

## CHARAKTERYSTYCZNE DLA HORNSUNDU TYPY POGODY A CYRKULACJA ATMOSFERY

### WEATHER TYPES CHARACTERISTIC OF HORNSUND AND ATMOSPHERE CIRCULATION

Jacek Ferdynus

Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska  
ul. Sędzickiego 19, 81–374 Gdynia  
jacenty@am.gdynia.pl

**Zarys treści.** W pracy przedstawiono zależności statystyczne pomiędzy frekwencją „charakterystycznych typów pogód” a wskaźnikami cyrkulacji Niedźwiedzia. Za „pogody charakterystyczne” uznano te, które w średniej rocznej strukturze stanów pogód pojawiają się rokrocznie oraz te które obserwuje w średniej wieloletniej strukturze każdego miesiąca. Przeprowadzona analiza wykazuje, że związki między frekwencją „charakterystycznych typów pogody”, a wskaźnikami cyrkulacji atmosferycznej są stosunkowo słabe.

**Słowa kluczowe:** klimatologia kompleksowa, pogody charakterystyczne, cyrkulacja atmosfery, wskaźniki cyrkulacji, Spitsbergen, Hornsund

#### 1. Sformułowanie zagadnienia

Przeprowadzone do chwili obecnej badania autora nad warunkami klimatycznymi Hornsundu, przy wykorzystaniu metod właściwych dla klimatologii kompleksowej pozwoliły stwierdzić, że rejon Polskiej Stacji Polarnej cechuje między innymi:

- duża zmienność warunków pogodowych, która ujawnia się zarówno w cyklu rocznym, jak i z roku na rok (Ferdynus 2004);
- istotna, w rocznej strukturze stanów pogód, rola pogód przejściowych, przymrozkowo-odwilżowych ( $t_{min} < 0^{\circ}C$  i  $t_{max} > 0^{\circ}C$ ) z zachmurzeniem dużym lub całkowitym ( $6.0 < N < 8.0$ ) z opadem ( $R > 0$  mm) i słabym wiatrem ( $1.6 < V_{\acute{s}r} < 7.9$  m/s,  $V_{max} < 11$  m/s) oraz umiarkowanie ciepłych ( $0.0^{\circ}C < t_{\acute{s}r} < 4.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} \geq 0^{\circ}C$ ) z zachmurzeniem dużym lub całkowitym ( $6.0 < N < 8.0$ ), z opadem ( $R > 0$  mm) i słabym wiatrem ( $1.6 < V_{\acute{s}r} < 7.9$  m/s,  $V_{max} < 11$  m/s) – Ferdynus 2004, 2006;
- swoiście wykształcona struktura sezonowa, nie pozostająca w ścisłym związku ani z termicznymi, ani astronomicznymi porami roku (Ferdynus 2005).

Na tle wspomnianej znacznej zmienności warunków pogodowych, której przejawem jest duża ilość obserwowanych typów pogód, ujawniają się dwa zbiory pogód, które nazwano „typami charakterystycznymi”. W pierwszym zbiorze pogód „charakterystycznych” znajdują się takie, które występują,

choć z różną frekwencją, w każdym roku badanego okresu; w latach 1980–2006 takich typów było trzystaście. Drugi zbiór pogód „charakterystycznych” reprezentują te, które obserwuje w średniej wieloletniej strukturze każdego miesiąca, tych z kolei zaobserwowano tylko sześć. W dalszej części opracowania, w celu uniknięcia nieporozumień, zamiast określenia „pierwszy czy drugi zbiór pogód charakterystycznych” stosuje się określenie „charakterystyczne typy pogody I lub II rodzaju”.

Za zmienność warunków pogodowych w Atlantycznym Rejonie Arktyki (ATR) odpowiedzialna jest przede wszystkim ożywiona działalność cyklonalna (m.in. Przybylak 1996). Można więc mniemać, że pojawianie się określonych typów pogód powinno być związane między innymi z napływem określonych mas powietrza. Kierunki adwekcji mas w rejonie Spitsbergenu dobrze opisują wskaźniki Niedźwiedzia, które są wyrażone za pomocą niemianowanych liczb. Te z kolei są sumą punktów wagowych przypisanych poszczególnym typom cyrkulacji. Niedźwiedź (2001, 2006) stosuje trzy wskaźniki: cyrkulacji strefowej (W), południkowej (S), cykloniczności (C). Dodatkowo wartości wskaźników W i S wskazują na przewagę w danym miesiącu napływu mas powietrza odpowiednia z zachodu i południa, ujemne – ze wschodu i północy. Dodatkowo wartości wskaźnika C oznaczają przewagę sytuacji cyklonalnych nad antycyklonalnymi. Wartości wskaźników informują o natężeniu adwekcji z danego kierunku i jej charakterze (cyklonalnej i antycyklonalnej). Określenie zależności pomiędzy frekwencją „charakterystycznych typów pogody” a wskaźnikami cyrkulacji Niedźwiedzia stanowi cel niniejszego opracowania.

## 2. Metoda i materiały obserwacyjne

Aby określić roczną strukturę stanów pogód rejonu Stacji w Hornsundzie wykorzystano metody właściwe dla klimatologii kompleksowej stosując klasyfikację pogód Marsza (1992) wykorzystaną we wcześniejszych pracach autora (m.in. Ferdynus 1997). Okresem, dla którego dokonano klasyfikacji była konkretna doba, a elementami ją charakteryzującymi średnia, maksymalna i minimalna temperatura powietrza (T), średnia wielkość zachmurzenia ogólnego (N), suma opadów atmosferycznych (R) oraz średnia i maksymalna prędkość wiatru (V). Sklasyfikowane w pogody doby pogrupowano i określono frekwencję poszczególnych jednostek klasyfikacyjnych, którymi są: grupa, podgrupa, klasa i typ pogody. Po określeniu rocznej struktury stanów pogód dokonano obliczeń korelacji frekwencji charakterystycznych typów pogód ze wskaźnikami cyrkulacji Niedźwiedzia.

Dane wykorzystane do wykonania niniejszego opracowania pochodzą ze Stacji Polarnej IG PAN w Hornsundzie, z okresu 1980–2006 (bez danych od VI 1981 do VIII 1982), które były opublikowane w rocznikach meteorologicznych IMGW w Gdyni oraz Instytut Geofizyki PAN. Z kolei wartości wskaźników Niedźwiedzia pozyskano z jego wcześniejszych prac (Niedźwiedź 2001, 2006).

## 3. Pogody charakterystyczne

Jak wspomniano, wśród pogód obserwowanych w Hornsundzie wyróżnić można dwa zbiory pogód, które nazwano charakterystycznymi. Pierwszy rodzaj to pogody, jakie występują w każdym roku badanego okresu. Z kolei drugi rodzaj pogód charakterystycznych to te, które obserwowane są w średniej wieloletniej strukturze każdego miesiąca

Wśród 215 typów pogód, które występują w Hornsundzie jedynie trzystaście pojawia się, chociaż z różną frekwencją, każdego roku (tab. 1), wśród nich znajdują się pogody z siedmiu grup pogód: od bardzo mroźnych ( $-10.0^{\circ} < t_{sr} < -19.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} < 0^{\circ}C$ ), mroźnych ( $-5.0^{\circ} < t_{sr} < -9.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} < 0^{\circ}C$ ) i umiarkowanie mroźnych ( $-0.0^{\circ} < t_{sr} < -4.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} < 0^{\circ}C$ ) poprzez przejściowe ( $t_{min} < 0^{\circ}$  i  $t_{max} > 0^{\circ}C$ )

do umiarkowanie ciepłych ( $0.0^{\circ} < t_{sr} < 4.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} \geq 0^{\circ}C$ ). Wśród pogód przejściowych i umiarkowanie ciepłych są to zawsze pogody z zachmurzeniem dużym lub całkowitym ( $6.0 < N < 8.0$ ), a wśród pogód z grupy mroźnych (umiarkowanie mroźnych, mroźnych i bardzo mroźnych) spotyka się także te z zachmurzeniem umiarkowanym ( $2.1 < N < 5.9$ ). Jedynie w grupie pogód bardzo mroźnych spotykamy także, oprócz pogód z zachmurzeniem umiarkowanym, pogody bezchmurne ( $0.0 < N < 2.0$ ). Wśród zanotowanych charakterystycznych typów pogody spotykamy zarówno pogody z opadem ( $R > 0$  mm), jak i bez ( $R = 0$  mm); z reguły cechuje się słaby wiatr ( $1.6 < V_{sr} < 7.9$  m/s,  $V_{max} < 11$  m/s), jedynie pogoda bardzo mroźna związana jest z wiatrem silnym ( $8.0 < V_{sr} < 16.9$  m/s,  $V_{max} < 17$  m/s), a przejściowa przymrozkowo-odwilżowa z wiatrem słabym z okresami wiatru silnego ( $1.6 < V_{sr} < 7.9$  m/s,  $V_{max} \geq 11$  m/s).

Najczęściej spotykaną, wśród „charakterystycznych typów pogody”, jest pogoda umiarkowanie ciepła z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem. Pogoda ta osiąga średnią frekwencję 6.89%, przy czym w poszczególnych latach badanego okresu zmienia się ona od 14.79% w roku 2006 do 6.89% w 1996. Następną w kolejności jest pogoda przejściowa, przymrozkowo-odwilżowa z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem (6311), która pojawia się z frekwencją 6.32% (od 12.84% w 1984 do 0.82% w 2001). Kolejne dwa typy osiągają zbliżoną częstość: 4.86% (od 9.29% w roku 1980 do 1.37% w 1982) i 4.18% (max. 7.95% w roku 1983, a min. 0.82% w 2000) i są to odpowiednio: 7301 – pogoda umiarkowanie ciepła z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, bez opadu i słabym wiatrem oraz 3201 – bardzo zimna, z zachmurzeniem umiarkowanym, bez opadu i słabym wiatrem. Analiza frekwencji minimalnych frekwencji wymienionych wyżej oraz pozostałych, wymienionych w tabeli 1 „charakterystycznych typów pogód”, pozwala zauważyć, że ich niewielka frekwencja nakazuje je traktować jako element akcesoryczny.

Tabela 1 – Table 1

Średnia, maksymalna i minimalna frekwencja [%] charakterystycznych typów pogód oraz współczynniki korelacji między ich frekwencją a wskaźnikami Niedźwiedzia. Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie

Average, maximum and minimum frequency [%] of characteristic types of weather and coefficients of correlation between their frequency and Niedźwiedź's index. The statistically significant values been printed in bold

Typy pogody Weather types	Frekwencja (1980–2006) Frequency (1980–2006)			Korelacja ze wskaźnikiem cyrkulacji: Correlation with the circulation index:		
	Średnia Mean	Maksymalna Maximum	Minimalna Minimum	W	S	C
3101	3.11	6.27	1.37	-0.01	-0.21	-0.27
3201	4.18	7.95	0.82	-0.34	-0.30	-0.11
3203	1.67	3.87	0.27	<b>-0.39</b>	-0.10	-0.10
4201	2.72	4.98	0.55	-0.16	0.00	-0.07
4211	1.06	3.14	0.27	0.36	0.37	-0.10
4311	2.40	4.98	0.55	0.11	<b>0.48</b>	-0.25
5201	1.71	5.25	0.27	-0.10	0.07	0.06
5311	2.52	7.38	0.75	0.21	<b>0.48</b>	-0.11
6301	3.17	4.93	0.55	-0.26	0.02	0.34
6311	6.32	12.84	0.82	-0.23	0.34	-0.06
6312	1.78	3.74	0.27	0.06	0.21	0.17
7301	4.86	9.29	1.37	0.11	-0.01	0.11
7311	6.86	14.79	1.38	0.16	<b>0.48</b>	<b>0.52</b>

W tabeli 1 zestawiono współczynniki korelacji pomiędzy frekwencją „charakterystycznych typów pogód” a wartościami wskaźników Niedźwiedzia. Analiza tych wartości pozwala zauważyć, że jedynie w pięciu przypadkach zależności te są istotne statystycznie. Pogoda (3203) bardzo mroźna, z zachmurzeniem umiarkowanym, bez opadu i silnym wiatrem wykazuje ujemną korelację (-0.39) ze wskaźnikiem W. Pozostałe istotne korelacje są dodatnie, i tak ze wskaźnikiem S korelują na poziomie 0.48 trzy typy pogody: 4311 (mroźne, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem), 5311 (umiarkowanie mroźne, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem) oraz 7311, (umiarkowanie ciepłe, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem). W przypadku pogody umiarkowanie ciepłej, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem obserwuje się także dodatnią korelację, na poziomie 0.52, ze współczynnikiem C.

Analiza istotnych statystycznie współczynników korelacji pozwala zauważyć, że w przypadku pogód 3203, 4311 i 5311, stosunkowa duża jego wartość spowodowana jest faktem, że średnia frekwencja tych pogód jest stosunkowo niewielka. W przypadku pogody 7311 ważne wydaje się to, że jej frekwencja istotnie statystycznie skorelowana jest z dwoma wskaźnikami – cyrkulacji południowej (S) i cykloniczności (C), w jednym i drugim przypadku są to korelacje dodatnie.

Analiza frekwencji typów pogód w kolejnych miesiącach roku z okresu objętego analizą pozwoliła wyróżnić II rodzaj pogód „charakterystycznych”. Są to pogody, które w średniorocznej strukturze stanów pogód notuje się, w każdym miesiącu roku. Jak wspomniano wcześniej znaleziono jedynie sześć takich typów pogód (tab. 2). W trzech przypadkach są to pogody umiarkowanie mroźne ( $-0.0^{\circ} < t_{sr} < -4.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} < 0^{\circ}C$ ), w dwóch przejściowe, przymrozkowo-odwilżowe ( $t_{min} < 0^{\circ}$  i  $t_{max} > 0^{\circ}$ ) i w jednym pogody umiarkowanie ciepłe ( $0.0^{\circ} < t_{sr} < 4.9^{\circ}C$ ,  $t_{min} \geq 0^{\circ}C$ ). Są to więc pogody z okołozerowymi średnimi dobowymi temperaturami powietrza. Wśród notuje się zarówno pogody z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, jak i z zachmurzeniem umiarkowanym, z opadem jak i bez, i w każdym jednym przypadku ze słabym wiatrem.

Związek pogód „charakterystycznych” II rodzaju z kierunkami adwekcji mas powietrza w rejonie Spitsbergenu przebadano podobnie, jak pogód „charakterystycznych” I rodzaju, czyli obliczając korelacje zachodzące między ich średnią miesięczną frekwencją a odpowiednimi miesięcznymi wskaźnikami Niedźwiedzia. Wyniki tej analizy zamieszczono w tabeli 2, przy czym umieszczono w niej jedynie wartości istotne statystycznie. Wartości pogrubione oznaczają, że dany typ pogody zanotowano ponad dziesięciokrotnie w badanym okresie, na przykład pogodę 5201 zanotowano w dziesięciu wrześniach badanego okresu, a pogodę 7311 w dwudziestu trzech.

Analiza danych z tabeli 2 pozwala zauważyć, że współczynniki korelacji między charakterystycznymi typami pogody a wskaźnikami cyrkulacji Niedźwiedzia są istotne statystycznie i wystąpiły ponad dziesięciokrotnie jedynie w maju, wrześniu i grudniu. W maju pogoda (6201) przejściowa, przymrozkowo-odwilżowa z zachmurzeniem umiarkowanym, bez opadu i słabym wiatrem istotnie koreluje na poziomie  $r = 0.42$  ze wskaźnikiem cyrkulacji zachodniej (adwekcje z zachodu) i na poziomie  $r = -0.61$  ze wskaźnikiem cyrkulacji południkowej (adwekcje z północy). Z kolei w grudniu pogoda 5311 (umiarkowanie mroźna, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem) wykazuje dodatnie korelacje zarówno ze wskaźnikiem cyrkulacji strefowej (W) jak i południkowej (S) – na poziomie 0.42 i 0.63 odpowiednio. Bardziej skomplikowana sytuacja występuje we wrześniu, kiedy to aż cztery różne typy pogody (zanotowane w ponad dziesięciu wrześniach) mają istotne statystycznie współczynniki korelacji ze wskaźnikami Niedźwiedzia, przy czym są one z reguły ujemne. Pogody: 5201 (umiarkowanie mroźna, z zachmurzeniem umiarkowanym, bez opadu i słabym wiatrem), 5301 (umiarkowanie

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji między frekwencją charakterystycznych typów pogód a wartościami wskaźników: cyrkulacji strefowej – zachodniej (W), południkowej – południowej (S) i cyklogeniczności (C).

W tabeli umieszczono tylko współczynniki istotne statystycznie. Wartości pogrubione oznaczają, że dany typ pogody zanotowano ponad dziesięciokrotnie

Coefficients of correlation between the frequency of characteristic types of weathers and values of the W index (zonal westerly circulation index), S index (meridional southerly circulation index) and C index (cyclonicity index).

The table contains only coefficients statistically significant. Values in bold mean that the specific weather type was noticed over ten times

Typ pogody Weather type	Wskaźnik cyrkulacji Circulation index	Miesiąc – Month											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5201	W									0.43	<b>-0.54</b>		
	S	0.46											
	C			0.48				-0.44					
5301	W									0.45	<b>-0.40</b>		
	S		0.44	0.42									0.43
	C	0.43			-0.45			-0.44					
5311	W		0.43										<b>0.42</b>
	S												<b>0.63</b>
	C							-0.44					
6201	W					<b>0.42</b>							
	S					<b>-0.61</b>	0.48			-0.48		0.44	
	C	<b>-0.39</b>								-0.42			
6301	W						-0.44			<b>-0.40</b>			
	S									<b>-0.41</b>			0.52
	C												
7311	W			0.62			0.47	0.63		<b>0.49</b>		0.50	
	S	0.45			0.65							0.53	
	C						0.41	0.40					

mroźna, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, bez opadu i słabym wiatrem) wykazują istotne statystycznie zależności ze wskaźnikiem (S), a pogoda 6301 (przejściowa, przymrozkowo-odwilżowa, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, bez opadu i słabym wiatrem) ze wskaźnikiem W oraz ze wskaźnikiem S. Dodatnia korelacja, ze wskaźnikiem W na poziomie 0.49 występuje jedynie w przypadku pogody 7311 (umiarkowanie ciepła, z zachmurzeniem dużym lub całkowitym, z opadem i słabym wiatrem).

#### 4. Podsumowanie

„Charakterystyczne dla Hornsundu typy pogody” zarówno z pierwszego, jak i drugiego zbioru to pogody z zachmurzeniem dużym lub całkowitym oraz z zachmurzeniem umiarkowanym, z reguły z opadem i słabym wiatrem. W przypadku pogód z pierwszego zbioru, należą one do pięciu grup pogód, a z drugiego jedynie do trzech, te ostatnie to pogody z okołozerowymi temperaturami powietrza.

Przeprowadzona analiza wykazuje, że związki między frekwencją „charakterystycznych typów pogody” a wskaźnikami cyrkulacji atmosferycznej są stosunkowo słabe. Jest to o tyle dziwne, że

poszczególne elementy klimatyczne wykazują dość silne związki z typami cyrkulacji Niedźwiedzia (m. in. Niedźwiedź i Ustrnul, 1988a i b, 1989)

Niektóre z zaznaczających się w tabeli 2 istotnych współczynników korelacji, jak wskazuje analiza wykresów rozrzutu, mogą stanowić efekt działania przypadków odstających oraz faktu, że w strukturze pogód wzrost frekwencji jednego typu pogody pociąga za sobą zmniejszenie innego (innych) typu, co może stanowić przyczynę „przypadkowego” wzrostu współczynnika korelacji i poziomu jego ufności.

Analiza zależności statystycznych pomiędzy frekwencją „charakterystycznych typów pogód” a wskaźnikami cyrkulacji Niedźwiedzia wskazuje, że o genezie określonych typów pogód w niewielkim stopniu decyduje czynnik cyrkulacyjny. Obliczone współczynniki korelacji osiągają maksymalnie wartości 0.63, wśród pogód z pierwszego zbioru i 0.52 wśród pogód drugiego zbioru. Fakt ten wskazuje, że genezę określonych typów pogód należy rozpatrywać łącznie z innymi czynnikami, na przykład z rozkładem lodów w rejonie Spitsbergenu. Napływ mas powietrza z zachodu, gdy akweny na zachód od Spitsbergenu są wolne od lodu będzie skutkował powstaniem innego typu pogody, niż gdy ta sama masa powietrza przemieszczała się na obszarze pokrytym zwartym pakiem lodowym.

## Literatura

- Ferdynus J., 1997, Główne cechy klimatu morskiego strefy subpolarnej Północnego Atlantyku w świetle struktury stanów pogód, WSM w Gdynia: 138 s.
- Ferdynus J., 2004, Roczna struktura stanów pogody w Hornsundzie (SW Spitsbergen). Polish Polar Studies. XXX Międzynarodowe Sympozjum Polarne: 81–94.
- Ferdynus J., 2005, Sezony pogodowe w Hornsundzie (SW Spitsbergen) w latach 1982–2003. Problemy Klimatologii Polarnej, 15: 83–90.
- Ferdynus J., 2006, Pogody przymrozkowo-odwilżowe w rocznej strukturze stanów pogód Hornsundu (SW Spitsbergen) w latach 1980–2005. Problemy Klimatologii Polarnej, 16: 115–124.
- Ferdynus J., Marsz A. A., 2000, Struktura stanów pogody i sezonowość pogodowa, [w:] Główne cechy klimatu rejonu polskiej stacji antarktycznej im. H. Arctowskiego, WSM w Gdyni: 143–162.
- Marsz A.A., 1992, Struktura pogód i roczna sezonowość klimatu Stacji Arctowskiego. Problemy Klimatologii Polarnej, 2: 30–49.
- Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1988a. Wpływ sytuacji synoptycznych na stosunki opadowe w Hornsundzie (Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 196–201.
- Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1989. Wpływ sytuacji synoptycznych na kształtowanie się zachmurzenia w Hornsundzie. XVI Sympozjum Polarne. Dorobek i Perspektywy Polskich Badań Polarnych. Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń: 158–160.
- Niedźwiedź T., 2001, Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku. Problemy Klimatologii Polarnej, 11: 7–26.
- Niedźwiedź T., 2006, Główne cechy cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem (XII.1950–IX.2006). Problemy Klimatologii Polarnej, 16: 91–105.
- Przybylak R., Zmienność cyrkulacji atmosfery w Arktyce w okresie 1939-1990. Problemy Klimatologii Polarnej, 5: 133–147.

## Summary

In this work there is presented statistical dependence between characteristic types of weather and Niedźwiedź's circulation index (as characteristic weather was taken that when in average yearly weather condition structure the specific weather appears every year and the weather that can be observed in multi-yearly structure of each month).

The analysis shows that relationship between frequency of „characteristic types of weather” and atmosphere circulation coefficients are relatively weak. Therefore it can be stated that circulation factor has little influence on the origin of specific types of weather. The origin of specific types of weather should be examined along with other factors, for example ice melting in the area of Spitsbergen.