

PRĘDKOŚĆ WIATRU W REJONIE SVALBARDU W ŚWIETLE ZMIAN WARUNKÓW CYRKULACYJNYCH I ŚRODOWISKOWYCH

SURFACE WIND SPEED IN SVALBARD AREA IN RELATION TO CIRCULATION AND ENVIRONMENTAL CHANGES

Grzegorz Kruszewski

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

Zarys treści. Praca charakteryzuje związki prędkości wiatru w dwunastu punktach gridowych z rejonu Svalbardu z ciśnieniem atmosferycznym, wybranymi wskaźnikami cyrkulacyjnymi i temperaturą powierzchni morza w okresie 1950-2009. Związki synchroniczne średniej rocznej i sezonowych prędkości wiatru z ciśnieniem atmosferycznym w tych samych punktach (korelacje ujemne) są zmienne w przestrzeni (silniejsze na północy) i niestabilne w czasie (słabsze w ostatnich 30. latach). Podobnie istotne korelacje prędkości wiatru ze wskaźnikiem cyrkulacji „C” Niedźwiedzia dla Spitsbergenu najliczniej występują zimą i wykazują „przesuwanie się” w czasie z północy na południe badanego obszaru. W ostatnich 30. latach odnotowano także bardzo silne związki zimowej wartości wskaźnika „S” z prędkością wiatru – najwyraźniejsze w NE części Svalbardu. W tym samym rejonie najsilniej zaznaczają się także związki rocznej prędkości wiatru z temperaturą morza.

Słowa kluczowe: Svalbard, prędkość wiatru, cyrkulacja atmosferyczna, temperatura powierzchni morza.

1. Wprowadzenie

Prędkość wiatru w rejonie Svalbardu wykazuje statystycznie istotny wzrost wartości rocznych. Kruszewski (2009) w oparciu o dane reanaliz NCEP/NCAR z ostatnich 61 lat wykazał, że dodatnie trendy prędkości wiatru zaznaczają się najsilniej w północno-zachodniej części tego obszaru (82,5°N, 10°E) a przyrosty prędkości w szerokościach 80°N i 75°N są wyraźnie niższe. Doprowadziło to do wyrównania się w ostatnich 30. latach prędkości wzdłuż równoleżnika 82,5°N oraz zmniejszenia różnic prędkości pomiędzy południową i północną częścią badanego obszaru. Dodatkowo okazało się, że wzrost prędkości wiatru nasila się w ostatnich latach (wzrost współczynników kierunkowych trendów jak i ich istotności statystycznej) w stosunku do wcześniejszych okresów 30-letnich.

Zmiany intensywności cyrkulacji atmosfery związane są nieodłącznie ze zmianami ciśnienia atmosferycznego (a w zasadzie jego różnicami w przestrzeni). Wstępne badania autora sugerowały, że związki rocznej prędkości wiatru z wartością ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w tych samych punktach gridowych są dość słabe, a zmiany ciśnienia objaśniają do kilkunastu procent

zmienności rocznej prędkości wiatru. Postanowiono sprawdzić, czy istnieją tego typu związki w przypadku wartości miesięcznych (oraz jak wygląda ich stabilność czasowa). Być może zmiany prędkości wiatru w rejonie Svalbardu powiązane są ze zmianami ciśnienia poza rozpatrywanym obszarem (poprzez zmiany wartości gradientu barycznego) a opisywanymi chociażby przez wskaźnik AO (Thompson i Wallace, 1998), lub innymi, nie uwzględnionymi tu zmianami ciśnienia w przestrzeni. W skali regionalnej zmiany cyrkulacji nad Spitsbergenem dobrze charakteryzują wskaźniki Niedźwiedzia (1997, 2006). Autor ten wykazał istnienie dodatnich trendów w rocznej częstości występowania cyrkulacji zachodniej i południowej oraz wskaźnika cykloniczności dla okresów zbliżonych do analizowanych przez Kruszewskiego (2009). Zachodzi więc pytanie, czy zmiany prędkości wiatru można stosunkowo prosto powiązać ze zmianami wartości wskaźników cyrkulacyjnych w regionie.

Ostatnią poruszaną kwestią jest wpływ zachodzących w rejonie Svalbardu zmian hydrologicznych, a zwłaszcza regres pokrywy lodów morskich wzdłuż północnych wybrzeży archipelagu, na prędkość wiatru. Zanik pokrywy lodowej związany ze wzrostem temperatury wody (Kruszewski 2004, Walczowski 2007, Walczowski i Piechura 2007), poprzez zmiany współczynnika tarcia i temperatury warstwy przywodnej powietrza może wpływać na najintensywniej właśnie w tym rejonie zachodzący wzrost prędkości wiatru.

2. Źródła danych i metody badawcze

Do analizy wykorzystano zbiory danych gridowych (Kalnay i in., 1996), zawierające wartości średnie miesięczne. Prędkości wiatru przy powierzchniowego (surface level) pochodzą z bazy danych NOAA-ESRL Physical Science Division, Boulder, Colorado¹, natomiast wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza pozyskano z IRI/LDEO Climate Data Library². Oba zbiory zawierają dane dla pól o identycznej rozdzielczości 2,5 x 2,5°. Wybrano dwanaście gridów leżących wzdłuż południków 10, 20 i 30°E na szerokościach od 75 do 82,5°N. W celu uproszczenia zapisu w tekście używać się będzie skróconego opisu współrzędnych. Np. grid opisany jako [75, 30] charakteryzuje prędkość wiatru w punkcie o współrzędnych geograficznych 75°N i 030°E. Do analizy wykorzystano ciągi z lat 1950-2009 (60 lat). W dalszej części pracy wykorzystano miesięczne wartości wskaźnika Oscylacji Arktycznej (AO) z tego samego okresu, które stanowią wartości 1PC (principal component) miesięcznego pola SLP w strefie 20-90°N³. Wskaźniki cyrkulacji dla Spitsbergenu zaczerpnięto z pracy Niedźwiedzia (2006) i uzupełniono dzięki uprzejmości tegoż autora do końca roku 2008, uzyskując ciąg jedynie o 2 lata krótszy niż poprzednie (1951-2008). Miesięczne wartości temperatury powierzchni morza (dalej TPM) z wybranych gridów o rozdzielczości 2°φ x 2°λ, pochodzą ze zbioru NOAA NCDC ERSST v.2⁴ (patrz Smith i Reynolds 2004). Zbiór danych ERSST v.2. kończy się na grudniu 2009 i nie będzie kontynuowany w dotychczasowej postaci.

W kolejnych etapach pracy wykorzystano analizę korelacyjną (współczynnik korelacji liniowej Pearsona), poddając korelacjom synchronicznym surowe wartości miesięczne (lub sezonowe) i roczne prędkości wiatru z poszczególnymi elementami. W przypadku ciśnienia korelowano wartości pocho-

¹ <http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html>.

² <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/NCEP-NCAR/.CDAS-1/.MONTHLY/Intrinsic/MSL>.

³ http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/monthly.ao.index.b50.current.ascii.table.

⁴ <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST/.version2/.SST/>.

dzące z tych samych punktów gridowych co prędkość wiatru, natomiast w przypadku temperatury morza (dalej TPM) ze względu na inną rozdzielczość danych korelacjom poddawano TPM z obszaru położonego najbliższej punktu, z którego pochodziła wartość prędkości wiatru. Współczynniki korelacji wyznaczano dla całego analizowanego wielolecia oraz dwóch okresów 30-letnich (1950-1979 i 1980-2009). W przypadku wskaźników Niedźwiedzia, ze względu na dostępność danych, były to okresy 29-letnie (1951-1979 i 1980-2008).

3. Roczne wartości prędkości wiatru i ich trendy

Usytuowanie gridów, z których dane poddano analizie na tle średniego wieloletniego rozkładu prędkości wiatru prezentuje ryc. 1. Szczegółowe omówienie zmienności rocznych i miesięcznych prędkości wiatru w latach 1948-2008 zawiera wcześniejsza praca autora (Kruszewski 2009). Ponieważ w niniejszej pracy posłużono się nieco innymi przedziałami czasu niż poprzednio, w celach porównawczych obliczono ponownie średnie roczne prędkości wiatru oraz współczynniki ich trendu liniowego dla nowych przedziałów czasowych. Wyniki zawarte są w tabeli 1. Jak należało się spodziewać przesunięcie okresów uśredniania o 2 lata nie zmieniło w istotny sposób wartości średnich, które po zaokrągleniu nie różnią się o więcej niż o 0,1 m·s⁻¹. Wielkości trendów nieznacznie się zmieniły, jednak ogólny obraz pozostał zbliżony. W stosunku do lat 1948-2008 w wieloleciu 1950-2009 trendy w północnej części obszaru uległy nieznacznemu wzmocnieniu przy zachowaniu wysokiej istotności statystycznej. W latach 1950-1979 w stosunku do okresu 1948-1977 wzmocnieniu uległy tendencje wzrostu prędkości w gridach [75, 30], [82,5; 20] i [82,5; 30], natomiast osłabieniu trendy ujemne w gridach [77,5; 10], [77,5; 20] oraz zanikły trendy ujemne na 80 równoleżniku. W latach 1980-2009 w stosunku do wielolecia 1978-2008 wszystkie dodatnie trendy okazały się nieznacznie słabsze, dotyczy to zarówno wartości jak i istotności statystycznej.

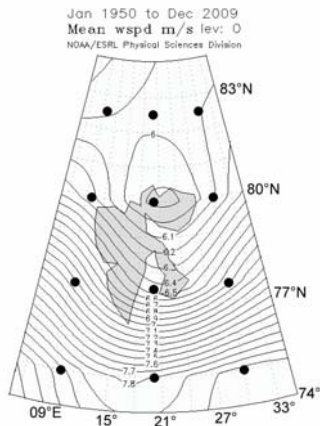
Tabela 1 – Table 1

Średnie roczne prędkości wiatru V (m·s⁻¹) i ich współczynniki trendu T (m·s⁻¹·rok⁻¹)
w różnych przedziałach czasu

Average annual wind speed values V (m·s⁻¹) and their linear trends T (m·s⁻¹ per year) for different time periods

Grid	1950-2009 (n = 60)		1950-1979 (n = 30)		1980-2009 (n = 30)	
	V	T	V	T	V	T
75°N, 10°E	8,0	+0,006	7,9	-0,003	8,1	+0,004
75°N, 20°E	7,8	+0,010*	7,6	+0,003	8,0	+0,007
75°N, 30°E	8,0	+0,010*	7,9	+0,019	8,2	+0,009
77,5°N, 10°E	7,1	+0,000	7,0	-0,023*	7,2	+0,006
77,5°N, 20°E	6,4	-0,000	6,5	-0,015	6,4	+0,013
77,5°N, 30°E	6,8	+0,004	6,8	+0,006	6,8	+0,013
80°N, 10°E	6,2	+0,014*	6,0	+0,001	6,5	+0,017
80°N, 20°E	5,9	+0,010*	5,7	-0,000	6,0	+0,020
80°N, 30°E	6,1	+0,009*	6,0	+0,006	6,2	+0,016
82,5°N, 10°E	6,0	+0,021*	5,7	+0,012	6,3	+0,027*
82,5°N, 20°E	6,0	+0,018*	5,8	+0,016	6,3	+0,018
82,5°N, 30°E	6,1	+0,015*	5,9	+0,016	6,3	+0,010

Wartości pogrubione istotne na poziomie p = 0,05; oznaczone * na poziomie p = 0,01
Values printed in bold significant on 95% level; marked * significant on 99% level



Ryc.1. Rozkład wieloletniej (1950-2009) prędkości wiatru [m·s⁻¹] z położeniem gridów uwzględnionych w analizie. Obraz uzyskany z NOAA-ESRL

Fig. 1. Average (1950-2009) surface wind speed [m·s⁻¹] distribution with the location of analysed grid points. Image provided by the NOAA-ESRL Physical Sciences Division

W wieloletniu 1950-2009 obserwujemy statystycznie istotne trendy wzrostu średniej rocznej prędkości wiatru wszędzie, poza równoleżnikiem 77,5°N. Na północy badanego obszaru wartości trendów są największe i maleją przy przesuwaniu się na wschód. W latach 1980-2009 obserwujemy wyraźne wzmocnienie tendencji wzrostu i jej istotności statystycznej w większości gridów w stosunku do poprzednich 30. lat.

4. Związki prędkości wiatru z ciśnieniem atmosferycznym

Analizie poddano ciągi danych pochodzących z tych samych punktów gridowych w ujęciu miesięcznym oraz rocznym. Synchroniczne korelacje określono dla trzech przedziałów czasowych: 1950-2009, 1950-1979 i 1980-2009, aby móc ocenić stabilność wykrytych związków w czasie. Odpowiednie współczynniki korelacji zawierają tabele 2, 3 i 4.

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji liniowej między miesięcznymi i rocznymi prędkościami wiatru a wartościami ciśnienia atmosferycznego w tych samych gridach w okresie 1950-2009 (n = 60)

Coefficients of linear correlation between monthly and annual average wind speed and atmospheric pressure values at same grid points (1950-2009; n = 60)

Grid	Miesiąc – Month												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
75°N, 10°E	-0,29	-0,28	-0,27	-0,11	-0,29	-0,14	-0,08	-0,28	-0,44	-0,13	-0,24	-0,22	-0,24
75°N, 20°E	-0,20	-0,17	-0,08	-0,06	-0,18	-0,13	-0,16	-0,13	-0,33	-0,14	-0,13	-0,10	-0,21
75°N, 30°E	-0,23	-0,19	-0,08	-0,17	-0,10	-0,25	-0,31	-0,30	-0,27	-0,26	-0,15	-0,10	-0,35
77,5°N, 10°E	-0,30	-0,38	-0,08	-0,35	-0,29	-0,40	-0,12	-0,30	-0,45	-0,27	-0,37	-0,25	-0,14
77,5°N, 20°E	-0,22	-0,24	-0,06	-0,22	-0,24	-0,35	-0,40	-0,29	-0,46	-0,38	-0,18	-0,17	-0,04
77,5°N, 30°E	-0,33	-0,20	-0,15	-0,34	-0,19	-0,41	-0,54	-0,30	-0,43	-0,35	-0,15	-0,19	-0,21
80°N, 10°E	-0,45	-0,34	-0,05	-0,34	-0,36	-0,36	-0,36	-0,33	-0,43	-0,31	-0,46	-0,30	-0,35
80°N, 20°E	-0,35	-0,25	-0,16	-0,36	-0,42	-0,45	-0,46	-0,40	-0,48	-0,30	-0,33	-0,30	-0,32
80°N, 30°E	-0,34	-0,24	-0,35	-0,45	-0,43	-0,35	-0,43	-0,33	-0,40	-0,32	-0,26	-0,33	-0,35
82,5°N, 10°E	-0,38	-0,29	-0,16	-0,30	-0,41	-0,22	-0,35	-0,27	-0,40	-0,28	-0,40	-0,26	-0,37
82,5°N, 20°E	-0,30	-0,27	-0,21	-0,29	-0,41	-0,32	-0,36	-0,34	-0,40	-0,32	-0,32	-0,24	-0,39
82,5°N, 30°E	-0,20	-0,19	-0,26	-0,31	-0,42	-0,29	-0,32	-0,37	-0,33	-0,35	-0,21	-0,18	-0,36

Wartości pogrubione istotne na poziomie p = 0,05 – Values printed in bold significant on 95% level

W wieloleciu 1950-2009 obserwujemy statystycznie istotne związki synchroniczne średniej rocznej prędkości wiatru z ciśnieniem atmosferycznym w tych samych punktach (korelacje ujemne). Związki te w przypadku wartości rocznych są stosunkowo słabe i zaznaczają się w szerokościach 80 i 82,5°N oraz gridzie [75, 30]. Najwyższy bezwzględnie współczynnik korelacji $r = -0,39$ odnotowano w gridzie [82,5; 20]. Można więc stwierdzić, że zmiany rocznej wartości ciśnienia objaśniają w najlepszym przypadku około 15% zmienności rocznej prędkości wiatru w tym samym punkcie. W przypadku ciągów wartości miesięcznych korelacje istotne najliczniej występują we wrześniu (we wszystkich 12 gridach). Siła związku największa jest jesienią w środkowej i północnej części obszaru, zimą w części NW a wiosną w NE. Latem najsilniejsze związki występują w części środkowej i wschodniej, osiągając w gridzie [77,5; 30] w lipcu wartość $r = -0,54$.

Tabela 3 – Table 3

Współczynniki korelacji liniowej między miesięcznymi i rocznymi prędkościami wiatru a wartościami ciśnienia atmosferycznego w tych samych gridach w okresie 1950-1979 (n = 30)

Coefficients of linear correlation between monthly and annual average wind speed and atmospheric pressure values at same grid points (1950-1979; n = 30)

Grid	Miesiąc – Month												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
75°N, 10°E	-0,12	-0,19	-0,42	-0,19	-0,18	-0,18	-0,31	-0,25	-0,39	-0,17	-0,24	-0,10	-0,01
75°N, 20°E	-0,15	+0,09	-0,20	0,00	-0,14	-0,09	-0,46	-0,14	-0,40	-0,13	-0,19	+0,07	-0,05
75°N, 30°E	-0,34	+0,01	-0,18	-0,26	-0,14	-0,23	-0,62	-0,34	-0,45	-0,31	-0,19	+0,18	-0,38
77,5°N, 10°E	-0,34	-0,34	-0,20	-0,45	-0,28	-0,28	-0,30	-0,25	-0,24	-0,36	-0,25	-0,04	-0,12
77,5°N, 20°E	-0,40	-0,14	-0,20	-0,32	-0,25	-0,23	-0,51	-0,29	-0,41	-0,48	-0,07	-0,03	-0,14
77,5°N, 30°E	-0,50	-0,01	-0,16	-0,56	-0,19	-0,34	-0,72	-0,38	-0,51	-0,44	-0,02	-0,14	-0,30
80°N, 10°E	-0,46	-0,39	-0,10	-0,51	-0,35	-0,24	-0,49	-0,33	-0,38	-0,44	-0,26	-0,22	-0,54
80°N, 20°E	-0,52	-0,39	-0,22	-0,69	-0,40	-0,36	-0,49	-0,40	-0,53	-0,33	-0,08	-0,20	-0,45
80°N, 30°E	-0,57	-0,31	-0,31	-0,71	-0,36	-0,24	-0,46	-0,31	-0,53	-0,33	+0,02	-0,33	-0,41
82,5°N, 10°E	-0,36	-0,46	-0,21	-0,59	-0,39	-0,26	-0,41	-0,20	-0,42	-0,40	-0,18	-0,27	-0,60
82,5°N, 20°E	-0,40	-0,50	-0,22	-0,56	-0,34	-0,26	-0,39	-0,32	-0,42	-0,40	-0,07	-0,33	-0,50
82,5°N, 30°E	-0,38	-0,45	-0,23	-0,51	-0,31	-0,23	-0,28	-0,33	-0,41	-0,43	+0,05	-0,38	-0,36

Wartości pogrubione istotne na poziomie $p = 0,05$ – Values printed in bold significant on 95% level

W wieloleciu 1950-1979 istotne związki (tab. 3) rocznej prędkości wiatru z ciśnieniem atmosferycznym (korelacje ujemne) są wyraźniejsze ($r = -0,60$ odnotowano w gridzie [82,5; 10]), ale ich rozkład w przestrzeni niemal identyczny jak w 60. leciu. Nie powinno to dziwić, zważywszy fakt, że w okresie 1980-2009 istotnych korelacji wartości rocznych brak, więc siłę związku w całym 60-leciu determinuje pierwsze 30. lat. Wyraźna zmiana wartości, a nawet znaku, odpowiednich współczynników korelacji dowodzi wysokiej niestabilności czasowej związku ciśnienia z prędkością wiatru, a w zasadzie jego zaniku (wartości roczne) w ostatnich 30. latach.

Korelacje wartości miesięcznych w rozpatrywanych 30. leciach (tab. 3 i 4) wyraźnie różnią się między sobą, co potwierdza słabą stabilność czasową badanej zależności. Podobnie jak w przypadku wartości rocznych, bezwzględnie wyższe co do wartości i liczniejsze przypadki korelacji istotnych odnotowano w latach 1950-1979. Jedynie w wybranych miesiącach ciepłej połowy roku w szerokościach 77,5-80°N można się doszukać w obu 30. leciach podobnej siły związku.

Tabela 4 – Table 4

Współczynniki korelacji liniowej między miesięcznymi i rocznymi prędkościami wiatru a wartościami ciśnienia atmosferycznego w tych samych gridach w okresie 1980-2009 (n = 30)

Coefficients of linear correlation between monthly and annual average wind speed and atmospheric pressure values at same grid points (1980-2009; n = 30)

Grid	Miesiąc – Month												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
75°N, 10°E	-0,44	-0,30	-0,16	-0,01	-0,34	-0,12	+0,18	-0,32	-0,50	-0,11	-0,25	-0,33	-0,23
75°N, 20°E	-0,10	-0,29	+0,03	-0,04	-0,16	-0,19	+0,10	-0,13	-0,26	-0,12	-0,07	-0,24	-0,09
75°N, 30°E	-0,02	-0,31	0,00	-0,04	-0,02	-0,25	-0,06	-0,25	-0,09	-0,17	-0,10	-0,29	-0,17
77,5°N, 10°E	-0,30	-0,38	+0,01	-0,21	-0,30	-0,51	+0,06	-0,33	-0,69	-0,17	-0,48	-0,42	-0,07
77,5°N, 20°E	-0,10	-0,30	+0,09	-0,14	-0,26	-0,46	-0,28	-0,28	-0,50	-0,24	-0,32	-0,32	+0,05
77,5°N, 30°E	-0,22	-0,35	-0,14	-0,12	-0,23	-0,50	-0,39	-0,19	-0,35	-0,24	-0,32	-0,22	-0,04
80°N, 10°E	-0,21	-0,14	+0,05	-0,15	-0,37	-0,49	-0,25	-0,33	-0,45	-0,18	-0,60	-0,33	+0,13
80°N, 20°E	-0,13	-0,04	-0,10	-0,09	-0,47	-0,53	-0,42	-0,40	-0,39	-0,27	-0,50	-0,32	-0,02
80°N, 30°E	-0,14	-0,13	-0,44	-0,18	-0,54	-0,44	-0,41	-0,34	-0,24	-0,30	-0,45	-0,30	-0,13
82,5°N, 10°E	-0,13	+0,07	-0,09	-0,01	-0,43	-0,20	-0,28	-0,27	-0,31	-0,16	-0,58	-0,25	+0,15
82,5°N, 20°E	-0,02	+0,11	-0,19	-0,03	-0,48	-0,36	-0,34	-0,34	-0,30	-0,26	-0,49	-0,19	-0,01
82,5°N, 30°E	+0,09	+0,18	-0,30	-0,08	-0,56	-0,33	-0,34	-0,38	-0,14	-0,28	-0,39	-0,07	-0,12

Wartości pogrubione istotne na poziomie $p = 0,05$ – Values printed in bold significant on 95% level

Znamienną cechą w porównywanych 30. latach jest przesunięcie i osłabienie obserwowanych wcześniej (1950-1979) na północy omawianego obszaru ($\geq 80^\circ\text{N}$) dość silnych korelacji między V_w a ciśnieniem z kwietnia na maj i września na listopad w drugim trzydziestolecu (1980-2009; patrz tab. 3 i 4). Może to mieć związek z przesunięciem w tych miesiącach granicy lodów morskich na północ.

5. Związki prędkości wiatru z indeksami cyrkulacji atmosferycznej

5.1. Związki z indeksem AO (Oscylacji Arktycznej)

Związki synchroniczne miesięcznych wartości prędkości wiatru z indeksem AO są słabe. W latach 1950-2009 jedynie w 20 na 144 (12 gridów x 12 miesięcy) przypadkach współczynniki korelacji osiągają próg istotności statystycznej, tworząc trzy niewielkie zgrupowania:

- we wrześniu występują w szerokościach 75 i 77,5°N a wartości współczynnika rosną z zachodu ($r = +0,26$) na wschód, najwyższą wartość współczynnika korelacji ($r = +0,36$) osiągając w gridzie [77,5; 30];
- w styczniu na 80 i 82,5°N. W tym wypadku korelacje słabną z zachodu ($r = +0,33$) w gridach [80, 10] i [82,5; 10] na wschód ($r = +0,26$) w [82,5; 30];
- w lutym istotne korelacje wystąpiły na południku 10°E od 77,5°N ($r = +0,35$) do 82,5°N ($r = +0,26$).

W wieloleciu 1950-1979 odnotowano 11 przypadków statystycznie istotnych korelacji wartości miesięcznych prędkości wiatru z indeksem AO (ponownie wszystkie dodatnie), nie tworzących skupień. Najwyższa wartość współczynnika korelacji ($r = +0,49$) wystąpiła w czerwcu w gridzie [77,5; 30]. Ponieważ liczba analizowanych przypadków równa jest 144 (12 gridów x 12 miesięcy), liczba istotnych korelacji nieznacznie wykracza poza granice $p < 0,05$, co pozwala traktować je jako przypadkowe.

W latach 1980-2009 w 9 z 12 analizowanych gridów brak na przestrzeni roku korelacji istotnych, które ograniczają się do 5 przypadków w gridach: [75, 10], [75, 20] i [77,5;10]. Dodatkowo współczynniki korelacji odnotowano we wrześniu (2 przypadki), ujemne w kwietniu i lipcu. Najwyższą bezwzględnie wartość współczynnika korelacji ($r = -0,57$) odnotowano w lipcu w gridzie [75, 20]. W tym samym gridzie adekwatny współczynnik korelacji dla lat 1950–1979 wynosił $r = +0,47$. Zwłaszcza ostatni przykład uświadamia, że charakter związków AO z prędkością wiatru jest raczej dziełem przypadku, a nie faktycznej współzależności rozpatrywanych zjawisk. Pozwala to sądzić, iż między zmiennością prędkości wiatru a zmiennością wskaźnika Oscylacji Arktycznej brak związków na rozpatrywanym obszarze.

5.2. Związki prędkości wiatru ze wskaźnikami cyrkulacji nad Spitsbergenem

Wskaźniki cyrkulacji nad Spitsbergenem charakteryzują w syntetyczny sposób sytuację synoptyczną w rejonie 75-80°N, 10-30°E (Niedźwiedz 1997), a więc praktycznie pokrywającym się z rejonem badań nad prędkością wiatru, który sięga nieznacznie dalej na północ. Do analizy wykorzystano wartości roczne i sezonowe wskaźników C, S i W, poddając je korelacjom z rocznymi i sezonowymi prędkościami wiatru w poszczególnych gridach. Dla wskaźników C i S istotne statystycznie związki z prędkością wiatru najczęściej odnotowano, obok wartości rocznych, w sezonie zimowym. Stąd tylko te, wybrane wyniki zostały zaprezentowane w formie tabelarycznej. Korelacje z okresu zimowego są o tyle istotne, że prędkości wiatru w tych miesiącach są najwyższe (Kruszewski 2009) i to właśnie ich stosunkowo duża zmienność międzyroczna w największym stopniu wpływa na wartości średnie roczne.

5.2.1. Związki prędkości ze wskaźnikiem C

W wieloleciu 1951-2008 obserwujemy statystycznie istotne związki synchroniczne średniej rocznej prędkości wiatru z indeksem cykloniczności C (korelacje dodatnie) w 8 gridach. Siła związku największa jest w północno-wschodniej części obszaru ($r = 0,42$ [80, 30] i $r = 0,36$ [82,5; 30]) – patrz tab. 5. W latach 1951–1979 istotne korelacje wystąpiły tylko na 80 równoleżniku oraz gridach [77,5; 30] i [82,5; 10], z najwyższą wartością współczynnika równą $r = 0,45$ w gridzie [80, 30]. Korelacje we wszystkich gridach są dodatnie i wyraźnie silniejsze niż w kolejnym okresie 1980-2008, kiedy związków istotnych w ogóle brak, a współczynniki korelacji są bardzo niskie i przybierają dla różnych gridów różne znaki. Sytuację taką należy interpretować w ten sposób, że w północnej części obszaru istnieją słabe współzależności rocznej prędkości wiatru z częstością sytuacji cyklonicznych, a o ich sile i istotności w całym wieloleciu 1951-2008 zadecydowała zmienność parametrów w pierwszych 29. latach.

W przypadku wartości zimowych dla całego okresu badań, korelacje są istotne statystycznie w 10 gridach i najsilniejsze w północno-zachodniej części ($r = 0,51$ [80, 10] i $r = 0,46$ [82,5; 10]). W kolejnych podokresach obserwujemy „przesuwanie się” w czasie najsilniejszych korelacji z północy obszaru (lata 1951-1979, grid [82,5; 20], $r = 0,58$) na południe (lata 1980-2008, grid [77,5; 30], $r = 0,63$), w rejon, w którym w ostatnich 30. latach przyrost prędkości wiatru był mniejszy. Częstość sytuacji cyklonicznych rośnie we wszystkich sezonach i okresach, ale statystycznie istotne są tylko trendy wartości rocznych ($+1,4 \cdot \text{rok}^{-1}$) i zimowych ($+0,6 \cdot \text{rok}^{-1}$) w całym wieloleciu 1951-2008 oraz zimowych w ostatnich 29. latach ($+1,3 \cdot \text{rok}^{-1}$). Warto wspomnieć, że latem, w szerokościach 77,5-80°N i na długościach 20 i 30°E, obserwowane związki indeksu C z prędkością wiatru osiągają istotność statystyczną we wszystkich badanych przedziałach czasu. Ponadto w obu 29.letnich współczynniki korelacji mają zbliżone wartości,

Tabela 5 – Table 5

Współczynniki korelacji liniowej między rocznymi (R) i zimowymi (Z) prędkościami wiatru a wartościami wskaźnika cykloniczności C w różnych okresach czasu

Coefficients of linear correlation between annual (R) and winter (Z) average wind speed and values of the C index (cyclonity index) for different time periods

Grid	1951-2008 (n = 58)		1951-1979 (n = 29)		1980-2008 (n = 29)	
	R	Z	R	Z	R	Z
75°N, 10°E	+0,16	+0,29	+0,17	+0,03	-0,05	+0,52
75°N, 20°E	+0,20	+0,20	+0,18	-0,18	-0,06	+0,44
75°N, 30°E	+0,27	+0,16	+0,36	-0,12	-0,06	+0,32
77,5°N, 10°E	+0,11	+0,40	+0,16	+0,28	-0,04	+0,49
77,5°N, 20°E	+0,17	+0,38	+0,27	+0,24	+0,05	+0,52
77,5°N, 30°E	+0,33	+0,43	+0,42	+0,21	+0,16	+0,63
80°N, 10°E	+0,31	+0,51	+0,41	+0,51	-0,07	+0,39
80°N, 20°E	+0,32	+0,41	+0,39	+0,46	+0,09	+0,28
80°N, 30°E	+0,42	+0,42	+0,45	+0,34	+0,26	+0,39
82,5°N, 10°E	+0,33	+0,46	+0,40	+0,52	-0,04	+0,29
82,5°N, 20°E	+0,33	+0,40	+0,34	+0,58	+0,03	+0,16
82,5°N, 30°E	+0,36	+0,35	+0,31	+0,51	+0,17	+0,12

Wartości pogrubione istotne na poziomie $p = 0,05$ – Values printed in bold significant on 95% level

co świadczy o ich stabilności w czasie (podobnie jak w przypadku ciśnienia). Zbliżoną siłę powiązań prędkości wiatru z ciśnieniem i indeksem C widać najlepiej w przypadku wartości rocznych i długiego przedziału czasu (tab. 2 i 5), co nie powinno dziwić, gdyż ciśnienie i wskaźnik C są wzajemnie bardzo silnie związane ($r \approx -0,7$ ÷ $-0,8$).

5.2.2. Związki prędkości ze wskaźnikiem S

Wskaźnik S informuje o częstotliwości cyrkulacji południkowej południowej i nad Spitsbergenem charakterystyczne są jego ujemne wartości (Niedźwiedz 2006), czyli przewaga adwekcji z północy. W wieloleciu 1951-2008 związki istotne wartości rocznych wskaźnika C z prędkością wiatru wystąpiły w całej północnej połowie obszaru i gridzie [77,5; 20] – patrz tab. 6. Największą siłę związku ($r = +0,43$) odnotowano w gridzie [82,5; 30]. Dodatni charakter korelacji świadczy o wzroście prędkości wiatru w latach ze zwiększoną częstotliwością cyrkulacji z południa. Indeks S (w przeciwieństwie do C) wykazuje na północy podobny charakter korelacji w obu 29.letniach, choć w ostatnim okresie większość współczynników osłabła i utraciła istotność statystyczną.

W przypadku wartości sezonowych korelacje istotne pojawiają się niemal wyłącznie zimą. Mają taki sam charakter jak roczne, natomiast współczynniki są wyższe i dla całego wielolecia istotne we wszystkich gridach z wyjątkiem [75, 30]. Trzy kolejne najwyższe wartości wystąpiły w tych samych gridach co w przypadku korelacji rocznych. Zupełnie inaczej rozkładają się natomiast korelacje wartości zimowych w dwu okresach 29.letnich. W pierwszym możemy mówić w zasadzie o braku związków (wartość istotna tylko w gridzie [75, 10]), natomiast w ostatnim wieloleciu w całym obszarze (poza [75, 30]) obserwujemy istotne, a na północy dodatkowo bardzo silne korelacje (od $r = +0,51$ [80, 10] do $r = +0,77$ w gridzie [82,5; 30]). Można więc wnioskować, że w ostatnich 29. latach za 26 do około 60% zmienności prędkości wiatru zimą w szerokościach 80 i 82,5°N odpowiadają zmiany wartości wskaźnika S.

Tabela 6 – Table 6

Współczynniki korelacji liniowej między rocznymi (R) i zimowymi (Z) prędkościami wiatru a wartościami wskaźnika cyrkulacji południkowej południowej S w różnych okresach czasu

Coefficients of linear correlation between annual (R) and winter (Z) average wind speed and values of the S index (meridional southerly circulation index) for different time periods

Grid	1951-2008 (n = 58)		1951-1979 (n = 29)		1980-2008 (n = 29)	
	R	Z	R	Z	R	Z
75°N, 10°E	+0,18	+0,49	+0,11	+0,45	+0,16	+0,50
75°N, 20°E	+0,13	+0,39	+0,04	+0,26	+0,10	+0,45
75°N, 30°E	-0,11	+0,04	-0,17	-0,09	-0,16	+0,08
77,5°N, 10°E	+0,13	+0,32	+0,06	+0,23	+0,16	+0,39
77,5°N, 20°E	+0,27	+0,43	+0,34	+0,31	+0,17	+0,56
77,5°N, 30°E	+0,15	+0,26	+0,26	+0,07	-0,03	+0,43
80°N, 10°E	+0,31	+0,41	+0,31	+0,20	+0,25	+0,51
80°N, 20°E	+0,41	+0,54	+0,46	+0,17	+0,33	+0,73
80°N, 30°E	+0,38	+0,48	+0,47	+0,02	+0,26	+0,73
82,5°N, 10°E	+0,34	+0,43	+0,38	+0,15	+0,25	+0,59
82,5°N, 20°E	+0,41	+0,54	+0,45	+0,21	+0,36	+0,75
82,5°N, 30°E	+0,43	+0,57	+0,42	+0,20	+0,45	+0,77

Wartości pogrubione istotne na poziomie $p = 0,05$ – Values printed in bold significant on 95% level

5.2.3. Związki prędkości ze wskaźnikiem W

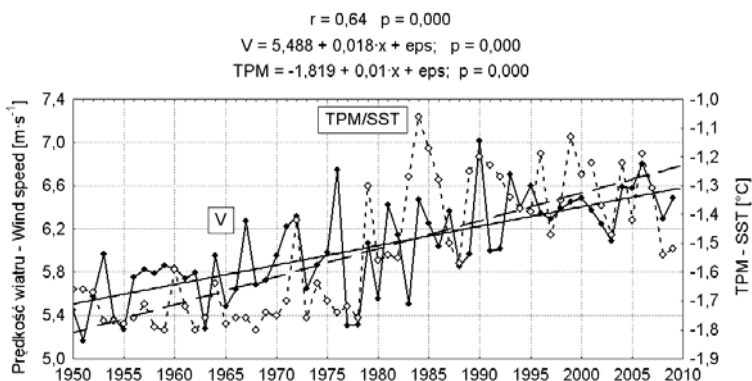
W okresie 1951-2008, w przypadku rocznych wartości, najslabiej koreluje z prędkością wiatru wskaźnik W (cyrkulacji strefowej zachodniej). Jedynie w połowie gridów współczynniki korelacji przekraczają próg istotności statystycznej a korelacje mają dla różnych gridów różne znaki (dodatnie na północy i ujemne na południu). Wynika z tego, że większym wartościom wskaźnika W (spadek frekwencji cyrkulacji ze wschodu) towarzyszą wyższe roczne prędkości wiatru na północy a niższe na południu rozpatrywanego obszaru. Istotne statystycznie związki wystąpiły w gridach [75, 20] i [75, 30] ($r = -0,30$ i $-0,28$) oraz [80, 10], [80, 20], [82,5; 10] i [82,5; 20] ($r = +0,32$; $+0,29$; $+0,29$ i $+0,26$; odpowiednio). W latach 1951-1979 rozkład istotnych współczynników korelacji wartości rocznych był bardzo podobny do tego z 58. lécia. Jedynie wartości w gridach [75, 30] i [82,5; 20] znalazły się tuż poniżej progu istotności statystycznej. Natomiast w latach 1980-2008 wartości istotne statystycznie odnotowano tylko w gridach [75, 20] i [75, 30] i są to korelacje ujemne. Można więc wysnuć wniosek, że jedynie w tym rejonie związek rocznej prędkości wiatru z indeksem W jest stabilny w czasie. Ponieważ współczynniki korelacji w pozostałych gridach są bardzo niskie (brak korelacji), należy przyjąć, że o sile i istotności związków w północnej części rozpatrywanego obszaru w całym wieloletniu 1951-2008 zadecydowała zmienność parametrów w pierwszych 29. latach.

Rozpatrując korelacje w sezonach w całym okresie 1951-2008 obserwujemy podobny jak i dla wartości rocznych rozkład znaków współczynnika korelacji w przestrzeni. Jednak tylko wiosną występują równocześnie korelacje o przeciwnych znakach istotne statystycznie (od $r = -0,39$ w gridzie [75, 20] do $r = +0,36$ w [80, 20]). Bezwzględnie najwyższe współczynniki korelacji w sezonach odnotowano latem w gridach [80, 20] i [80, 10], a osiągnęły one wartości odpowiednio: $+0,45$ i $+0,41$. Warto również wspomnieć, że w podokresach ujemne istotne korelacje wiosną na 75°N wystąpiły w pierwszych 29. latach, natomiast istotne dodatnie na północy (80 i 82,5°N) w następnym 29. lécia.

Czyli większym wartościom wskaźnika W wiosną towarzyszyły w latach 1951-1979 mniejsze prędkości wiatru na południu, natomiast w latach 1980-2008 większe, ale na północy rozpatrywanego obszaru. Jest to zachowanie odwrotne niż przy wartościach rocznych, które były istotne na północy w pierwszym, a nieistotne w drugim z okresów.

6. Związki prędkości wiatru z temperaturą powierzchni morza

W przypadku temperatury powierzchni morza korelacjom poddawano TPM z obszaru $2^\circ\varphi \times 2^\circ\lambda$ położonego najbliższej punktu, z którego pochodziła wartość prędkości wiatru. W ten sposób prędkość wiatru z gridu [82,5; 10] korelowano z TPM rejonu leżącego pomiędzy 81 a 83°N i 09 a 11°E. W korelacjach wykorzystano 10 gridów usytuowanych nad powierzchnią wody, z których jedynie w trzech, leżących na szerokości 75°N nie znaleziono istotnych związków z TPM. Najwyższe współczynniki korelacji rocznych wartości w całym wieloleciu 1950-2009 wystąpiły w rejonie usytuowanym najdalej na północy. Roczne wartości prędkości wiatru w gridzie [82,5; 20] z TPM w obszarze pomiędzy 81 a 83°N i 19 a 21°E korelują na poziomie $r = +0,64$ (ryc. 2), a dalej na wschód ([82,5; 30] i rejon między 81 a 83°N i 29 a 31°E) niewiele słabiej ($r = +0,62$). Należy zwrócić uwagę, że w początkowym okresie zmiany TPM w tych wysokich szerokościach były stosunkowo niewielkie a wartości zbliżone do temperatury zamarzania wody morskiej ($-1,8^\circ\text{C}$), co świadczy o niemal ciągłym zlodzeniu akwenu. Najniższe z istotnych korelacji wystąpiły w przypadku gridu [77,5; 10] i wód go otaczających ($r = +0,39$). W pozostałych gridach: [77,5; 30], [80, 10], [80, 30] i [82,5; 10] współczynniki lokowały się na zbliżonym poziomie z przedziału $r = 0,49 \div 0,54$.

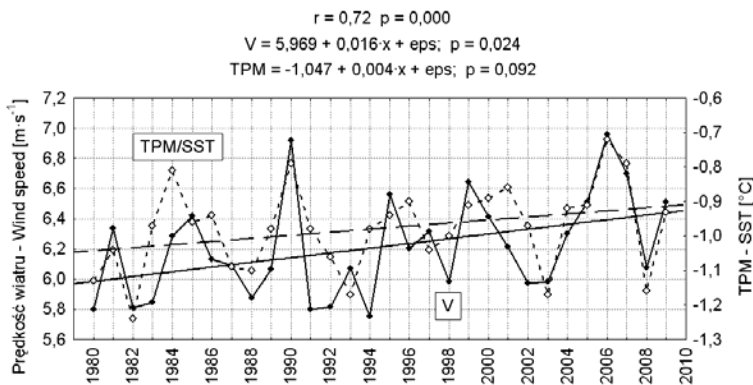


Ryc. 2. Przebieg średnich rocznych prędkości wiatru (V) w gridzie [82,5; 20] i rocznych TPM w rejonie [82, 20] oraz ich linie trendu

Fig. 2. Course of mean annual wind speed values (V) in [82,5; 20] grid and annual SST values in [82, 20] area with their trend lines

W pierwszym podokresie (1950-1979) istotne korelacje rocznych prędkości wiatru z TPM wystąpiły dla gridów [77,5; 30], [77,5; 10] i [80, 10] i wyniosły odpowiednio $r = +0,60$; $+0,56$ i $+0,36$. W następnym 30. leciu istotne związki z TPM odnotowano tylko w gridach [80, 30] i [82,5; 30], w których współczynniki korelacji wyniosły $r = +0,72$ (ryc. 3) i $+0,37$. Widać więc, że obszar, w którym odnotowano

najsilniejsze związki „przesunął się” w ostatnich latach w okolice NE części Spitsbergenu. Taki obraz przestrzenny związków prędkości wiatru z TPM sugeruje, że zmiany prędkości wiatru nie są bezpośrednio związane ze zmianami TPM, a ze zmianami położenia granicy lodów morskich, którymi sterują zmiany TPM. Strefa graniczna lodów morskich cechuje się dużą chwiejnością atmosfery, w tym wyraźnym wzrostem prędkości wiatru (Overland 1985).

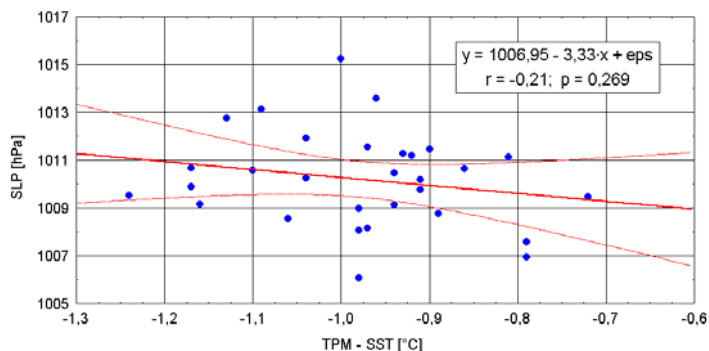


Ryc. 3. Przebieg średnich rocznych prędkości wiatru (V) w gridzie [80; 30] i rocznych TPM w rejonie [80, 30] oraz ich linie trendu

Fig. 3. Course of mean annual wind speed values (V) in [80; 30] grid and annual SST values in [80, 30] area with their trend lines

7. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała istnienie statystycznie istotnych związków prędkości wiatru w rejonie Svalbardu z czynnikami cyrkulacyjnymi i temperaturą morza. W przypadku ciśnienia atmosferycznego związki są stosunkowo słabe i ograniczone przestrzennie do północnej części analizowanego obszaru. Dodatkowo, korelacje są niestabilne czasowo – wyraźne jedynie w pierwszych 30. z analizowanych lat. Analiza związków z AO dowiodła, że mają one dość chaotyczny rozkład w przestrzeni, a zmiany wartości jak i znaku odpowiednich współczynników korelacji dla różnych przedziałów czasu sugerują, że pojawiające się nieliczne korelacje istotne mają raczej przypadkowy charakter. Ciekawe wydają się za to związki prędkości wiatru ze wskaźnikami cyrkulacji dla Spitsbergenu. Związki rocznej prędkości wiatru ze wskaźnikami C i S są bardzo podobne do tych z ciśnieniem atmosferycznym. Wyraźne korelacje występują w północnej części i w pierwszej połowie badanego okresu. W przypadku wartości sezonowych oba wskaźniki najsilniej korelują zimą. Rejon najsilniejszych korelacji ze wskaźnikiem C zimą „przesunął się” w badanym okresie z północy na południe. Natomiast związki zimowej prędkości wiatru ze wskaźnikiem S pojawiły się w ostatnich 30. latach i najsilniej zaznaczyły się w NE części obszaru badań, gdzie w tych samych latach notujemy wyraźny wzrost prędkości wiatru. Można więc stwierdzić, że wzrost zimowej prędkości wiatru związany jest z większą częstością adwekcji z południa. Najlepsze związki z prędkością wiatru wykazuje wskaźnik W, przy czym dodatkowo korelacje mają różne znaki w północnej (+) i południowej (-) części obszaru, co dodatkowo utrudnia jednoznaczną interpretację.



Ryc. 4. Związek rocznej wartości ciśnienia atmosferycznego w gridzie [80; 30] z roczną TPM w rejonie [80, 30] w okresie 1980-2009

Fig. 4. Correlation between mean annual SLP values in [80; 30] grid and annual SST values in [80, 30] area in period 1980-2009

Jasny natomiast staje się związek TPM z kształtowaniem się prędkości wiatru. W skali wielolecia 1951-2009 w 7 z 10 gridów związki są istotne statystycznie, a zmiany rocznej TPM w okolicy objaśniają nawet do 40% rocznej zmienności prędkości wiatru na szerokości 82,5°N, czyli w rejonie występowania najwyższych trendów wzrostu prędkości w tym okresie. W rozbiciu na okresy 30-letnie obserwujemy zmianę charakteru związku w czasie (osłabienie po zachodniej, a wzmocnienie po wschodniej stronie Svalbardu), co odpowiada zróżnicowaniu regionalnemu zmian SST (Kruszewski 2008). W pierwszym 30-leciu (1950-1979) słaby wzrost TPM następował na zachód od Spitsbergenu i tam lokowała się granica lodów morskich, podczas gdy na wschód od Spitsbergenu, w północno-zachodniej części Morza Barentsa zalegały lody morskie. W drugim 30-leciu nastąpił znacznie silniejszy wzrost TPM po zachodniej stronie Spitsbergenu, a słabszy po północnej i wschodniej. O ile wody na zachód od Spitsbergenu były już w tym okresie wolne od lodu, to cofanie się granicy lodów pływających w tym trzydziestoleciu następowało szczególnie intensywnie na północ i na wschód od Spitsbergenu (Rodrigues 2009), powodując drastyczny wzrost liczby dni bez lodu (z około 60 do 190 na przestrzeni ostatnich trzech dziesięcioleci). Ten czynnik, czyli „przeniesienie się” granicy lodów, wymuszony przez zmiany TPM, można uważać za rzeczywistą przyczynę wzrostu prędkości wiatru nad obszarem północnej i północno-wschodniej części Spitsbergenu w latach 1980-2009. W latach o podwyższonej temperaturze powierzchni morza następuje wyraźne cofnięcie się na północ i wschód granicy lodów morskich, oraz zmniejszenie stopnia ich zwarcia. W latach, w których następuje wzrost TPM obserwujemy jednocześnie wyraźny wzrost prędkości wiatru (patrz ryc. 3), gdy tymczasem związki między TPM a ciśnieniem są słabe ($r = -0,21$) i statystycznie nieistotne (ryc. 4). Dowodzi to, że same zmiany temperatury powierzchni morza nie są przyczyną zmian ciśnienia atmosferycznego o takiej sile, która mogłaby stanowić przyczynę zmiany prędkości wiatru.

Literatura:

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell L., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Hihhins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D., 1996. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, nr 3, 437-471.

- Kruszewski G., 2004. Zmienność temperatury powierzchni morza w rejonie Spitsbergenu (1982–2002) jako przejaw współcześnie zachodzących zmian klimatycznych. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14: 79–86.
- Kruszewski G., 2008. Zmiany temperatury wody w wybranych rejonach Mórz Grenlandzkiego i Barentsa i ich związku z temperaturą powietrza (1951–2004). [w:] A. Kowalska, A. Latocha, H. Marszałek, J. Pereyma (red.): *Środowisko przyrodnicze obszarów polarnych*. Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 134–140.
- Kruszewski G., 2009. Zmiany prędkości wiatru w rejonie Svalbardu w latach 1948–2008. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 19: 159–168.
- Niedźwiedz T., 1997. Częstość występowania typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951–1995). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 7: 9–17.
- Niedźwiedz T., 2006. Główne cechy cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 16: 91–105.
- Overland J.E., 1985. Atmospheric Boundary Layer Structure and Drag Coefficients Over Sea Ice. *Journal of Geophysical Research*, 90, C5: 9029–9049, doi:10.1029/JC090iC05p09029
- Rodrigues J., 2009. The increase in the length of the ice-free season in the Arctic. *Cold Regions Science and Technology*, 59: 78–101.
- Smith T.M., Reynolds R.W., 2004. Improved Extended Reconstruction of SST [1854–1997]. *Journal of Climate*, 17 (12): 2466–2477.
- Slonosky V.C., Mysak L.A., Derome J., 1997. Linking Arctic Sea-Ice and Atmospheric Circulation Anomalies on Interannual and Decadal Timescales. *ATMOSPHERE-OCEAN*, 35: 333–366.
- Thompson, D.W.J., Wallace J.M., 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25 (9): 1297–1300.
- Walczowski W., 2007. Propagacja ciepłych anomalii w Prądzie Zachodniospitsbergeńskim. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 17: 71–76.
- Walczowski W., Piechura J., 2007. Pathways of the Greenland Sea warming. *Geophysical Research Letters*, 34, L10608, doi:10.1029/2007GL029974.

Wpłynęło: 23 września 2010; poprawiono: 24 października 2010

Summary

This paper deals with correlations between surface wind speed in Svalbard area and chosen environmental factors (atmospheric pressure, circulation indices, sea surface temperature). Gridded surface data from *NCEP Reanalysis Derived data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder Colorado from their Web site at <http://www.cdc.noaa.gov/>* (wind speed and air pressure), SST from NOAA NCDC ERSST v.2, AO and Niedźwiedz (2006) circulation indices were used to statistical analysis over the period 1950–2009. Mean values and linear trend coefficients of wind speed in chosen grid points are in Table 1. The highest trend values are present in northern part of Svalbard in last 30 years. Linear correlation coefficients between wind speed and SLP in same grid points are strongest in northern part too, but correlations are not stable in time (Table 2, 3 and 4). Correlations between wind speed and AO index (monthly values) are weak and in most cases statistically insignificant. Significant correlations are frequent between wind speed and C and S indices for winter and annual

values (Table 5 and 6). Wind speed during winter in latitudes 80 and 82.5°N in last 29-year period show strong positive correlation with frequency of southern circulation S, which explains from 26 to 60% changeability of wind speed in years 1980-2009. Some correlations between wind speed and SST from grids $2^\circ\varphi \times 2^\circ\lambda$, situated in same area were found too. The highest coefficients of annual values were found in north of investigated area (wind speed in [82,5; 20] and SST in area between 81 to 83°N, and 19 to 21°E, $r = +0,64$) – see Fig. 2. In last 30 years significant correlations of this kind were found in NE area of interest (Fig. 3). This is probably connected with changes of the ice edge positions during last years (retreat of sea ice) in the region situated N and NE from Svalbard (Rodrigues 2009).

Key words: Svalbard, wind speed, atmospheric circulation, sea surface temperature, correlations.