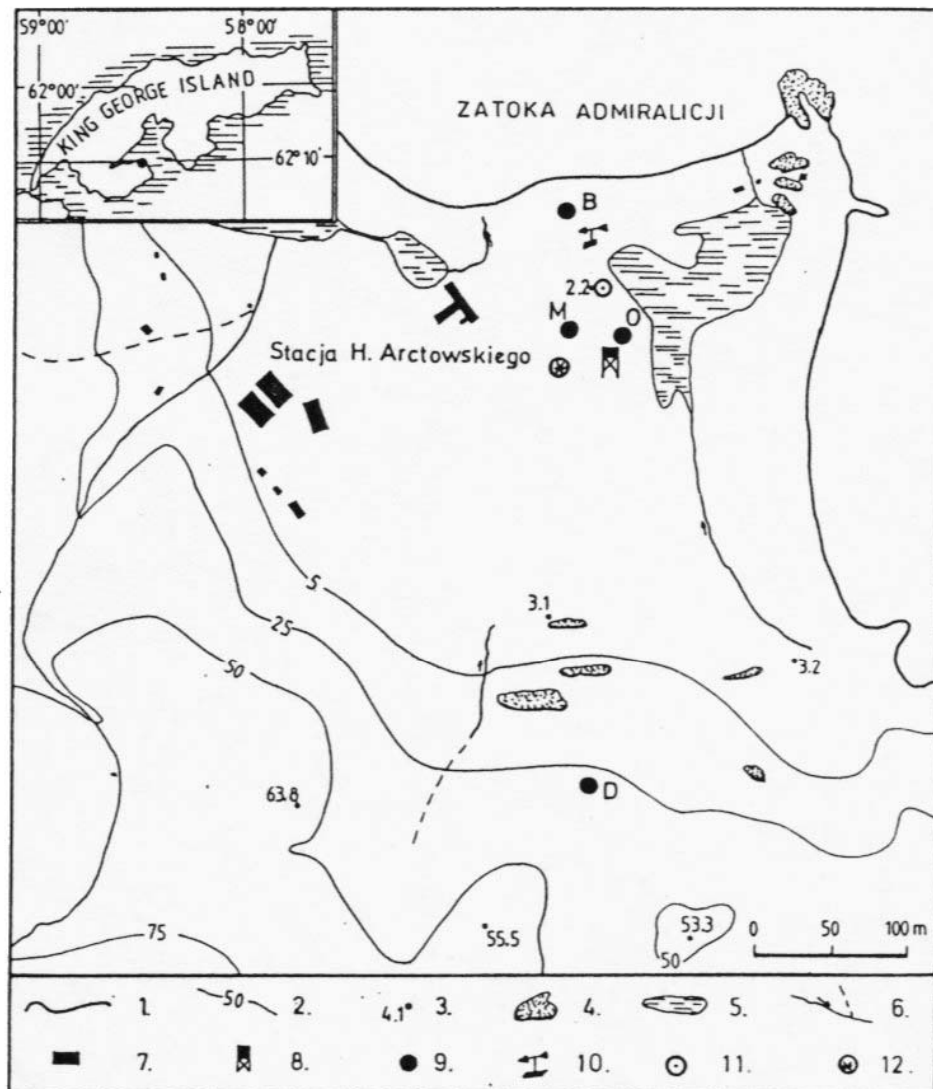
W czasie 20 letniej działalności stacji meteorologicznej Arctowski powstało szereg prac o charakterze sprawozdań z poszczególnych wypraw: Zubek, 1980; Nowosielski, 1980; Cygan 1981; Kowalewski i Wielbińska, 1983; Barański i Grabiec, 1989; Kowalski i Wielbińska, 1989; Zwoliński, 1992; Kruszewski, 1996 i inne oraz szereg opracowań syntetycznych obejmujących dłuższe okresy, np.: Marsz i Rakusa-Suszczewski, 1987; Martianov i Rakusa-Suszczewski, 1989, Styszyńska, 1992; Marsz, 1994; Kejna, 1995a; Rodriguez *i in.*, 1996. Dane meteorologiczne ze Stacji H. Arctowskiego są własnością Zakładu Biologii Antarktyki PAN w Warszawie i zostały opublikowane w Rocznikach Meteorologicznych "Arctowski" przez Pracownię Badań Dalekomorskich i Polarnych Oddziału Morskiego IMGW w Gdyni (lata 1978-1989), natomiast dane z lat 1990-1993 są dostępne w Instytucie Badań Czwartorzędu UAM w Poznaniu w postaci komputerowej bazy danych (Zwoliński, inf. ustna).

Miejsce i metodyka pomiarów

Pomiary i obserwacje meteorologiczne prowadzono na Stacji H. Arctowskiego ($\varphi=62^{\circ}10'S$, $\lambda=58^{\circ}28'W$, $h=2$ m n.p.m.) położonej na zachodnim wybrzeżu Zatoki Admiralicji (ryc. 1), na niezlodowaconym obszarze rejonu Pt. Thomas. Zatoka Admiralicji jest otwarta w kierunku południowym na Cieśninę Bransfielda, z pozostałych stron otaczają ją kopuły lodowcowe: od N - Arctowski Icefield o wysokościach do 650 m n.p.m., od - Warszawa Icefield (476 m n.p.m.) i od E - Kraków Icefield (400 m n.p.m.) - Rakusa-Suszczewski, 1992. Przepływające nad tymi wzniesieniami masy powietrza podlegają zaburzeniom pseudoadiabatycznym (Styszyńska, 1990), a kierunek ich przepływu jest modyfikowany przez lokalny układ rzeźby, mającej charakter fiordów (np. Ezcurra Inlet).

Ogródek meteorologiczny na Stacji H. Arctowskiego został zlokalizowany na płaskiej nizinie nadmorskiej ograniczonej wałami burzowymi. Od S obszar ten jest otoczony wzgórzami o wysokości ok. 70 m n.p.m., natomiast od W na kierunki wiatru wpływają wzniesienia dochodzące do 200 - 300 m n.p.m. Horyzont fizyczny miejsca pomiarów nie jest korzystny (Styszyńska, 1992). W okresie zimowym, gdy Słońce góruje zaledwie $4^{\circ}23'$ nad horyzontem, a długość dnia wynosi 4 godziny 31 minut (21.06), znaczna część drogi Słońca nad horyzontem jest przesłaniana przez Kraków Icefield, Arctowski Icefield oraz wzniesienia Pt. Thomas i Jardine Peak. Innym czynnikiem zaburzającym wyniki pomiarów jest bliskość morza (ok. 30 m) i

duża ilość jeziorzek w pobliżu ogródka meteorologicznego. Przy silnych wiatrach woda porywana z morza i jeziorzek dostaje się do deszczomierza.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r.

1 - linia brzegowa, 2 - poziomice, 3 - punkty wysokościowe, 4 - skały, 5 - jeziorka, 6 - ciek, 7 - budynki, 8 - klatka meteorologiczna, 9 - punkty pomiaru temperatury gruntu: O - ogródek meteorologiczny, B - plaża (wał burzowy), M - mszarnik, D - *Deshampsia antarctica*, 10 - wiatromierz, 11 - heliograf, 12 - pokrywa śnieżna

Fig. 1. Location of measurement stands at the Arctowski Station region in 1996

1 - sea shore, 2 - contours, 3 - altitude points, 4 - rocks, 5 - lakes, 6 - streams, 7 - buildings, 8 - meteorological screen, 9 - stands of ground temperature measurement: O - meteorological garden, B - beach, M - mosses, D - *Deshampsia antarctica*, 10 - anemometer, 11 - heliograph, 12 - stand of snow cover measurement

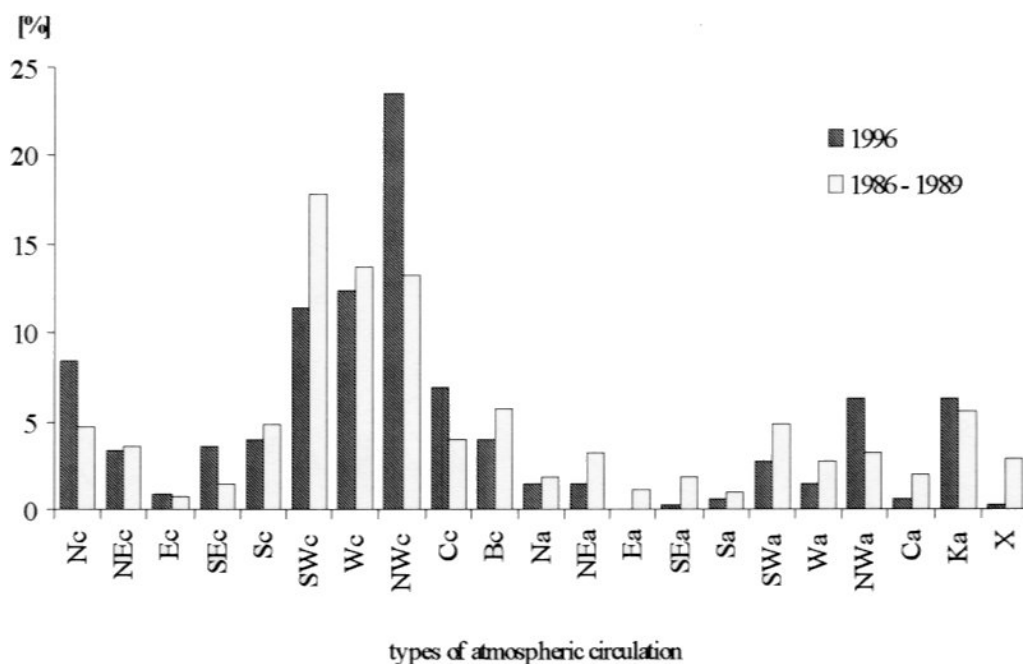
Pomiary i obserwacje meteorologiczne wykonywano w terminach synoptycznych, to jest o 00, 06, 12 i 18 GMT (20, 02, 08 i 14 LMT). Ciągłą rejestracją objęto: temperaturę i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz usłonecznienie. Opady atmosferyczne oraz miąższość pokrywy śnieżnej mierzono raz na dobę o godzinie 08 LMT.

Warunki synoptyczne w 1996 r.

Cyrkulacja atmosferyczna w rejonie Szetlandów Pd. jest sterowana przez całoroczne ośrodki niżowe utrzymujące się u wybrzeży Antarktydy nad morzami Bellingshausena i Weddella oraz niżej przemieszczające się różnymi trajektoriami w ramach tzw. wokółantarktycznej bruzdy barycznej (Schwerdtfeger, 1970). Niżej te poruszają się z zachodu na wschód nad Cieśniną Drake'a i często schodzą na południe przekraczając nawet góry Półwyspu Antarktycznego (Schwerdtfeger, 1984). Oprócz dominującej w tym rejonie cyrkulacji strefowej często tworzą się tzw. sytuacje blokujące gdy następuje rozwój Wyżu Antarktycznego na północ (centrum wyżu zalega wtedy nad M. Weddella) lub też następuje rozbudowanie się wyżów podzwrotnikowych na południe (Kejna, 1993). W rejonie Szetlandów Pd. przebiega północna granica zasięgu stałych pól lodowych otaczających kontynent Antarktydy. W zależności od kierunku adwekcji do Stacji napływają masy oceaniczne (z zachodu i północy) bądź też znacznie chłodniejsze masy powietrza pochodzące znad zlodzonych wód M. Weddella czy nawet Antarktydy. Złożoność cyrkulacji atmosferycznej powoduje dużą zmienność warunków pogodowych (Wielbińska i Skrzypczak, 1992; Kejna, 1995a i b; Styszyńska, 1996).

W 1996 r. wystąpił wybitnie oceaniczny przebieg pogody. W ciągu roku dominowały sytuacje cyklonalne (78.3% dni), zaledwie 21.4% dni warunki pogodowe na Stacji H. Arctowskiego kształtowały ośrodki wyżowe. Według klasyfikacji sytuacji synoptycznych T. Niedźwiedzia (1981) na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r. dominował typ NWc (23.5% dni) - adwekcja cyklonalna z północnego zachodu, oraz typy Wc (12.3%) i SWc (11.4%) - ryc. 2. W sumie typy cyklonalne z sektora zachodniego stanowiły aż 47.2% wszystkich sytuacji. Rzadko napływały mroźne masy powietrza z południa: Sa (0.6%) Sc (3.9%) i ze wschodu Ec (0.9%). Zwiększona częstość typów cyklonalnych (w latach 1986-89 stanowiły one 69.8% - Kejna, 1993) oraz duża częstość sytuacji synoptycznych sprzyjających adwekcji mas powie-

rza z zachodu i północy wpłynęła na charakter warunków pogodowych na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r.



Ryc. 2. Częstość (%) typów cyrkulacji atmosferycznej na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r. i latach 1986-1989

Fig. 2. Frequency (%) of atmospheric circulation types at the Arctowski Station in 1996 and in the periods 1986-1989

Ciśnienie atmosferyczne

Duża częstość ośrodków cyklonalnych spowodowała, że w 1996 r. ciśnienie atmosferyczne było niższe od średnich wieloletnich i wyniosło 989.3 hPa (średnia z lat 1978-1989 wynosi 990.8 hPa). Najwyższe ciśnienie wystąpiło w kwietniu (996.5 hPa), a najniższe w listopadzie (979.6 hPa). Ciśnienie atmosferyczne charakteryzowało się bardzo dużą zmiennością z dnia na dzień. Bardzo duży jest także zakres występujących ciśnień, najwyższą jego wartość zmierzono w dniu 25 czerwca (1029.9 hPa), a najniższą w dniu 24 lutego (953.2 hPa).

Tabela 1 - Table 1

Miesięczne wartości elementów meteorologicznych na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r.
Monthly values of meteorological elements at the Arctowski Station in 1996

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
P	990.8	989.6	985.7	996.5	986.4	992.9	990.4	989.9	995.7	984.9	979.6	988.7	989.3
Vw	6.3	6.5	6.4	5.3	7.3	6.7	9.8	6.9	7.9	8.0	8.3	6.1	7.1
C	8.7	8.1	8.4	7.5	8.5	8.7	8.2	8.1	8.9	7.8	8.4	8.3	8.3
Sd	126.6	122.0	78.2	51.7	6.8	7.9	13.8	26.2	21.5	95.0	95.3	115.3	760.3
Ts	2.4	3.4	2.0	-1.1	-2.3	-4.9	-3.1	-3.4	-1.0	-0.9	0.3	1.7	-0.6
Tma	4.3	5.2	4.1	1.0	0.4	-1.9	0.4	0.9	1.2	1.1	1.8	3.6	1.6
Tmaa	8.9	8.9	8.3	5.9	7.1	4.2	5.9	6.6	6.8	7.3	5.5	7.2	8.9
Tmi	1.0	1.5	0.1	-3.6	-4.6	-7.9	-6.2	-5.9	-3.5	-3.3	-1.4	-0.2	-2.8
Tmia	-1.1	-2.3	-7.5	-8.9	-10.9	-14.7	-15.1	-11.7	-13.1	-8.3	-6.5	-2.9	-15.1
E	6.2	6.4	6.0	4.8	4.5	3.8	4.3	4.1	5.1	4.9	5.3	5.9	5.1
U	84	81	84	83	84	84	83	82	87	83	83	86	84
Def	1.2	1.4	1.1	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
R	48.7	32.6	44.9	22.1	15.3	23.8	62.6	33.9	59.9	41.9	49.3	44.2	479.2
Rs	2.0	2.0	2.0	5.0	8.0	23.0	27.0	68.0	73.0	38.0	9.0	15.0	73.0

P - ciśnienie atmosferyczne - Air pressure [hPa],

Vw - prędkość wiatru - Wind velocity [m/s],

C - zachmurzenie - Cloudiness [0-10],

Sd - usłonecznienie - Sunshine duration [h],

Ts - średnia temperatura powietrza - Mean air temperature [°C],

Tma - maksymalna temperatura powietrza - Maximum air temperature [°C],

Tmaa - absolutna max. temperatura powietrza - Absolute max. air temperature [°C],

Tmi - minimalna temperatura powietrza - Minimum air temperature [°C],

Tmia - absolutna min. temperatura powietrza - Absolute min. air temperature [°C],

E - ciśnienie pary wodnej - Water vapour pressure [hPa],

U - wilgotność względna - Relative humidity [%],

Def - niedosyt ciśnienia pary wodnej - Vapour pressure deficit [hPa],

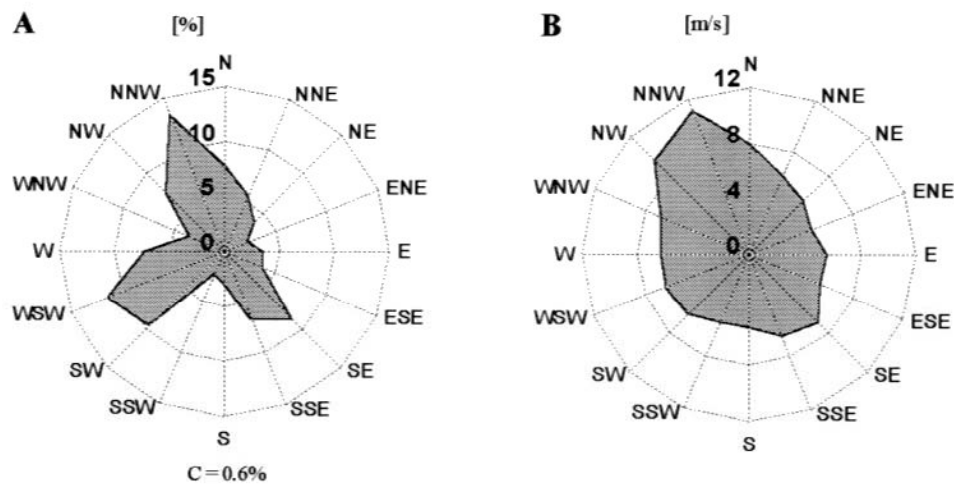
R - opad - Precipitation [mm],

Rs - pokrywa śnieżna - Snow cover [cm], (maksimum - minimum)

Kierunek i prędkość wiatru

Kierunek wiatru na Stacji H. Arctowskiego jest silnie modyfikowany przez lokalną orografię. Wiatry napływające z W, przekraczając Arctowski Icefield, wpadają w wąską "rynnę" Ezcurra Inlet by u wyjścia z fiordu skręcić

na południe nad otwarte wody Zatoki Admiralicji. Wiatry NNW odznaczają się bardzo dużą siłą i porywistością (Kowalski, 1985), ich częstość w 1996 r. wyniosła 13.2%. Dużą frekwencją odznaczały się także wiatry z kierunków WSW i SW (odpowiednio 11.3 i 9.4%) oraz z SE (8.7%). Najrzadziej na Stacji wystąpiły wiatry z kierunków WNW (3.5%) - w tym kierunku leży wzgórze Point Thomas (173 m n.p.m.), w cieniu którego założono Stację oraz wiatry ze wschodu (ENE 2.3% i E 3.5%) co jest uwarunkowane bardzo rzadko spotykaną cyrkulacją mas powietrza z tego kierunku. Cisze w 1996 roku występowały sporadycznie (0.6%).



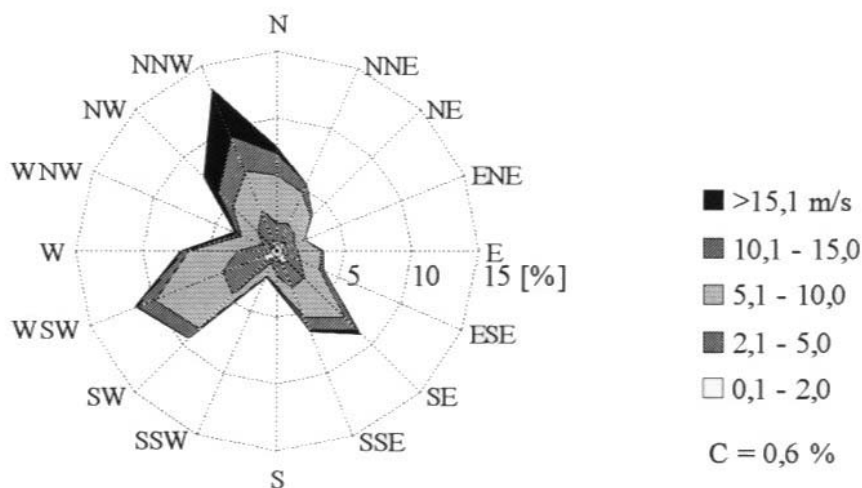
Ryc. 3. Częstość (%) kierunków wiatru oraz średnie prędkości wiatru według kierunków na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r.

Fig. 3. Frequency (%) of wind directions and mean wind velocity according to wind directions at the Arctowski Station in 1996

Znaczne gradienty ciśnienia w rejonie Szetlandów Pd. powodują, że na Stacji H. Arctowskiego występują bardzo silne wiatry. Średnia prędkość wiatru w 1996 r. wyniosła 7.1 m/s i była wyższa o 0.7 m/s od średniej wieloletniej (tab. 1). Najniższe miesięczne wartości prędkości wiatru wystąpiły w kwietniu (5.3 m/s) oraz w okresie letnim (grudzień - 6.1 m/s, luty - 6.5 m/s). Bardzo wietrzne były natomiast miesiące zimowe i wiosenne, np. w lipcu średnia prędkość wiatru wyniosła 9.8 m/s. W dniach 25-30 lipca panował na Stacji H. Arctowskiego huragan, w czasie którego średnie 10 min prędkości wiatru dochodziły do 30.0 m/s a porywy przekraczały 50 m/s.

W przebiegu rocznym prędkości wiatru zaznacza się jego duża zmienność z dnia na dzień (ryc. 3), jest to spowodowane znacznymi zmianami w polu ciśnienia atmosferycznego w rejonie Szetlandów Pd.

Najsilniejsze wiatry są związane z kierunkiem północnym: NNW (11.0 m/s), NW (9.5 m/s) i N (7.9 m/s). Wiatry te mają charakter wiatrów spadowych, silnie zaburzonych orograficznie. Docierają one do stacji w postaci wirów o bardzo niewielkiej średnicy (poniżej 20 m) tworzących się u ujścia Ezcurra Inlet (Kowalski, 1985). Dość silne wiatry występują także przy napływie mroźnych mas powietrza z kierunku SE (7.0 m/s), są to jednak wiatry o bardzo stabilnej prędkości, do 15-25 m/s bez nagłych porywów. Najśłabsze wiatry występują z południa (S i SSW po 5.3 m/s) i ze wschodu (ENE - 4.7 m/s).



Ryc. 4. Częstość (%) wiatrów według klas prędkości na Stacji H. Arctowskiego w 1996 r.

Fig. 4. Frequency (%) of wind velocity according to given classes at the Arctowski Station in 1996

Analiza prędkości wiatru według klas (rys. 4) wykazała że najczęściej na Stacji H. Arctowskiego występują wiatry umiarkowane od 5.1 do 10.0 m/s (40.3%), wiatry silne, powyżej 10 m/s stanowią 21.4%, a wiatry słabe, do 5 m/s - 38.3%. Bardzo silne wiatry powyżej 15 m/s występują najczęściej przy kierunku NNW (29.2%) oraz z NW (17.1%). Wiatry słabe - do 5 m/s - stanowią aż 63.6% przypadków przy kierunkach ENE i S.

Zachmurzenie

Bardzo ożywiona działalność cyklonalna w rejonie Szetlandów Pd. oraz silne wpływy oceaniczne (wysoka wilgotność powietrza) powodują, że stopień zachmurzenia na Stacji H. Arctowskiego jest wysoki. W 1996 r. średnie zachmurzenie wyniosło 8.3 (w skali 0-10) i było wyższe od średniej wieloletniej (w latach 1978-1989 - 7.9). W przebiegu rocznym największe zachmurzenie wystąpiło we wrześniu (8.9) oraz w styczniu i czerwcu (po 8.7), mniejszym zachmurzeniem charakteryzowały się kwiecień (7.5) i październik (7.8). W ciągu roku wystąpiły zaledwie 3 dni pogodne (średnie dobowe zachmurzenie ≤ 2), 137 dni chmurnych ($2 < C \leq 8$) i aż 226 dni pochmurnych ($C > 8$), w tym 49 dni z całkowitym zachmurzeniem (tab. 2).

Usłonecznienie

Potencjalna ilość godzin ze Słońcem jest uzależniona od długości dnia i waha się od 4^h31^m w czerwcu do 19^h 22^m w grudniu. Rzeczywista ilość godzin ze Słońcem jest uzależniona od zachmurzenia i zjawisk ograniczających widzialność np. mgła, zamieć śnieżna itp. oraz od horyzontu fizycznego miejsca pomiarów.

W 1996 r. zarejestrowano zaledwie 760.3 godz. ze Słońcem (tab. 1), jest to wartość o ok. 60 godz. niższa od średniej wieloletniej, która wynosi 823.9 godz. Usłonecznienie względne w 1996 r. osiągnęło zaledwie 19.8%. W przebiegu rocznym (rys. 6) wysokie sumy usłonecznienia wystąpiły latem (styczeń - 126.6, luty - 122.0 i grudzień - 115.3 godz.). Natomiast bardzo niskie usłonecznienie zanotowano zimą: maj - 6.8 i czerwiec - 7.9 godz., wynika to nie tylko z krótkiego dnia i dużego zachmurzenia ale także niekorzystnego horyzontu w miejscu pomiarów. Złe warunki oświetleniowe potwierdza liczba dni bez Słońca, których na Stacji H. Arctowskiego było aż 124 co stanowi 33.9% roku. W maju było aż 24 dni bez Słońca (tab. 2).

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza na Stacji H. Arctowskiego jest silnie uzależniona od rodzaju napływających mas powietrza (Kejna, 1995). Przy cyrkulacji z W i N do stacji napływają ciepłe masy powietrza znad niezlodzonych obszarów M. Bellingshausena i Cieśniny Drake'a. Adwekcja z S lub W przy-

nosi znaczne ochłodzenie związane z masami powietrza antarktycznego znad M. Weddella (PAm) lub nawet znad samej Antarktydy (Pak) - Kowalski i Wielbińska, 1989. Duży wpływ na termikę powietrza wywierają także lokalne procesy adiabatyczne związane z fenizacją mas powietrza przepływających nad okolicznymi kopułami lodowcowymi (Wielbińska, Skrzypczak, 1988; Styszyńska, 1992).

Tabela 2 - Table 2

Liczba dni charakterystycznych na Stacji H. Arctowskiego w 1996 roku

Numbers of characteristic days at the Arctowski Station in 1996

Dni Days	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	
													n	%
$C \leq 2$	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	3	0.8
$2 < C \leq 8$	9	13	12	13	12	8	15	15	6	13	11	10	137	37.4
$8 < C < 10$	22	16	19	16	19	22	16	16	24	17	19	21	226	61.7
$C = 10$	6	1	3	6	6	6	3	5	4	1	5	3	49	13.4
SS	3	1	7	13	24	19	14	14	13	4	6	6	124	33.9
$T_{min} \geq 0^{\circ}C$	22	23	21	4	5	-	1	1	7	5	10	15	114	31.1
$T_{max} \geq 0^{\circ}C$ $T_{min} < 0^{\circ}C$	8	6	7	16	13	11	10	13	13	17	15	14	143	39.1
$T_{max} < 0^{\circ}C$	1	-	3	10	13	22	20	17	10	9	5	2	109	29.8
$T_{min} \leq -10^{\circ}C$	-	-	-	-	5	12	7	7	1	-	-	-	32	8.7
$R = 0.0 \text{ mm}$	6	8	9	9	13	7	9	13	2	11	8	15	110	30.1
$R \geq 0.1 \text{ mm}$	14	15	20	8	16	11	20	14	26	16	17	14	191	52.2
$R \geq 1.0 \text{ mm}$	10	6	6	4	4	9	11	4	15	8	9	8	94	25.7
$R \geq 5.0 \text{ mm}$	4	2	3	2	-	-	3	2	3	2	4	3	28	7.7
$R \geq 10.0 \text{ mm}$	1	1	-	1	-	-	2	1	2	2	1	1	12	3.0

C - dni z zachmurzeniem - Days with cloudiness,

SS - dni bez Słońca - Days without Sun,

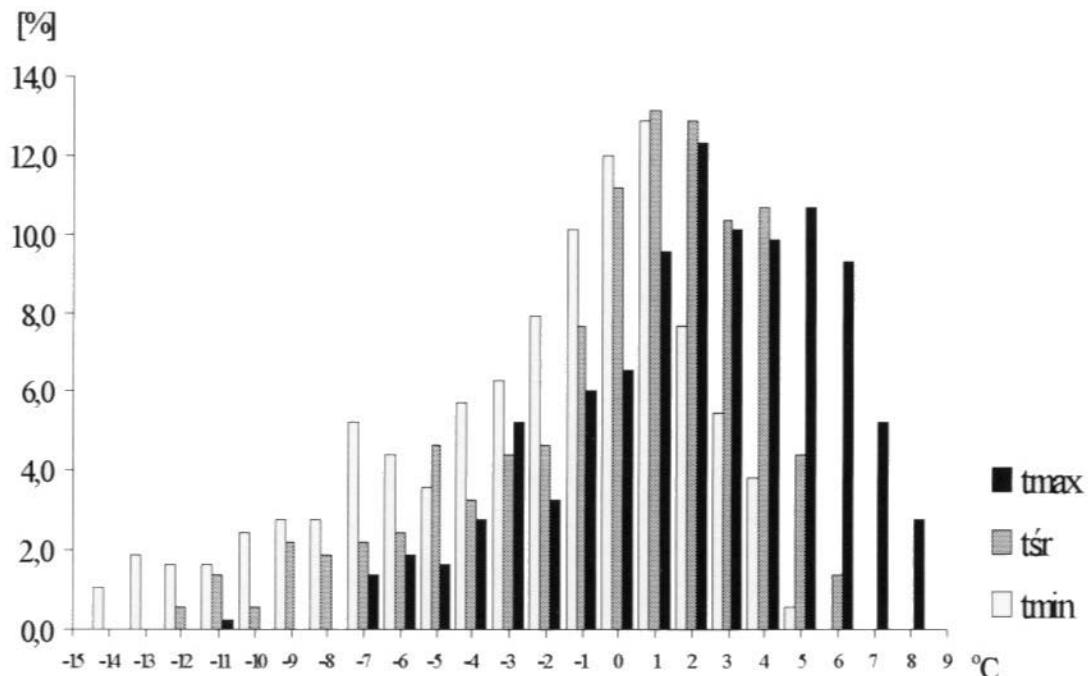
T - dni: ciepłe - warm, przymrozkowe - with light frost, mroźne - frosty, bardzo mroźne - very frosty,

R - dni z opadem - Days with precipitation

W 1996 r. średnia roczna temperatura powietrza wyniosła $-0.6^{\circ}C$ i była o 1 deg wyższa od średniej wieloletniej. Prawie we wszystkich miesiącach wystąpiły dodatnie anomalie temperatury powietrza (w lipcu temperatury powietrza były aż o 3.2 deg wyższe od normy). W przebiegu rocznym

najcieplejszym miesiącem był luty (3.4°C), a najchłodniejszym czerwiec (-4.9°C) - tab. 1. Obliczona z tych wartości amplituda roczna (8.3°C) świadczy o silnej oceanizacji klimatu na stacji H. Arctowskiego (Marsz i Rakusa-Suszczewski, 1987; Styszyńska, 1995). Średnie maksimum dobowe temperatury powietrza było dodatnie i wyniosło 1.6°C . Najwyższe maksima wystąpiły w lutym (średnia z maksimów 5.4°C) a najniższe w czerwcu (-1.9°C). Mimo ciepłego roku absolutne maksimum temperatury nie było wysokie i wyniosło 8.9°C (22 stycznia i 19 lutego). Średnia z minimów dobowych temperatury powietrza wyniosła -2.8°C . Najniższą temperaturę zanotowano 20 lipca (-15.1°C).

Analiza częstości występowania temperatur powietrza w przedziałach 1-stopniowych wykazała, że w 1996 r. wystąpił asymetryczny, lewoskośny, rozkład temperatur (ryc. 5). Średnie dobowe temperatury najczęściej występują w przedziale $0.1\div2.0^{\circ}\text{C}$ (13.1%), a w przedziale $-0.9\div4.0^{\circ}\text{C}$ w sumie występuje aż 58.2% wszystkich temperatur. Maksima dobowe najczęściej występują w zakresie od 1.1 do 5.0°C (42.9%) a minima dobowe od -2.9 do 1.0°C (42.8%).



Ryc. 5. Częstość (%) temperatur powietrza według klas 1°C na stacji H. Arctowskiego w 1996 r.

Fig. 5. Frequency (%) of air temperature according to 1°C intervals at the Arctowski Station in 1996

W przebiegu rocznym występuje bardzo duża zmienność temperatury z dnia na dzień wywołana częstymi zmianami kierunku adwekcji i napływem ciepłych bądź mroźnych mas powietrza. Zmiana średniej dobowej temperatury powietrza z dnia na dzień wyniosła średnio 1.8 deg. Największe zmiany temperatury z dnia na dzień wystąpiły w okresie zimowym, np. w dniach z 15-16 lipca 1996 r. średnia dobowa temperatura powietrza obniżyła się o 8.8 deg, by kilka dni później (20-21 lipca) wzrosnąć o 8.9 deg.

W 1996 r. wystąpiło 114 dni ciepłych ($t_{min} \geq 0^{\circ}\text{C}$), 143 dni z przymrozkiem ($t_{max} \geq 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{min} < 0^{\circ}\text{C}$) oraz 109 dni mroźnych ($t_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) - tab. 2. Liczba dni bardzo mroźnych, ze spadkami temperatur poniżej -10°C była bardzo mała i wyniosła zaledwie 32. Liczba tych charakterystycznych dni nawiązuje do biegu rocznego temperatury powietrza, jednak nawet latem zdarzały się przymrozki do -2.3°C (luty), a zimą wystąpiło kilka dość gwałtownych ociepleń, w czasie których temperatura powietrza przekraczała 5°C (np. w lipcu 5.9°C , i sierpniu 6.6°C). W 1996 r. wystąpiła zima bez tzw. zimnego jądra, zjawisko to występowało już na Stacji H. Arctowskiego we wcześniejszych latach (Marsz, Rakusa-Suszczewski, 1987).

Wilgotność powietrza

Oceaniczne położenie Wyspy Króla Jerzego sprzyja nasyceniu powietrza parą wodną. Prężność pary wodnej nawiązuje do przebiegu temperatury powietrza. Średnie ciśnienie pary wodnej w 1996 r. wyniosło 5.1 hPa i było najwyższe w miesiącach letnich (luty - 6.4 hPa), a najniższe zimą (czerwiec - 3.8 hPa). Wilgotność względna, określająca stopień nasycenia powietrza parą wodną, jest na Stacji H. Arctowskiego bardzo wysoka i w 1996 r. wyniosła 84%. W ciągu roku występują jednak dość duże spadki wilgotności względnej powietrza (do 50%) związane z napływem powietrza z zachodu - jest to widomy efekt procesów fenizacyjnych. Niedosyt wilgotności pary wodnej jest mały i średnio brakowało 1.0 hPa pary wodnej do nasycenia powietrza parą wodną. Latem wartości niedosytu nieznacznie rosły (tab. 1, ryc. 6).

Opady atmosferyczne

Opady atmosferyczne są najbardziej zmiennym z roku na rok elementem meteorologicznym. W 1996 r. suma roczna opadów wyniosła 479.2

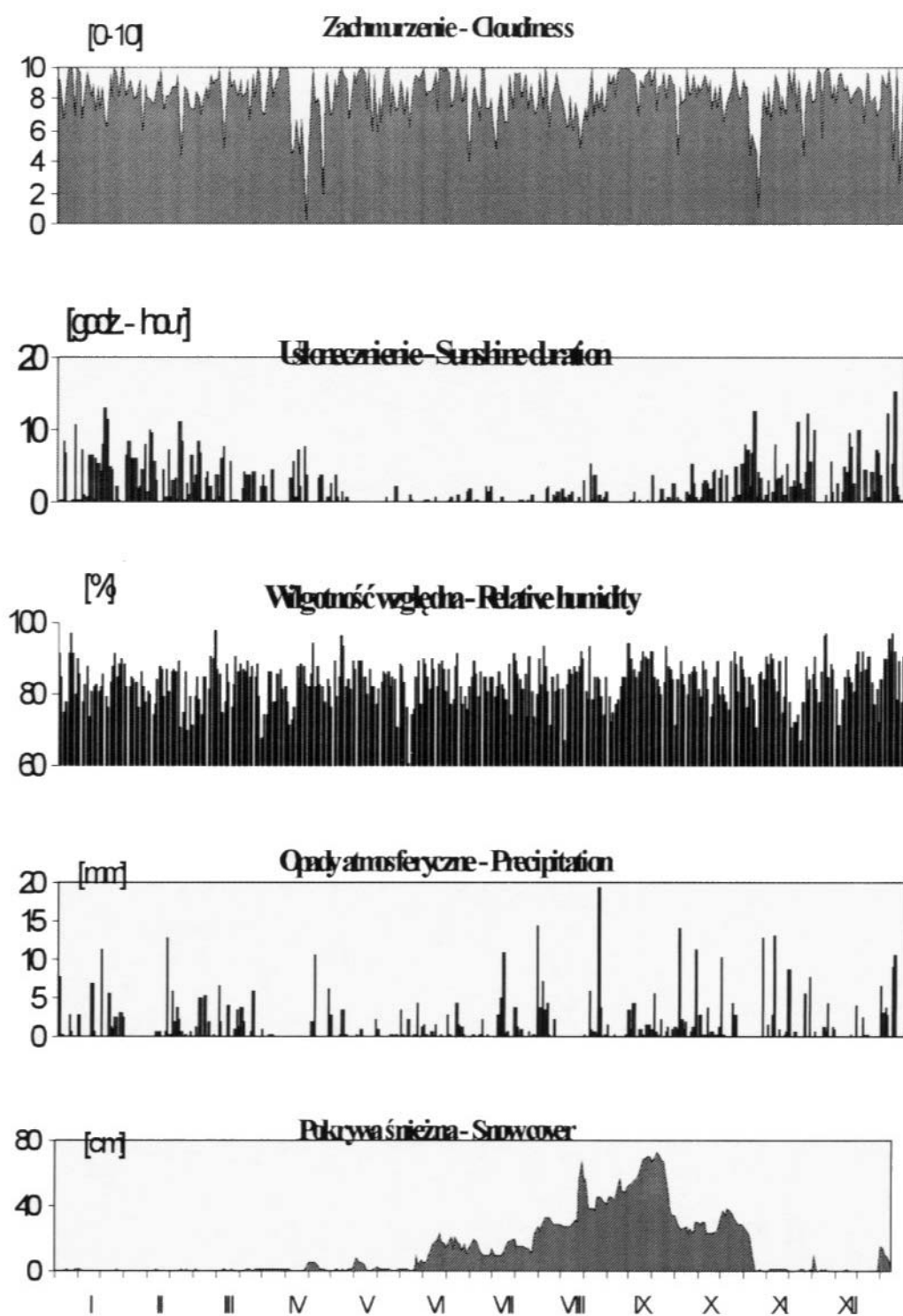
mm i była niższa od średniej wieloletniej, która wynosi 527.9 mm (Marsz, 1994). Najwyższe opady wystąpiły w lipcu (62.6 mm), wrześniu (59.9 mm) i styczniu (56.0 mm). Bardzo małe opady wystąpiły na jesieni, od kwietnia po czerwiec (np. maj 15.5 mm) oraz w lutym. W miesiącach tych miesięczne sumy opadów stanowiły mniej niż 50% normy wieloletniej. Na Stacji H. Arctowskiego opady ciekłe (deszcz, mżawka) lub stałe (śnieg, krupa śnieżna) występują o każdej porze roku.

Cechą charakterystyczną warunków pogodowych na Stacji H. Arctowskiego jest duża liczba dni z opadem. W 1996 roku opad śladowy ($R = 0,0$ mm) lub opad mierzalny ($R \geq 0.1$ mm) wystąpił w 301 dniach (82.3%) - tab. 2. Mimo dużej liczby dni z opadem nie są to opady wydajne. W ciągu zaledwie 12 dni w roku suma opadu dobowego była wyższa od 10 mm. Najwyższy opad wystąpił 19 sierpnia i wyniósł 19.4 mm. Charakterystyczne jest to, że wysokie opady występują przy silnych północno-zachodnich wiatrach, które wnoszą z Zatoki Admiralicji na ląd duże ilości wody. Dlatego też w opadach atmosferycznych mierzonych w takich warunkach tylko część wody jest opadem atmosferycznym, a znaczny procent opadu pochodzi bezpośrednio z morza.

Pokrywa śnieżna

Opady śniegu na Stacji H. Arctowskiego mogą wystąpić we wszystkich miesiącach. Dodatkowo temperatury powietrza oraz osłonecznienie w okresie letnim powodują szybkie topnienie śniegu. W 1996 r. dopiero pod koniec marca, gdy nastąpiło pierwsze ochłodzenie, utworzyła się cienka, kilkucentymetrowa, warstwa śniegu. Miększa i stała pokrywa śnieżna powstała w czerwcu i utrzymywała się do końca października (ryc. 6).

Warunki pomiaru pokrywy śnieżnej na Stacji H. Arctowskiego, położonej na płaskiej równinie nadbrzeżnej otoczonej wałem burzowym, nie są korzystne. W okresie zimowym przy odwilżach nizina ta jest zalewana przez wody roztopowe. W czasie odwilży zatopieniu i stopnieniu podlega, zgromadzona do tej pory, pokrywa śnieżna. Po zamarznięciu wody w zastoisku tworzy się nowa pokrywa śnieżna. W 1996 r. mszarnik został dwukrotnie zatopiony, w efekcie mierzono miąższość pokrywy śnieżnej łącznie z grubością warstwy lodu jaki utworzył się po odwilżach na terenie ogródka meteorologicznego.



Ryc. 6. Przebieg roczny elementów meteorologicznych na Stacji H. Arctowskiego w 1996

Fig. 6. Annual course of meteorological elements at the Arctowski Station in 1996

Największa miąższość pokrywy śnieżnej w 1996 r. wyniosła 73 cm (wrzesień). Pokrywa śnieżna stopiła się bardzo szybko pod koniec października w wyniku dwóch znacznych ociepleń, przy których temperatura powietrza dochodziła do 7.3°C. Ważnym czynnikiem wpływającym na pokrywę śnieżną jest wiatr który gromadzi śnieg po zawietrznej stronie wzniesień oraz usypuje wysokie zasy na przeszkodach terenowych i budynkach. W miejscach predysponowanych, w nieckach niwalnych, tworzą się śnieżniki w których śnieg często leży do końca lata.

Wnioski końcowe

W 1996 roku na Stacji H. Arctowskiego warunki pogodowe kształtowała bardziej ożywiona niż zwykle działalność cyklonalna (78.3% wszystkich dni). Często napływały ciepłe i wilgotne masy powietrza z zachodu. W stosunku do średnich wieloletnich (1978-1989) w 1996 roku ciśnienie atmosferyczne było niższe i wyniosło 989.3 hPa. Zanotowano również większą średnią prędkość wiatru (7.1 m/s). Warunki insolacyjne były bardzo niekorzystne, zachmurzenie było wysokie (8.3 w skali 0-10), wystąpiły zaledwie 3 dni pogodne ($C < 2/10$). Liczba godzin ze Słońcem wyniosła zaledwie 756.8 (19.7% usłonecznienia potencjalnego) i była o 70 godzin niższa od średnich sum usłonecznienia w wieloleciu. Średnia roczna temperatura powietrza wyniosła -0.6°C i była o około 1deg wyższa od normy. We wszystkich miesiącach wystąpiły dodatnie anomalie termiczne (w lipcu nawet o 3.2 deg), a zima należała do wyjątkowo łagodnych (kernlose efekt). Opady atmosferyczne (479.2 mm) były niższe od średniej sumy wieloletniej. Stała pokrywa śnieżna utrzymywała się od początku czerwca do końca października i osiągnęła maksymalną miąższość 73 cm we wrześniu.

Ze względu na oceaniczny charakter warunków pogodowych, łagodną zimę, w 1996 r. nie zamrzły wody Zatoki Admiralicji i mórz otaczających Wyspę Króla Jerzego.

Podziękowania

Jarosławowi Rudce - meteorologowi XXI Wyprawy Antarktycznej PAN autorzy składają serdeczne podziękowania za udostępnienie danych meteorologicznych ze Stacji H. Arctowskiego z okresu 14 -31 grudnia 1996 r.

Element - Elements	1996	1978-89
Ciśnienie atmosferyczne - Air pressure [hPa]	989.3	990.8
Prędkość wiatru - Wind velocity [m/s]	7.1	6.4
Zachmurzenie - Cloudiness [0-10]	8.3	7.9
Usłonecznienie - Sunshine duration [h]	756.8	823.9
Temperatura powietrza - Air temperature [°C]		
średnia - mean	-0.6	-1.6
maksymalna - Maximal	8.9	16.7
minimalna - Minimal	-15.1	-32.3
Opad atmosferyczny - Precipitation [mm]	479.2	527.9

Literatura

ARCTA Workshop (Antarctic Research in Coastal and Terrestrial Areas), Konstancin, 6th to 8th June 1995.

Barański A., Grabiec J., 1989, Meteorological Data from Polish Antarctic Station "H. Arctowski" for 1988, Pol. Polar Res., v. 10, No 2.

Cygan B., 1981, Characteristics of meteorological conditions of the Arctowski Station during the summer season of 1979-1980, Pol. Polar Res. z. 2-3.

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., 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.

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., 1985, Wind structure at the Arctowski Station, Pol. Polar Res., v. 6, No 3.

Kowalski D., Wielbińska D., 1989, Synoptic features of the severe winter 1986 at Arctowski Station, King George Island, West Antarctica, Pol. Polar Res., v. 10, No 1.

Kruszewski G., 1996, Warunki pogodowe na Stacji Arctowskiego w 1995 roku. Wstępny zarys analizy. Problemy Klimatologii Polarnej 6, Gdynia.

Marsz A., 1994, Opady na Stacji Arctowskiego, Problemy Klimatologii Polarnej, 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.
- Niedźwiedź 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.
- Roczniki meteorologiczne "Arctowski", 1978-1989**, Pracownia Badań Dalekomorskich i Polarnych, Oddziału Morskiego IMGW, Gdynia
- Rodriguez 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, Gdynia.
- Schwerdtfeger W., 1970**, Climate of the Antarctica, in: Climates of the Polar Regions, wyd. S. Orwig, World Survey of Climatology, vol. 14: Elsevier Pub. Company, Amsterdam-London-New York.
- Schwerdtfeger W., 1984**, Weather and Climate of the Antarctic, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- 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., 1992**, Uśłonecznienie na stacji Arctowskiego (King George Islands, South Shetland Islands), Problemy Klimatologii Polarnej, 2, Gdynia.
- 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.
- 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.
- Zwoliński Z., 1992**, Pierwsza automatyczna rejestracja wybranych elementów meteorologicznych na Stacji Arctowskiego zimą 1990 r., Problemy Klimatologii Polarnej, No 2.

WEATHER CONDITIONS AT THE H. ARCTOWSKI STATION (SOUTH SHETLAND ISLANDS, ANTARCTICA) IN 1996

S U M M A R Y

Measurements and meteorological observations were made at the H. Arctowski Station (Arctowskiego situated on King George Island on Antarctica (Fig. 1). These researches were carried out in 1996 during the XX Antarctic Expedition of the Polish Academy of Sciences in the frame of the Variability of Antarctic Ecosystem program.

In 1996 at the H. Arctowski Station the meteorological conditions were formed by cyclonic circulation (78.3% of the days) with frequent advection of warm and humid air masses from the West (Fig. 2). The weather conditions at the Arctowski Station are influenced also by local orographic conditions and by wind pattern connected with them. In 1996 winds from the Ezcurra Inlet (NNW - 13.2%), from WSW (11.3%) from Warszawa Icefield and from SE (8.7%) from the open water of Admiralty Bay were most frequent (Fig. 3). Winds from the directions NNW (11.0 m/s) and from SE (7.0 m/s) are the strongest (Fig. 4 and 5).

The mean monthly values of meteorological elements are given in Table 1 and their annual course is shown on Fig. 6. In comparison to the long term average (1978-1989) the air pressure in 1996 was smaller, 989,3 hPa. Higher wind velocities have been observed (7.1 m/s). The insolation conditions were very bad, the cloudiness was very high (8.3 in the scale 0-10) and there were only 3 clear days ($C < 2/10$) - Table 2. The number of hours with sunshine reached only 756.8 (19.7% of the possible sunshine duration) and it was 70 hours less than the average long term sum of sunshine duration. The annual mean air temperature was -0.6 C which is about 1 C higher of the normal one. In every month positive thermal anomalies occurred (in July even 3.2 C) and the winter belonged to the especially mild ones (kernlose effect). Atmospheric precipitation (479.2 mm) was lower of the average long term sum. The permanent snow cover maintained from the beginning of June until the end of October and its maximal thickness was 73 cm in September.