

PORÓWNANIE WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA ZACHODNIM WYBRZEŻU SPITSBERGENU W SEZONIE LETNIM 2005 R.

DIVERSIFICATION OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE WESTERN COAST OF SPITSBERGEN DURING THE SUMMER SEASON OF 2005

Rajmund Przybylak,¹ Andrzej Arażny,¹ Andrzej Gluza,² Marcin Hojan,³
Krzysztof Migala,⁴ Sebastian Sikora,⁴ Krzysztof Siwek,² Zbigniew Zwoliński³

¹ Zakład Klimatologii, Instytut Geografii UMK
ul. Gagarina 9, 81–100 Toruń
rp11@geouni.torun.pl, andy@geo.uni.torun.pl

² Zakład Meteorologii i Klimatologii, Instytut Nauk o Ziemi UMCS
al. Kraśnicka 2cd, 20–718 Lublin
agluza@biotop.umcs.lublin.pl, klimatks@biotop.umcs.lublin.pl

³ Zakład Geoekologii, Instytut Paleogeografii i Geoekologii UAM
ul. Dziegielowa 27, 61–680 Poznań
homar@amu.edu.pl, zbw@amu.edu.pl

⁴ Zakład Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Wrocławski
ul. A. Kosiby 8, 51–621 Wrocław
migalak@meteo.uni.wroc.pl, sikoraseb@meteo.uni.wroc.pl

Zarys treści. W artykule przedstawiono porównanie warunków meteorologicznych w sezonie letnim 2005 r. na podstawie danych zebranych w trakcie trwania polskich wypraw polarnych do Hornsundu, Calypsobyen, doliny Ebby i Kaffiöry. Dodatkowo, aby szczegółowiej poznać ich zróżnicowanie na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu skorzystano z dostępnych danych dla 2 norweskich stacji: Ny Ålesund i Svalbard Lufthavn. Ze względu na różny czas pracy polskich ekspedycji polarnych do porównania warunków meteorologicznych wybrano wspólny okres 21.07–31.08. Stwierdzono, iż zróżnicowanie przestrzenne większości badanych elementów meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu latem 2005 r. było znaczące. Na kształtowanie warunków meteorologicznych na badanym obszarze, a więc i na ich zróżnicowanie przestrzenne, w pełni sezonu letniego większy wpływ wywiera stopień kontynentalizmu klimatu niż szerokość geograficzna. Jednak wraz ze zbliżaniem się końca lata polarnego rola wspomnianych czynników się odwraca.

Słowa kluczowe: warunki meteorologiczne, sezon letni, Arktyka, Spitsbergen.

1. Wstęp

Uprzywilejowanie termiczne regionu Spitsbergenu, zarówno jego środowiska atmosferycznego (swobodny napływ ciepłych mas powietrza z niższych szerokości geograficznych), jak i oceanicznego (ciepły Prąd Zachodniospitsbergeński) sprawiły, że poza Grenlandią, pierwsza stała stacja meteorologiczna w Arktyce została zlokalizowana właśnie na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu (Green Harbour)

w 1911 r. Była ona czynna do 1930 r. W 1916 r. uruchomiono tu także stację w Longyearbyen (Adventdalen), w której prowadzono nieregularne obserwacje do 1946 r. Od 1957 r. rozpoczęto tu wykonywanie stałych obserwacji. W związku z wybudowaniem jednak lotniska (w 1975 r.) niedaleko wejścia do fiordu Advent i uruchomieniem w jego obrębie nowej stacji meteorologicznej (Svalbard Lufthavn), pomiary w starej stacji zakończono w lipcu 1977 r., po 2-letnim prowadzeniu jednoczesnych obserwacji na obydwu stacjach. Stacja na lotnisku jest czynna do chwili obecnej. Ponadto dla zachodniego Spitsbergenu mamy jeszcze dostępne dane z innych norweskich stacji meteorologicznych: Isfjord Radio (1934–1976, bez lat IX 1941–VIII 1946), Ny Ålesund (od 1969 r.; nieregularne obserwacje prowadzono także w latach 1950–1953 i 1961–1968) i Sveagruva (od V 1978 r.). Oprócz norweskich stacji meteorologicznych, na Spitsbergenie pracują do chwili obecnej także stacje w Barentsburgu (rosyjska, od 1933 r.) i w Hornsundzie (polska, od VII 1978 r.).

Mnogość wypraw letnich organizowanych przez różne polskie ośrodki naukowe w okresie 1970–2005 sprawia, że dla wielu sezonów dysponujemy danymi meteorologicznymi zebranych dla różnych obszarów zachodniego wybrzeża Spitsbergenu, począwszy od rejonu Kaffiøyra na północy (wyprawy toruńskie) po Sörkapland na południu (wyprawy krakowskie i śląskie). Szczegółowy przegląd prowadzonych obserwacji meteorologicznych w czasie polskich wypraw polarnych na Spitsbergen można znaleźć w opracowaniu Przybyłaka (2000). Do 2004 r. zarówno zakres prowadzonych pomiarów, jak i ich metodyka, szczególnie w przypadku punktów obserwacji topoklimatycznych, nie były uzgodnione między różnymi organizatorami obserwacji meteorologicznych. Z najważniejszych publikacji poruszających problem zróżnicowania warunków pogodowych i klimatycznych na znacznym obszarze zachodniego wybrzeża Spitsbergenu należy wymienić następujące pozycje: Steffensen 1969, 1982; Marciniak i Przybylak 1987; Kamiński 1989; Przybylak 1989, 1992; Hanssen-Bauer i in. 1990; Nordli 1990; Przybylak i Marciniak 1992; Forland i in. 1997; Kejna i in. 2000; Gluza i in. 2004; Przybylak i Araźny 2005, 2006.

Począwszy od 2005 r., w ramach projektu badawczego zamawianego PBZ-KBN-108/P04/2004, uzgodniona została jednolita metodyka prowadzenia obserwacji meteorologicznych w 4 rejonach: Kaffiøyra (UMK Toruń), doliny Ebby (UAM Poznań), Calypsobyen (UMCS Lublin) i Hornsundu (UWr Wrocław) leżących na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Planujemy prowadzenie tych badań jeszcze przynajmniej w sezonach letnich 2006–2008.

W niniejszym artykule prezentujemy porównanie wyników obserwacji meteorologicznych z podanych rejonów badawczych oraz dla dwóch stacji norweskich (Ny Ålesund i Svalbard Lufthavn) dla sezonu letniego 2005 r. Ważniejszymi celami wykonanych badań meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w 2005 r. i planowanych badaniach w kolejnych latach są:

1. Poznanie zróżnicowania letnich warunków pogodowych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu,
2. Określenie głównych czynników kształtujących warunki pogodowe w wybranych 6 obszarach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu,
3. Określenie przyczyn zróżnicowania warunków pogodowych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w sezonie letnim.

2. Dane, obszar i metody

W niniejszym artykule do analizy wykorzystano dane dla większości elementów meteorologicznych:

1. Cogodzinne i dobowe ze stacji polskich obliczone na podstawie rejestracji automatycznej (w tym stacji automatycznych) i obserwacji wizualnych: Kaffiøyra (KH): 13.07–20.09, Dolina Ebby (EBB): 16.07–20.09, Calypsobyen (CAL): 15.07–31.08, Hornsund (HOR): 1.07–20.09 (IG PAN w Warszawie);

2. Dobowe ze stacji norweskich uzyskane z Norweskiego Instytutu Meteorologicznego: Ny Ålesund (NYA): 1.07–20.09 oraz Svalbard Lufthavn (SVA): 1.07–20.09.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań i stacji meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu wykorzystanych w opracowaniu

Fig. 1. Location of study area and meteorological stations used in the present work on the western coast of Spitsbergen

Ogólne położenie wymienionych wyżej stacji meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu prezentuje ryc. 1. Ze względu na różny czas pracy polskich ekspedycji polarnych do porównania warunków meteorologicznych wybrano wspólny okres 21.07–31.08. W artykule wykorzystano standardowe metody opracowania danych meteorologicznych stosowane w klimatologii.

3. Wyniki

3.1. Ciśnienie atmosferyczne i wiatr

Średnie wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (AP) na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu są w sezonie letnim nieco niższe od ciśnienia normalnego i wahają się od ok. 1006 do 1010 hPa (tab. 1). Z trudnych do wyjaśnienia przyczyn AP w stacji Svalbard Lufthavn jest wyraźnie niższe (średnio o ok. 2–3 hPa) od jego wartości na wszystkich pozostałych stacjach. Zdecydowanie najwyższe wartości AP (> 1013 hPa) wystąpiły w pierwszej dekadzie lipca, a najniższe (<990 hPa) w drugiej dekadzie września (tab. 1). Zróżnicowanie AP na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, wyłączając z rozważań stację SVA, jest niezwykle małe i średnio w okresie porównawczym (21.07–31.08) jego różnice w stosunku do stacji w HOR nie przekraczają 1 hPa. Są one też zawsze niższe niż w stacji referencyjnej, z wyjątkiem stacji CAL. Wartość różnicy ± 1 hPa jest też bardzo rzadko przekraczana w przypadku analizy średnich dekadowych wartości AP. Natomiast w poszczególnych dniach różnice te mogą dochodzić do 6 hPa (ryc. 2). Z wyjątkiem stacji CAL, średnie dobowe wartości AP rzadko są wyższe niż w stacji HOR. Zgodnie z oczekiwaniem najwyższą średnią dobową wartość AP w okresie porównawczym zmierzono w stacji HOR (1025,0 hPa), a najniższą w stacji SVA (987,6 hPa) – tab. 2. Zmienność z dnia na dzień AP jest dość duża na całym badanym zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Obliczone odchylenia standardowe dla okresu 21.07–31.08 wahały się od 7.6 hPa (EBB) do 8.2 hPa (HOR) – tab. 3. W przebiegu dobowym AP nie stwierdzono dużych zmian (ryc. 3). Nieco wyższe

wartości na wszystkich badanych obszarach występują w godzinach „nocnych”, a najniższe nad ranem. W stacji CAL obserwuje się także drugorzędne maksimum w południe, a minimum w godzinach wieczornych.

Tabela 1 – Table 1

Średnie dekadowe i za okres 21.07–31.08 wartości wybranych elementów meteorologicznych w Hornsundzie (HOR) i ich porównanie z danymi ze stacji: Ny Ålesund (NYA) Kaffiöyra Heggodden (KH), Ebba (EBB), Svalbard Lufthavn (SVA) i Calypsobyen (CAL) w sezonie letnim 2005 r.

Ten- /eleven-day period mean values and mean values of chosen meteorological variables for the period from 21st July to 31st August at Hornsund (HOR) and their comparison with data in the summer season of 2005 from the following stations: Ny Ålesund (NYA) Kaffiöyra Heggodden (KH), Ebba (EBB), Svalbard Lufthavn (SVA) and Calypsobyen (CAL)

Okres Period	Stacja Station	1.07– 10.07	11.07– 20.07	21.07– 31.07	1.08– 10.08	11.08– 20.08	21.08– 31.08	1.09– 10.09	11.09– 20.09	21.07– 31.08
AP (hPa)	HOR	1018.2	1004.2	1012.5	1014.5	1012.3	999.6	1002.6	989.0	1009.5
	NYA–HOR	-2.9	-1.9	-0.7	-1.2	-1.4	-0.4	-0.5	0.3	-0.9
	KH–HOR	-	-0.5	-0.6	-1.1	-1.0	-0.6	-0.5	0.5	-0.7
	EBB–HOR	-	3.5	-0.7	-0.7	-0.6	0.4	0.2	-0.2	-0.3
	SVA–HOR	-4.7	-5.0	-4.0	-3.8	-3.9	-3.0	-3.3	-3.0	-3.6
	CAL–HOR	-	4.3	0.2	0.1	0.2	0.7	-	-	0.3
v (m/s)	HOR	2.0	3.2	2.1	1.6	3.4	4.3	3.5	3.5	2.9
	NYA–HOR	0.5	-0.1	-0.2	0.2	-1.7	-2.1	-0.5	0.5	-1.0
	KH–HOR	-	3.3	1.9	2.3	0.2	-1.4	0.6	3.8	0.7
	EBB–HOR	-	1.7	0.9	1.5	-0.9	-2.2	-0.6	0.1	-0.2
	SVA–HOR	1.9	2.1	1.6	0.7	-0.2	-1.2	-0.5	0.3	0.2
	CAL–HOR	-	1.1	0.5	-0.1	-0.2	0.1	-	-	0.0
Tmax (°C)	HOR	7.7	6.1	6.7	5.6	5.9	7.4	4.9	1.2	6.4
	NYA–HOR	2.7	-1.5	0.9	2.1	0.7	-0.2	-0.8	-0.1	0.9
	KH–HOR	-	-1.5	0.7	2.3	0.6	0.0	-0.3	0.4	0.9
	EBB–HOR	-	1.6	2.6	2.1	1.4	1.0	-0.5	-0.2	1.8
	SVA–HOR	2.9	1.7	3.3	2.7	2.3	1.8	0.4	0.2	2.5
	CAL–HOR	-	-0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	-	-	0.4
Ti (°C)	HOR	4.7	3.9	4.3	4.2	4.3	5.3	3.4	-0.2	4.5
	NYA–HOR	2.8	-1.0	1.1	1.4	0.6	-0.2	-0.8	-0.9	0.7
	KH–HOR	-	-0.7	1.3	2.4	0.9	0.4	-0.1	0.0	1.3
	EBB–HOR	-	1.8	2.8	1.9	1.8	1.2	-0.5	-0.4	2.0
	SVA–HOR	3.1	2.0	3.6	2.5	2.1	1.9	0.1	0.0	2.6
	CAL–HOR	-	0.2	1.0	0.7	0.3	0.5	-	-	0.7
Tmin (°C)	HOR	2.9	2.4	2.6	3.0	2.8	3.7	2.1	-2.1	3.0
	NYA–HOR	2.5	-0.7	1.1	1.3	0.8	0.2	-1.1	-0.8	0.9
	KH–HOR	-	-0.4	1.3	2.3	1.3	0.6	-0.4	0.3	1.4
	EBB–HOR	-	1.5	2.7	1.7	2.0	1.0	-0.6	-0.6	1.9
	SVA–HOR	2.9	1.8	3.5	2.6	2.4	2.0	0.4	0.4	2.7
	CAL–HOR	-	-0.5	1.0	0.8	0.7	0.6	-	-	0.8
C (0–10)	HOR	6.7	7.8	8.3	9.6	8.9	9.3	9.6	7.8	9.0
	NYA–HOR	-0.2	0.4	0.0	-1.7	-0.3	-0.3	-1.1	0.4	-0.6
	KH–HOR	-	2.0	0.5	-0.8	0.4	0.4	-0.8	1.2	0.1
	EBB–HOR	-	-	-0.3	-0.6	0.1	-0.3	-	-	-0.2
	SVA–HOR	-0.3	0.0	-0.6	-0.8	-0.2	-0.8	-0.8	0.7	-0.6
	CAL–HOR	-	1.4	0.6	-0.1	0.2	0.1	-	-	0.2

c.d. tablicy 1

Okres Period	Stacja Station	1.07– 10.07	11.07– 20.07	21.07– 31.07	1.08– 10.08	11.08– 20.08	21.08– 31.08	1.09– 10.09	11.09– 20.09	21.07– 31.08
SS (h)	HOR	80.7	49.6	43.7	13.6	32.1	8.8	7.4	31.9	98.2
	KH–HOR	-	-46.5	26.1	33.8	-5.7	-3.0	9.8	-21.4	51.2
f (%)	HOR	90.3	87.6	85.3	88.9	84.3	88.2	85.3	76.3	86.7
	NYA–HOR	-17.1	1.9	-7.1	-13.8	-5.5	-7.2	-10.7	-2.3	-8.4
	KH–HOR	-	-0.3	-0.9	-7.1	0.2	-3.0	-4.0	0.0	-2.7
	EBB–HOR	-	-17.4	-11.0	-10.1	-7.7	-8.5	-10.6	-4.6	-9.4
	SVA–HOR	-14.9	-14.1	-15.2	-7.1	-7.1	-6.8	-2.9	-0.2	-9.2
	CAL–HOR	-	-5.3	-1.7	0.9	0.2	-0.6	-	-	-0.4
P (mm)	HOR	21.4	36.0	17.0	11.7	7.9	42.0	34.4	5.7	78.6
	NYA–HOR	-20.6	-1.4	-10.2	-7.3	-3.0	-24.5	-24.3	-1.3	-45.0
	KH–HOR	-	-26.8	-9.1	-5.6	4.0	-18.0	-15.9	-5.4	-28.7
	EBB–HOR	-	-35.2	-12.0	-4.9	-6.6	-22.7	-26.6	-2.4	-46.3
	SVA–HOR	-20.7	-32.1	-3.1	-4.0	-7.5	-32.7	-23.4	-3.0	-47.3
	CAL–HOR	-	-34.4	-0.6	-2.5	-5.0	-15.5	-	-	-23.6

Objaśnienia: AP – ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza; v – prędkość wiatru na 2 m n.p.t.; Tmax – temperatura maksymalna; Ti – średnia dobowo temperatura powietrza; Tmin – temperatura minimalna; C – zachmurzenie; SS – usłonecznienie; f – wilgotność względna; P – opad atmosferyczny

Explanations: AP – air pressure at sea level; v – wind velocity at the height of 2 m a.g.l.; Tmax - maximum temperature; Ti – mean daily air temperature; Tmin – minimum temperature; C – cloudiness; SS – sunshine duration; f – relative air humidity; P – atmospheric precipitation

Tabela 2 – Table 2

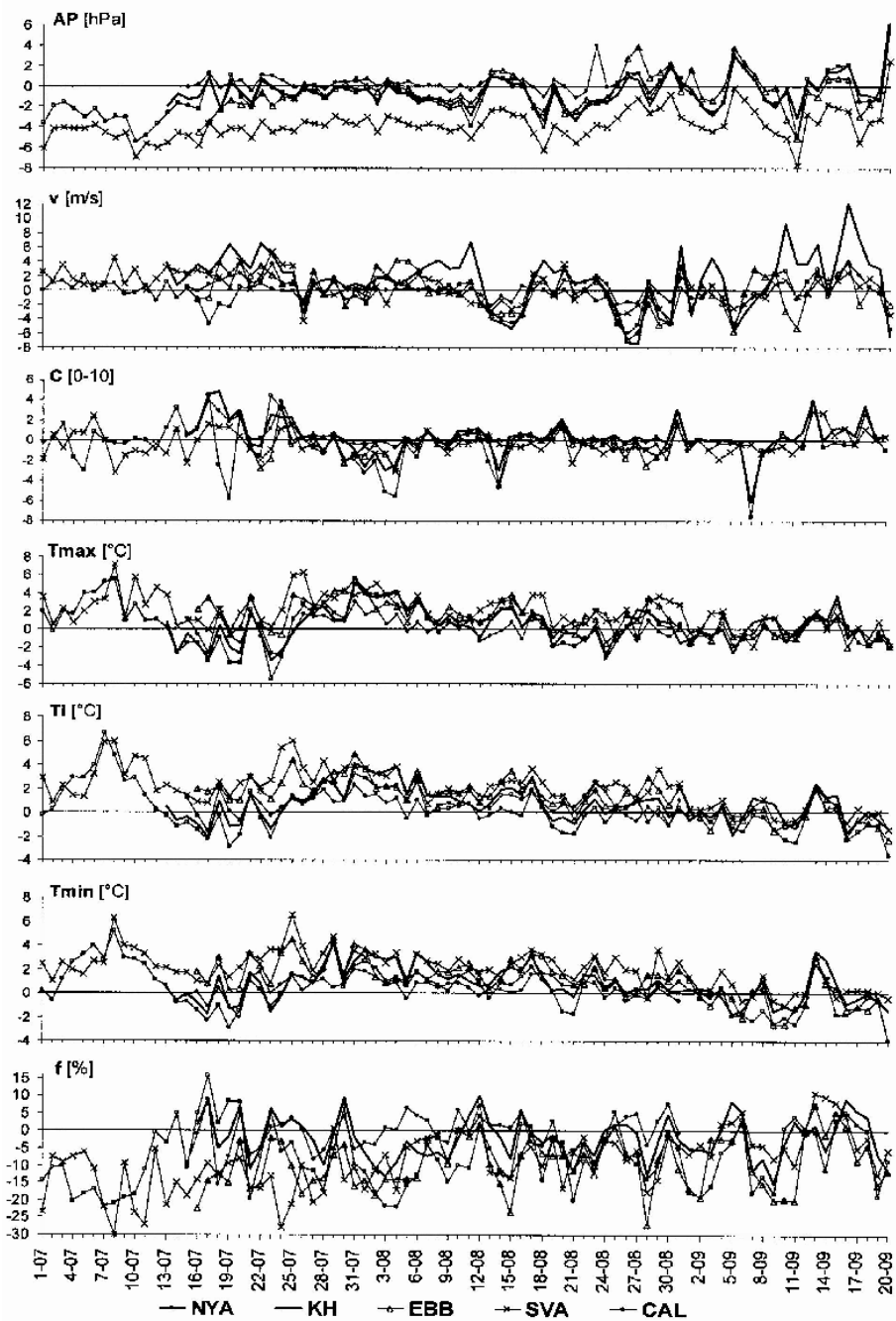
Najwyższe (nw) oraz najniższe (nn) wartości średnich dobowych elementów meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 21.07 -31.08.2005 r.

Highest (nw) and lowest (nn) values of mean daily meteorological variables on the western coast of Spitsbergen from 21st July to 31st August 2005

Element Variable	NYA	KH	EBB	SVA	CAL	HOR
Tmax abs (°C)	11.4	11.9	11.8	13.1	9.4	11.3
Tmin abs (°C)	0.6	1.4	3.5	3.8	1.0	0.5
Pnw (mm)	7.6	12.5	6.0	9.4	14.2	10.9
APnw (hPa)	1022.7	1023.0	1023.5	1020.5	1024.4	1025.0
APnn (hPa)	989.0	988.3	991.1	987.6	989.5	990.2
f _{nw} (%)	95.0	93.0	91.6	94.0	97.1	96.8
f _{nn} (%)	63.0	71.8	60.1	55.0	74.3	76.8
v _{nw} (m/s)	7.5	8.5	5.6	7.2	7.3	9.1
v _{nn} (m/s)	0.4	0.7	0.5	0.9	0.9	0.7
C _{nw} (0–10)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
C _{nn} (0–10)	4.1	5.8	2.8	3.8	5.8	3.4

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1 – Explanations as in Table 1

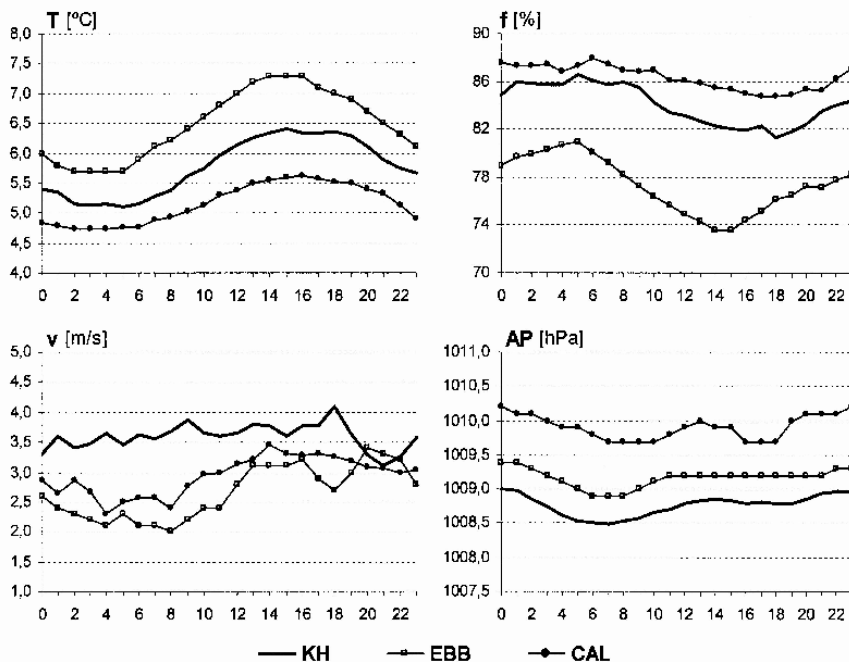
Najbardziej wietrznym obszarem na zachodnim wybrzeżu jest rejon Kaffiöry, gdzie średnia prędkość wiatru na wysokości 2 m n.p.t. (v) w okresie porównawczym wyniosła 3.6 m/s, gdy w odległej zaledwie o 30 km stacji NYA tylko 1.9 m/s (tab. 1). Zaskakująco wysoka jest natomiast v w stacji SVA, gdzie jest ona średnio wyższa o 0.2 m/s niż w stacji HOR. Średnie dekadowe różnice v w stosunku



Ryc. 2. Przebieg różnic średnich dobowych wartości wybranych elementów meteorologicznych w okresie 1.07–20.09.2005 r. Różnice obliczono w stosunku do wartości wziętych ze stacji Hornsund. Objasnienia skrótów jak w tab.1

Fig. 2. Course of differences between mean daily values of chosen meteorological variables from 1st July to 20th September 2005. Differences are computed in relation to the values taken from the Hornsund station. Explanations of abbreviations as in Table 1

do ich wartości w HOR nie przekraczają z reguły $\pm 3\text{ m/s}$. W poszczególnych dniach jednak (16 IX) mogą one przekraczać nawet 12 m/s (ryc. 2). Z ryciny tej wynika, że największe różnice v w stosunku do HOR (zarówno dodatnie, jak i ujemne) występują w stacji KH. Najwyższe średnie dobowe v zmierzono w stacjach HOR (9.1 m/s) i KH (8.5 m/s), a najniższe w stacjach NYA (0.4 m/s) i EBB (0.5 m/s), (tab. 2). Zmienność z dnia na dzień v nie przekracza 2.2 m/s i nawiązuje wyraźnie do wspomnianej wcześniej zmienności dla AP. Największa jest na tych obszarach gdzie również zmienność AP jest największa, czyli w stacjach HOR i KH, i odwrotnie (tab. 3). Odwrotny przebieg dobowy v w porównaniu z dobowym przebiegiem AP jest widoczny jedynie w stacji KH; natomiast w pozostałych stacjach (EBB i CAL) przeważnie niższym/wyższym wartościom AP odpowiadają także niższe/wyższe wartości średniej prędkości wiatru (ryc. 3).

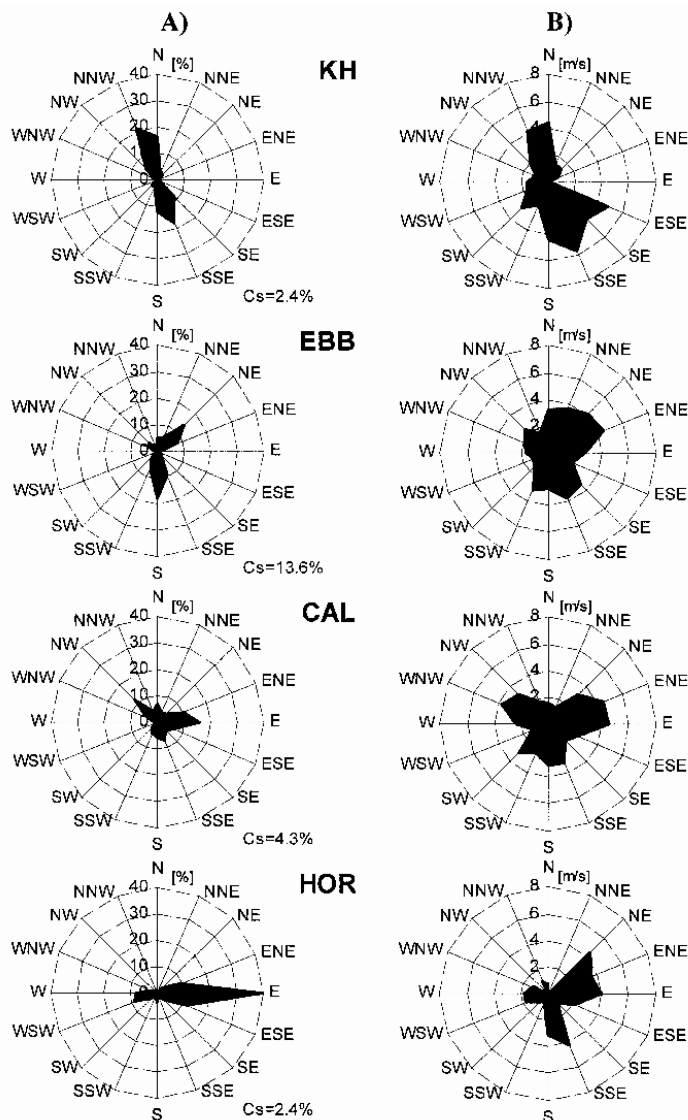


Ryc. 3. Średnie przebiegi dobowe temperatury powietrza (T), wilgotności względnej (f), prędkości wiatru na 2m n.p.t. (v) oraz ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (AP) na stacjach: KH, EBB i CAL w okresie 21.07–31.08.2005 r.

Fig. 3. Mean daily courses of air temperature (T), relative humidity (f), wind speed at the level of 2 m a.g. (v), and atmospheric pressure at sea level (AP) in the stations KH, EBB and CAL for the period 21st July – 31st August

Urozmaicona rzeźba zachodnich wybrzeży Spitsbergenu sprawia, że częstość występowania kierunków wiatru mierzonych na stacjach zlokalizowanych w różnych jej formach (głównie we fiordach) i charakteryzujących się odmiennym ich przebiegiem względem stron świata znacznie się od siebie różni (ryc. 4). Przeważające kierunki wiatru najczęściej nawiązują do przebiegu fiordów, bądź jak w przypadku stacji KH do przebiegu Cieśniny Forland. Dlatego też w 4 analizowanych polskich stacjach najczęstsze wiatry są charakterystyczne dla innych kierunków. Na stacji KH dominują wiatry NNW i SSE

(ok. 17–21%), na stacji EBB – S i NE (15–20%), na stacji CAL – E, ENE i NW (10–15%), a w Hornsundzie (HOR) – przede wszystkim E (ok. 40%). Prędkościowe róże wiatru różnią się dość znacząco od róż kierunkowych, chociaż generalnie zauważa się zależność, iż najczęstszym kierunkom odpowiadają najsilniejsze wiatry. Jest ona przede wszystkim dobrze widoczna w stacji KH, natomiast znaczne rozbieżności występują np. w HOR, gdzie silne wiatry notowane są przy bardzo rzadko występujących wiatrach z kierunków SSE, S i NE.



Ryc. 4. Częstość kierunków wiatru (%) i ciszy (Cs) – A oraz średnie prędkości wiatru (m/s) wg kierunków – B na stacjach KH, EBB, CAL i HOR w okresie 21.07 – 31.08.2005 r.

Fig. 4. Occurrence frequency of wind directions (%) and calms (Cs) – A, and mean wind speeds (m/s) occurring for each direction – B in the stations KH, EBB and CAL from 21st July to 31st August

3.2. Zachmurzenie i usłonecznienie

Arktyka Norweska, w tym także Spitsbergen, charakteryzuje się dużym stopniem zachmurzenia w ciągu całego roku. Średnie zachmurzenie w porównywalnym okresie wahało się od 8.4 w NYA i SVA do 9.2 w CAL. Wyższy stopień zachmurzenia niż w stacji HOR (9.0) wystąpił jeszcze jedynie w stacji KH (średnio tylko o 0.1). Najwyższe średnie dekadowe zachmurzenie wystąpiło albo w pierwszej (HOR, CAL, SVA), albo ostatniej (NYA, KH, EBB) dekadzie sierpnia. Najwyższą średnią dekadową wartość (9.7) obliczono dla stacji KH (3 dekada sierpnia), a najniższą (7.7) dla stacji SVA (3 dekada lipca). Średnie dekadowe różnice rzadko przekraczały $\pm 10\%$ (tab. 1). Natomiast różnice między średnimi dobowymi wartościami (ryc. 2) są znacznie większe dochodząc nawet aż do $\pm 60-80\%$. Na wszystkich analizowanych stacjach najwyższe średnie dobowe zachmurzenie osiągnęło wartość 10.0, podczas gdy najniższe wahało się od 2.8 w stacji EBB do 5.8 w KH i CAL (tab. 2). Oznacza to, że nigdzie w sezonie letnim 2005 nie wystąpił ani jeden dzień pogodny. Zmienność dobowych średnich wartości zachmurzenia z dnia na dzień jest nieduża i w badanym okresie wahała się od 0.8 w CAL do 1.7 w NYA (tab. 3).

Tabela 3 – Table 3

Odchylenia standardowe średnich dobowych wartości wybranych elementów meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 21.07–31.08.2005 r.

Standard deviations of mean daily values of selected meteorological variables on the western coast of Spitsbergen from 21st July to 31st August 2005

Element – Variable	NYA	KH	EBB	SVA	CAL	HOR
AP (hPa)	7.8	8.0	7.6	7.8	8.0	8.2
v (m/s)	1.3	2.0	1.4	1.6	1.7	2.2
C (0–10)	1.7	1.2	1.6	1.2	0.8	1.4
Tmax (°C)	1.6	1.7	1.7	1.6	1.1	1.6
Ti (°C)	1.1	1.2	1.2	1.2	0.7	0.9
Tmin (°C)	1.1	1.2	0.9	0.9	0.8	0.9
f (%)	7.4	5.2	8.2	9.8	5.0	5.6

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1 – Explanations as in Table 1

Pomiary usłonecznienia wykonywano jedynie w stacjach zlokalizowanych w Hornsundzie i na Kaffiöyrze. Z analizy sum dekadowych i za cały okres porównywalny wynika, że warunki solarne w obydwu miejscach różnią się znacząco od siebie. W okresie 21.07–31.08 większe usłonecznienie było w stacji KH (o 51.2 godz.). Jeśli jednak uwzględnimy także wartości z drugiej dekady lipca (zdecydowanie bardziej słonecznej w Hornsundzie), to ich sumy będą różniły się zaledwie o niecałe 5 godz. (tab. 1). Jednak w poszczególnych dekadach ich sumy przeważnie silnie się różnicują.

3.3. Temperatura powietrza

Sezon letni 2005 r. był na wszystkich badanych obszarach cieplejszy od wieloletniej normy (zobacz np.: Forland i in. 1997; Gluza i in. 2003; Przybylak i Araźny 2006). W porównywalnym okresie średnio najchłodniej jest w rejonie Hornsundu (4.5°C), który w największym stopniu jest poddany napływowi chłodnych mas powietrza znad Atlantyku, a najcieplej w stacji SVA (7.1°C), leżącej w regionie Spitsbergenu o największym stopniu kontynentalizmu klimatu (tab. 1). Taka sytuacja występuje także

w większości średnich dekadowych, z wyjątkiem ostatniej dekady sierpnia, kiedy najchłodniej było w stacji Ny Ålesund. W pierwszej połowie lata różnicowanie termiczne na zachodnim wybrzeżu jest wyraźnie największe. Średnie dekadowe i dobowe (Ti) różnice w stosunku do stacji HOR są z reguły dodatnie, a ich najwyższe wartości osiągają odpowiednio 2–4°C i 4–6°C (tab. 1, ryc. 2). Począwszy od sierpnia różnice się zmniejszają i w dwóch ostatnich dekadach ich średnie nie przekraczają z reguły 2°C, a w przypadku średnich dobowych – 4°C. We wrześniu różnice stają się przeważnie ujemne, co oznacza, że rejon Hornsundu jest cieplejszy niż większość pozostałych regionów analizowanych w niniejszej pracy. Analiza tabeli 1 i ryciny 2 dowodzi, że największemu różnicowaniu na zachodnim wybrzeżu podlegają temperatury minimalne (Tmin), a najmniejszemu temperatury maksymalne (Tmax). Jest to szczególnie dobrze widoczne przy porównaniu danych CAL i KH z HOR. W sezonie letnim 2005 r. (21.07–31.08) najwyższą temperaturę powietrza (13.1°C) zanotowano na stacji SVA. W pozostałych stacjach (z wyjątkiem CAL) wahała się ona między 11 a 12°C, a w CAL wyniosła ona tylko 9.4°C (tab. 2). Najniższą temperaturę (0.5°C) zanotowano natomiast w Hornsundzie i nieco wyższą (0.6°C) w Ny Ålesund. W środkowej części Spitsbergenu nie spadła ona natomiast poniżej 3°C. Zmienność z dnia na dzień analizowanych parametrów temperatury powietrza (Tmax, Ti i Tmin) na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w sezonie letnim 2005 r. była najwyższa w rejonie Kaffiöyry i w dolinie Elby (oprócz Tmin) oraz w stacji SVA w przypadku Ti, a najniższa na obszarze działania lubelskiej wyprawy (tab. 3). Spośród analizowanych 3 parametrów termicznych wyraźnie największą zmiennością z dnia na dzień charakteryzuje się Tmax, która wahała się od 1.1°C (CAL) do 1.7°C (KH i EBB). Średnio najniższą zmienność stwierdzono dla Tmin, jednak szczególnie dobrze jest to widoczne w centralnej części zachodniego wybrzeża. Na pozostałym obszarze zmienność z dnia na dzień Tmin jest taka sama jak Ti (z wyjątkiem CAL).

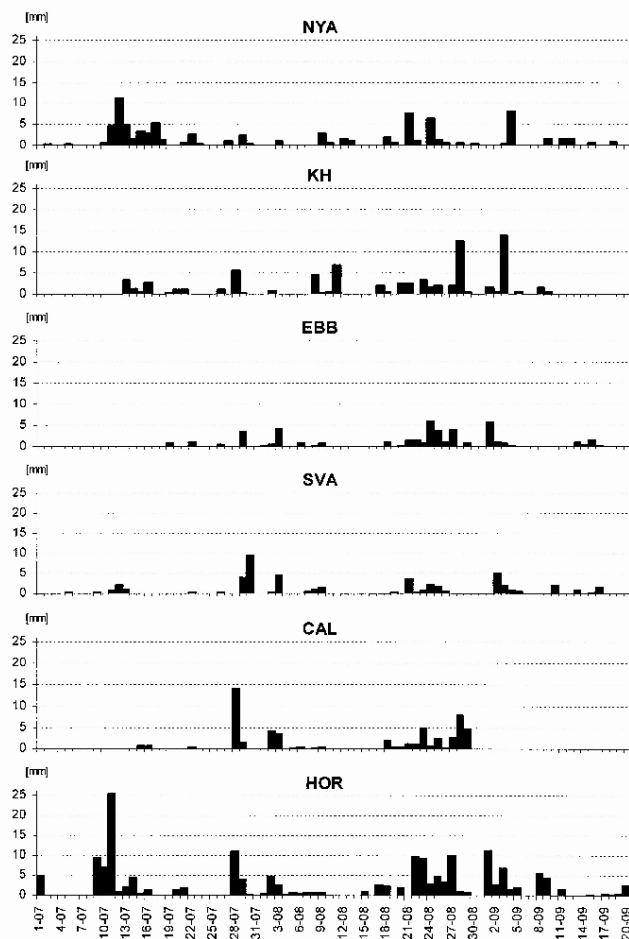
W przebiegu dobowym wyraźnie cieplejsza jest druga jej połowa. Na wszystkich stacjach najwyższe średnie temperatury występują w godzinach od 14–17, a najniższe od 2 (3) do 5 (6). Największe różnice między średnimi wartościami godzinowymi występującymi między poszczególnymi stacjami są notowane w najcieplejszym okresie doby (ryc. 3).

3.4. Wilgotność powietrza

Jak powszechnie wiadomo bezwzględna zawartość pary wodnej w powietrzu w Arktyce jest nieduża ze względu na występującą tu niską temperaturę powietrza. Jednak nawet ta niska zawartość pary wodnej jest wystarczająca aby w dużym stopniu nasycić powietrze. Dlatego też gdy posługujemy się w analizie wartościami wilgotności względnej (f), jak w niniejszym artykule, to należy stwierdzić, iż są one tutaj bardzo wysokie. Ich średnie za okres porównywalny (tab. 1) waha się od 77.3% (EBB) do 86.7% (HOR). Obniżone wartości f, oprócz najbardziej kontynentalnej środkowej części zachodniego wybrzeża Spitsbergenu, ma także stacja NYA (78.3%). Pozostałe dwie stacje (KH i CAL) mają tylko nieznacznie niższą f, odpowiednio 84.0 i 86.3%. W porównaniu z HOR zatem średnie różnice za wspólny okres nie przekraczają 10% i są zawsze ujemne. Układ ten utrzymuje się także najczęściej gdy analizujemy średnie dekadowe wartości; tylko w bardzo nielicznych dekadach stwierdzono wyższe wartości w innych stacjach (tab. 1). Średnie dekadowe różnice f na analizowanych stacjach w porównaniu z HOR nie przekraczają 20%. Natomiast różnice między średnimi dobowymi mogą dochodzić nawet do 30% (ryc. 2). Z analizy tab. 1 i ryc. 2 wynika także, iż różnicowanie pod względem f na zachodnim wybrzeżu było większe w pierwszej połowie lata, czyli w lipcu, a mniejsze w sierpniu i we wrześniu. Najwyższe średnie dobowe wartości f na wszystkich stacjach w okresie 21.07–31.08 przekroczyły 90%

i wahały się od 91.6% w stacji EBB do 97.1% w stacji CAL (tab. 2). Zróżnicowanie najniższych dobowych wartości jest znacznie większe od 55.0% (SVA) do 76.8% (HOR). Zmienność z dnia na dzień średnich dobowych wartości f jest wyraźnie największa w środkowej, kontynentalnej, części zachodniego wybrzeża (8–10%) i w stacji NYA (7.4%), oddalonej także znacznie od otwartego oceanu (tab. 3). W stacjach pozostałych odchylenie standardowe waha się zaledwie od 5 do 6%, a więc jest ok. 1.5 razy mniejsze.

Zgodnie z oczekiwaniem przebiegi dobowe f na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu są odwrotne do przebiegów temperatury powietrza (ryc. 3), czyli ich najniższe wartości występują w godzinach popołudniowych, a najwyższe w godzinach „nocnych”. Na kształt przebiegów dobowych wyraźnie widać też wpływ kontynentalizmu klimatu, im jest on większy tym amplituda dobowa f jest także większa. Waha się ona bowiem od 3,2% w stacji CAL do 7,4% w stacji EBB. Większe zróżnicowanie geograficzne ich wartości występuje w godzinach „dziennych” niż „nocnych”.



Ryc. 5. Przebiegi sum dobowych opadów atmosferycznych na analizowanych stacjach zachodniego wybrzeża Spitsbergenu w okresie 1.07–20.09.2005 r.

Fig. 5. Courses of daily precipitation totals in analysed stations on the western coast of Spitsbergen from 1st July to 20th September 2005

3.5. Opady atmosferyczne

Opady (P) w Arktyce nie są duże i na większości obszaru ich sumy roczne nie przekraczają 300 mm. Jednak Spitsbergen jest pod tym względem uprzywilejowany. Sumy roczne tutaj są wyższe i przekraczają nawet w jego południowej części 400 mm. Jednak już w centralnej części zachodniego wybrzeża są one dwukrotnie niższe (Forland i in. 1997). Duże sumy roczne P na południu są wynikiem głównie podwyższonych tu sum okresu chłodnego, w lecie uprzywilejowanie Spitsbergenu już nie występuje (Przybylak 1996).

W sezonie letnim 2005 r. sumy P w okresie porównywalnym wahały się w dużym zakresie od 31.3 mm (SVA) do 78.6 mm (HOR). Wynika z tego, że również w lecie na południu P są znacząco wyższe niż w centralnej części Spitsbergenu. Warto zwrócić uwagę na dużą zmienność sum opadów na północy badanego obszaru, gdzie w NYA suma wyniosła zaledwie 33.6 mm, podczas gdy w KH aż 49.9 mm. W Hornsundzie stwierdzono najwyższe P nie tylko w okresie 21.07–31.08, ale także we wszystkich analizowanych dekadach (tab. 1). Jednak najwyższą sumę dobową P zanotowano w stacji lubelskiej w dniu 28.07 (14.2 mm), a potem na Kaffiöyrze (12.5 mm w dniu 28.08). Gdy pod uwagę weźmiemy także drugą dekadę lipca, to jak widać z ryc. 5, wyraźnie najwyższy dobowy P w lecie 2005 r. zanotowano 11 lipca w stacji HOR (25.4 mm). W pozostałych stacjach P w tym dniu nie wystąpił lub był nieduży. Najniższą sumę maksymalnego opadu dobowego (6.0 mm) w okresie 21.07–31.08 zmierzono w stacji poznańskiej (tab. 2). Jak widać z ryc. 5, epizody opadowe najczęściej obejmują całe badane wybrzeże zachodnie Spitsbergenu, szczególnie dobrze jest to widoczne w drugiej połowie sierpnia. Najmniej P wystąpiło, w zależności od rejonu, albo w drugiej dekadzie lipca, albo w drugiej dekadzie sierpnia.

4. Podsumowanie i uwagi końcowe

1. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, iż zróżnicowanie przestrzenne badanych elementów meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu latem 2005 r. było znaczące. Skrajne różnice między średnimi wartościami z okresu 21.07–31.08 wynoszą: 3.9 hPa (AP), 1.7 m/s (v), 0.8 (C), 51.2 h (SS), 2.6°C (Ti), 10% (f) i 47.3 mm (P).
2. Zróżnicowanie przestrzenne badanych elementów meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu jest wyraźnie większe (z wyjątkiem prędkości wiatru) w pierwszej części sezonu letniego (do około 10–15 sierpnia). Później znacząco ono maleje.
3. Rola szerokości geograficznej w kształtowaniu warunków meteorologicznych na badanym obszarze jest w pełni sezonu letniego mniej znacząca niż zróżnicowanie jego stopnia kontynentalizmu klimatu. Wraz ze zbliżaniem się końca lata polarnego rola wspomnianych czynników się odwraca.

Podziękowania

Opracowanie wykonano w ramach projektu badawczego PBZ-KBN-108/P04/2004. Badania przeprowadzone przez pracowników Zakładu Klimatologii UMK były także współfinansowane ze środków grantu J.M. Rektora UMK nr 518-G. Za udostępnione dane meteorologiczne z Hornsundu dziękujemy Instytutowi Geofizyki PAN w Warszawie.

Literatura

Forland E.J., Hanssen-Bauer I., Nordli P.O., 1997, Climate statistics & longterm series of temperature and precipitation at Svalbard and Jan Mayen. DNMI, Raport No. 21/97 Klima, Oslo, 72 s.

- Gluza A., Siłuch M., Siwek K., 2004, Porównanie wybranych elementów meteorologicznych w sezonie letnim między stacjami Hornsund i Calypsobyen (Spitsbergen). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14: 183–188.
- Gluza A., Siwek K., Pęczak J., Siłuch M., 2003, Przebieg warunków pogodowych w Calypsobyen w sezonie letnim 2001 na tle wielolecia 1986-2000. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13: 117–125.
- Hanssen-Bauer I., Solas M. K., Steffenson E. L., 1990, The climate of Spitsbergen. DNMI-Rapport Nr. 39/90, Klima.
- Kamiński A., 1989, Temperatura powietrza na Spitsbergenie Zachodnim i wyspach przyległych w atlantycko-europejskim obszarze Arktyki. *Prace Naukowe UŚ w Katowicach nr 1100*, Katowice: 95 s.
- Kejna M., Arażny A., Siwek K., 2000, Spatial differentiation of weather conditions on Spitsbergen in summer season 1999. *Polish Polar Studies*, Toruń: 191–202.
- Marciniak K., Przybylak R., 1987, Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w sezonie letnim na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. XIV Sympozjum Polarne, Lublin: 168–173.
- Nordli P. Ø., 1990, Temperature and precipitation series at Norwegian Arctic meteorological stations. DNMI Report Nr. 40/90 Klima: 1–14.
- Przybylak R., 1989, Zróżnicowanie przestrzenne temperatury i wilgotności powietrza w przebiegu rocznym na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. [w:] A. Olszewski (red), *Dorobek i perspektywy polskich badań polarnych*, XVI Sympozjum Polarne, Toruń: 161–163.
- Przybylak R., 1992, Spatial differentiation of air temperature and humidity on western coast of Spitsbergen in 1979–1983. *Polish Polar Research*, 13 (2): 113–129.
- Przybylak R., 1996, Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. Wydawnictwo Uniwersytetu M. Kopernika, Toruń: 280 s.
- Przybylak R., 2000, Zakres obserwacji meteorologicznych prowadzonych w czasie polskich wypraw polarnych na Spitsbergen. *Przegląd Geograficzny*, LXXII, 1-2: 103–120.
- Przybylak R., Arażny A., 2005, Porównanie warunków klimatycznych i bioklimatycznych północnej części Ziemi Oskara II z innymi obszarami zachodniego wybrzeża Spitsbergenu w okresie 1975–2000. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 15: 119–131.
- Przybylak R., Arażny A., 2006, Climatic conditions of the north-western part of Oscar II Land (Spitsbergen) in the period between 1975 and 2000. *Polish Polar Research*, 27(2): 133–152.
- Przybylak R., Marciniak K., 1992, Opady a cyrkulacja atmosferyczna na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 1979–1985. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 2, Gdynia: 85–95.
- Steffensen E., 1969, The climate and its recent variations at the Norwegian arctic stations. *Meteorologiske Annaler*, 5 (8): 1–349.
- Steffensen E., 1982, The climate at Norwegian arctic stations. DNMI Klima, 5: 3–44.

Summary

The paper presents the data concerning the spatial diversification of meteorological conditions occurring on the western coast of Spitsbergen during the summer season of 2005. For the analysis daily data have been used from four Polish stations (Kaffiöyra – KH, Ebby valley – EBB, Calypsobyen – CAL and Hornsund – HOR) and two Norwegian stations (Ny Ålesund – NYA, Svalbard Lufthavn – SVA), mainly for the common period of observation (from 21st July to 31st August) (Fig. 1). The Hornsund station was used as a reference station. Differences have been computer for all the analysed meteorological variables between stations for every 24-hour period, ten- / eleven-day period, and for the common period of observations as a whole (the meteorological variables analysed include air pressure

(AP), wind speed (v), cloudiness (C), sunshine duration (SS), maximum daily temperature (T_{max}), mean daily temperature (T_i), minimum daily temperature (T_{min}), relative humidity (f), and atmospheric precipitation (P)) (Table 1, Fig. 2, Fig. 5). All results proved that the spatial diversification of almost all analysed variables is significant. It is very evident that in the summer the degree of climate continentality has a greater influence on this diversification than the geographical latitude. Local topography plays also important role in the diversification of meteorological variables on the western coast of Spitsbergen. A good example of this influence is presented in Figure 4, showing different kinds of wind roses. It can be seen that winds from different directions dominate in each station. Mean daily courses of some selected meteorological variables (Fig. 3) also show that spatial diversification is varied throughout the day. For example, greater differences are noted during 'night' hours for atmospheric pressure and wind speed, while an opposite relation exists for air temperature and relative humidity. Extreme values of analysed meteorological variables during the common period of observation (from 21st July to 31st August 2005) are shown in Table 2. The highest temperature (13.1°C) occurred in Svalbard Lufthavn located in the most continental part of Spitsbergen, while the lowest (0.5°C) was in the Hornsund region, where cyclones bringing thick clouds are very common. Day-to-day variabilities of the majority of the analysed meteorological variables on the west coast of Spitsbergen are quite large (Table 3).