

**DYNAMIKA WSKAŹNIKÓW CYRKULACJI NAD SPITSBERGENEM**

## DYNAMICS OF CIRCULATION INDICES OVER SPITSBERGEN

Tadeusz Niedźwiedź, Ewa Łupikasza

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii, Sosnowiec  
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec  
tadeusz.niedzwiedz@us.edu.pl, ewa.lupikasza@us.edu.pl

**Zarys treści.** Artykuł dotyczy wieloletnich zmian cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem opisaną za pomocą trzech syntetycznych wskaźników cyrkulacji – wskaźnika cyrkulacji strefowej W, wskaźnika cyrkulacji południkowej S oraz wskaźnika cykloniczności C – wyznaczonych na podstawie częstości występowania typów cyrkulacji nad Spitsbergenem. W opracowaniu wykorzystano chronologiczne ciągi wymienionych wskaźników za okres od grudnia 1950 do września 2015 roku. Artykuł jest aktualizacją wcześniejszych opracowań publikowanych w latach 2001 i 2006.

Pomimo iż Spitsbergen leży w strefie dominacji wiatrów wschodnich to w okresie badawczym stwierdzono istotny statystycznie wzrost częstości adwekcji powietrza z zachodu oraz wzrost częstości występowania układów niżowych w skali roku. Istotny wzrost występowania sytuacji niżowych stwierdzono również w większości sezonów z wyjątkiem lata. Cyrkulacja strefowa (wskaźnika W) nie podlegała istotnym statystycznie zmianom w rozpatrywanym okresie. Kierunek trendów wskaźnika cyrkulacji południkowej S zmieniał się w zależności od pory roku, przy czym statystycznie istotny był jedynie wzrostowy trend zimą wskazujący na wzrost nasilenia napływu powietrza z sektora południowego.

**Słowa kluczowe:** cyrkulacja atmosfery, wskaźniki cyrkulacji, Arktyka Atlantycka, Spitsbergen.

**1. Wstęp**

W obszarach polarnych, zwłaszcza w chłodnej połowie roku cyrkulacja atmosfery jest kluczowym czynnikiem kształtującym pogodę i klimat. Wskaźniki cyrkulacji będące uproszczoną formą opisu intensywności cyrkulacji atmosfery w danym regionie, z uwzględnieniem przeważającego kierunku przepływu powietrza (Niedźwiedź 2003) są w związku z tym niezwykle przydatne w badaniach zmian klimatu oraz poszukiwaniu ich przyczyn. W 2001 roku w *Problemach Klimatologii Polarnej* ukazała się publikacja, w której zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w XX wieku omówiono na podstawie trzech wskaźników opisujących cyrkulację atmosfery nad Spitsbergenem – wskaźnika cyrkulacji strefowej W, wskaźnika cyrkulacji południkowej S oraz wskaźnik cykloniczności C – obejmujących okres od grudnia 1950 roku do maja 2001 roku (Niedźwiedź 2001). W 2006 roku ukazała się kolejna publikacja aktualizująca wiedzę na temat wieloletniej zmienności cyrkulacji nad Spitsbergenem oraz zawierająca uzupełnione dane liczbowe wspomnianych wskaźników do września 2006 roku (Niedźwiedź 2006). Wskaźniki cyrkulacji dla Spitsbergenu były dotychczas używane w badaniach zmierzających do określenia przyczyn wieloletniej zmienności temperatury powietrza i dni charakte-

rystycznych pod względem termicznym (Niedźwiedź 2004, Gluza i Siwek 2012, Łupikasza i in. 2013) opadów atmosferycznych (Araźny i in. 2011, Muskała i in. 2013), prędkości wiatru (Kruszewski 2010) czy typów pogody (Ferdynus 2007). Wyniki badań prezentowane w tych opracowaniach potwierdzają znaczącą przydatność tych wskaźników w badaniach zmian klimatu.

Celem niniejszego opracowania jest aktualizacja wiedzy na temat tendencji i wieloletniej zmienności cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem na podstawie chronologicznych ciągów wskaźników cyrkulacji strefowej i południkowej oraz wskaźnika cykloniczności obejmujących okres od grudnia 1950 roku do września 2015.

## 2. Materiały i metody

Wskaźniki cyrkulacji dla Spitsbergenu – cyrkulacji strefowej W, cyrkulacji południkowej S oraz cykloniczności C – zostały obliczone na podstawie częstości występowania typów cyrkulacji atmosfery (Niedźwiedź 2015). W chwili obecnej dostępne są dwie wersje wskaźników – pierwsza w postaci liczb niemianowanych oraz nowsza w postaci procentów. Każdy ze wskaźników jest sumą punktów wagowych przypisanych poszczególnym typom cyrkulacji ( $X_n$ ). Szczegóły metodyczne dotyczące ich obliczania zamieszczone są we wcześniejszych publikacjach (Niedźwiedź 2001, 2006). Należy podkreślić, iż najmniejszą rozdzielczością czasową, dla której można obliczyć wskaźniki W, S i C jest miesiąc. Procentowe wartości każdego z nich ( $X\%$ ) teoretycznie mogą wahać się od +100% do -100%. Obliczono je z następującego wzoru:  $X\% = (X_n / 2n) \cdot 100$ , gdzie n oznacza liczbę dni w miesiącu, porze roku lub w roku. Dzięki temu na wartości wskaźników W, S i C nie mają wpływu różnice w liczbie dni w miesiącu.

Wskaźnik cyrkulacji strefowej W wyraża proporcję między częstością adwekcji powietrza z sektora zachodniego i wschodniego. Dodatnie wartości wskaźnika oznaczają przewagę adwekcji z sektora zachodniego, z kolei ujemne wskazują na przewagę adwekcji z sektora wschodniego. Wskaźnik S opisuje intensywność cyrkulacji południkowej. Jego dodatnie wartości informują o przewadze napływu powietrza z sektora południowego z kolei ujemne o przewadze adwekcji z północy. Dodatnie wartości wskaźnika cykloniczności C określającego proporcję pomiędzy częstością występowania sytuacji niżowych i wyżowych, oznaczają dominację niżowych typów cyrkulacji, zaś ujemne – wyżowych. Podobnie jak we wcześniejszych publikacjach (Niedźwiedź 2001, 2006) zamieszczono materiał źródłowy w formie 4 załączników. W załączniku 1 zamieszczono niemianowane wartości wskaźników od stycznia 2006 do września 2015, z kolei załączniki 2, 3 i 4 zawierają ich wartości procentowe za cały okres badań od grudnia 1950 do września 2015 roku.

## 3. Wieloletnia zmienność i trendy rocznych wartości wskaźników cyrkulacji atmosfery

Nad Spitsbergenem średnio w okresie rocznym adwekcja powietrza ze wschodu dominuje nad adwekcją z zachodu zaś napływ powietrza z północy jest częstszy aniżeli z południa. Frekwencja cyklonalnych sytuacji synoptycznych przewyższa frekwencję typów antycyklonalnych (tab. 1).

W przebiegu wieloletnim wszystkie wskaźniki cyrkulacji charakteryzują się dużą zmiennością (ryc. 1). W badanym wielecieciu 1951-2014 roczny wskaźnik cyrkulacji zachodniej ani razu nie osiągnął wartości dodatniej co wskazuje na silną dominację adwekcji ze wschodu. Jednak w rozpatrywanym wielecieciu stwierdzono statystycznie istotny trend wzrostowy tego wskaźnika, wskazujący na stopniowy

wzrost częstości napływu powietrza z zachodu. Tendencję tę dobrze ilustrują pokazane na rycinie 1 odchylenia wartości wskaźnika W w poszczególnych latach od wartości średniej 1951-2014. Do połowy lat 80-tych wskaźnik W charakteryzował się dużą zmiennością i widoczną przewagą odchyień ujemnych, zwłaszcza w pierwszej dekadzie lat 60 oraz w okresie 1973-1986. Po roku 1986 zdecydowanie przeważały odchylenia dodatnie.

Tab. 1. Wskaźniki statystyczne rocznych i sezonowych wartości wskaźników cyrkulacji atmosfery (CI) w okresie grudzień 1950 – wrzesień 2015

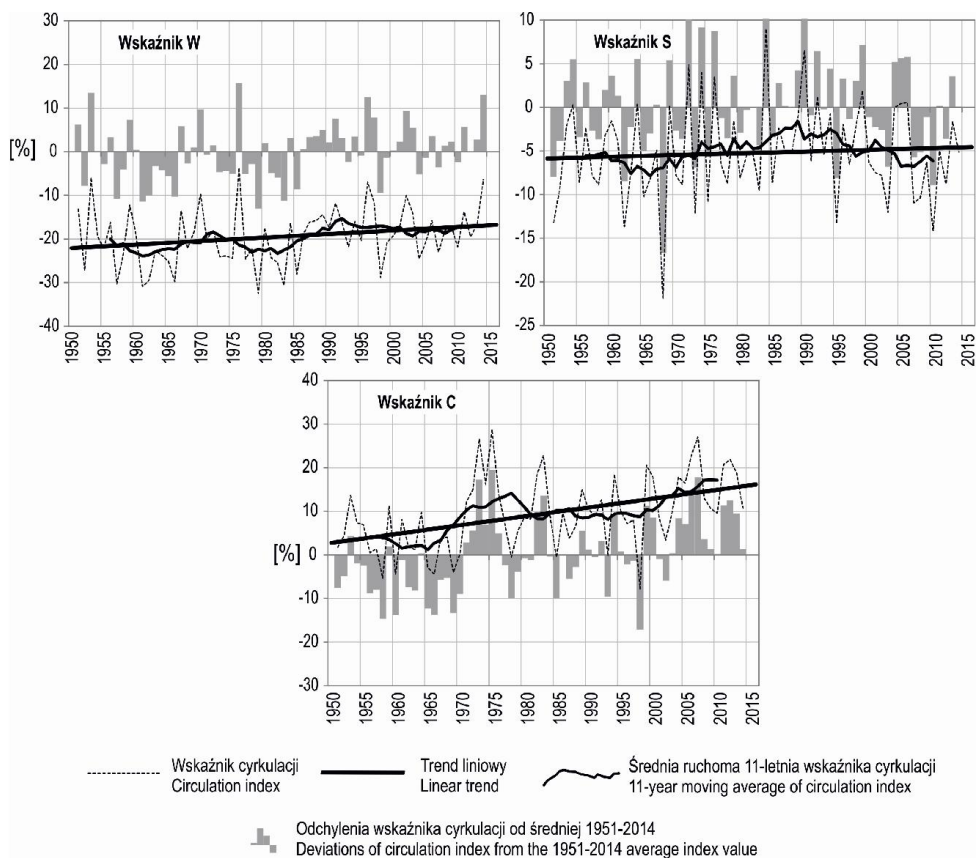
Table 1. The statistics of annual and seasonal values of the atmospheric circulation indices (CI) in the period December 1950 – September 2015.

Okres Period	CI	Wskaźnik statystyczny – Statistics							
		Średnia Avg	Odch.St. Std	Tr*/10lat	p	Max	Rokmax	Min	Rokmin
Rok Year	W	-19,5	6,5	+0,8	0,046	-3,7	1976	-32,5	1979
	S	-5,2	5,5	+0,2	0,528	9,0	1984	-21,9	1968
	C	9,3	8,4	+2,0	0,000	28,7	1975	-7,8	1998
Wiosna Spring	W	-24,7	10,0	+0,7	0,480	-0,4	1990	-55,1	1979
	S	-8,7	10,2	+0,3	0,995	11,1	2004	-31,0	1951
	C	1,1	13,1	+2,5	0,021	31,6	2007	-33,7	1958
Lato Summer	W	-2,7	12,2	+0,8	0,116	24,0	1994	-28,7	1993
	S	-2,2	11,4	-1,1	0,348	16,4	1953	-31,3	2010
	C	-1,5	17,4	+1,2	0,233	35,8	1983	-44,1	1969
Jesień Autumn	W	-21,9	10,8	+0,7	0,151	9,6	1993	-44,7	1983
	S	-5,9	9,9	-0,5	0,421	14,7	2000	-26,8	1973
	C	18,3	12,7	+1,8	0,018	41,1	2007	-15,7	1968
Zima Winter	W	-28,9	10,9	+0,8	0,156	2,9	1954	-48,1	1995
	S	-4,2	9,8	+2,1	0,003	20,3	2006	-28,1	1963
	C	19,6	14,5	+2,7	0,020	46,9	1975	-13,5	1987

W – wskaźnik cyrkulacji strefowej, S – wskaźnik cyrkulacji południkowej, C – wskaźnik cykloniczności, Średnia – średnia wartość wskaźnika, Odch.ST. – odchylenie standardowe średniej, Tr/10lat – wielkość trendu wskaźnika oznaczająca zmianę na 10 lat, p – poziom statystycznej istotności, Max – najwyższa wartość wskaźnika w okresie obserwacji, Rokmax – rok wystąpienia najwyższej wartości wskaźnika, Min – najniższa wartość w okresie obserwacji, Rokmin – rok wystąpienia najniższej wartości, \* – Istotność statystyczną trendów testowano metodą Mann-Kendalla, wielkość trendów obliczono metodą najmniejszych kwadratów

W – zonal circulation index, S – meridional circulation index, C – cyclonicity index, Avg – average index value, Std – standard deviation from average, Tr/10lat – trend magnitude denoting change per 10 year, p – statistical significance level, Max – maximum index value in the research period, Rokmax – year with maximum value of the index, Min – minimum index value in the research period, Rokmin – year with the minimum value of the index, \* – Statistical significance of trends was tested with Mann-Kendall method, Trends magnitude was calculated with least squares method

Najmniejszej zmienności w rozpatrywanym wieloleciu podlegał wskaźnik S. Wyznaczony trend liniowy tego wskaźnika nie jest statystycznie istotny, a nachylenie linii trendu jest znikome. Charakterystycznym okresem w przebiegu wieloletnim tego wskaźnika są lata 80 i 90, kiedy większość odchyień od wartości średniej 1951-2014 była dodatnia. Od 1990 roku intensywność cyrkulacji północnej na Spitsbergenem wzrasta (ryc. 1).



Ryc. 1 Wieloletni przebieg rocznych wartości wskaźników cyrkulacji oraz ich odchylenia od wartości średniej 1951-2014

Fig. 1 Long-term course of annual values of circulation indices and their deviations from average index value in the period 1951-2014.

W okresie rocznym obserwuje się istotny statystycznie ( $p < 0,0001$ ) wzrost częstości występowania cyklonalnych typów cyrkulacji (tab. 1). Tendencję tą stwierdzoną również we wcześniejszych pracach (Niedźwiedz 2001, 2006) można więc uznać za stosunkowo trwałą cechę cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem. Stosunkowo niską częstością układów niżowych charakteryzowały się lata 50. i 70., kiedy zdecydowana większość odchyień wartości wskaźnika od średniej 1951-2014 była ujemna. W okresie tym, zwłaszcza od końca lat 50. do końca lat 70. roczne wartości wskaźnika C były w niektórych latach ujemne wskazując na lekką przewagę układów wyżowych. Od 2003 roku wszystkie odchylenia wskaźnika C od średniej 1951-2014 były pozytywne wskazując na wzrastającą częstość układów niżowych (ryc. 1).

#### 4. Wieloletnia zmienność i trendy cyrkulacji atmosfery w sezonie wiosennym

Wiosną średnie wieloletnie (1951-2014) wartości wskaźników W i S są ujemne, co oznacza dominację cyrkulacji ze wschodu oraz północy. Wskaźnik cykloniczności jest nieznacznie wyższy od

zera (0,9) co jest charakterystyczną cechą tej pory roku. Dodatnia wartość wskaźnika C wynika z faktu, iż zaliczany do miesięcy wiosennych maj charakteryzuje się największą w porównaniu z innymi miesiącami frekwencją układów antycyklonalnych. Wiosenne wartości wskaźników W i S charakteryzowały się ogromną zmiennością w wieloleciu 1951-2014, a ich trendy liniowe nie posiadały istotności statystycznej. Najbardziej charakterystyczną cechą w przebiegu wskaźnika W jest wzrost jego zmienności od końca lat 70. W okresie tym zakres odchyień tego wskaźnika od średniej wynosił około 50%, podczas gdy w okresie wcześniejszym (1951-1979) osiągnął on 26%. Wiosną jeszcze większą zmiennością odznacza się wskaźnik cyrkulacji południkowej (S). Pomimo to, zauważa się, że do połowy lat 70. odchylenia ujemne wskaźnika S od średniej 1951-2014 zdarzały się częściej niż odchylenia dodatnie. W okresie tym dodatnie wartości wskaźnika S świadczące o przewadze napływu powietrza z południa wystąpiły tylko trzy razy (1960, 1963, 1964). Od połowy lat 70 dodatnie wartości wskaźnika S notowane były stosunkowo często co wskazuje na wzmocnienie adwekcji powietrza z południa, które zakończyło się jednak w 2006 roku. W ostatnich latach, podobnie jak na początku lat 50 wzrosła intensywność cyrkulacji północnej (ryc. 2).

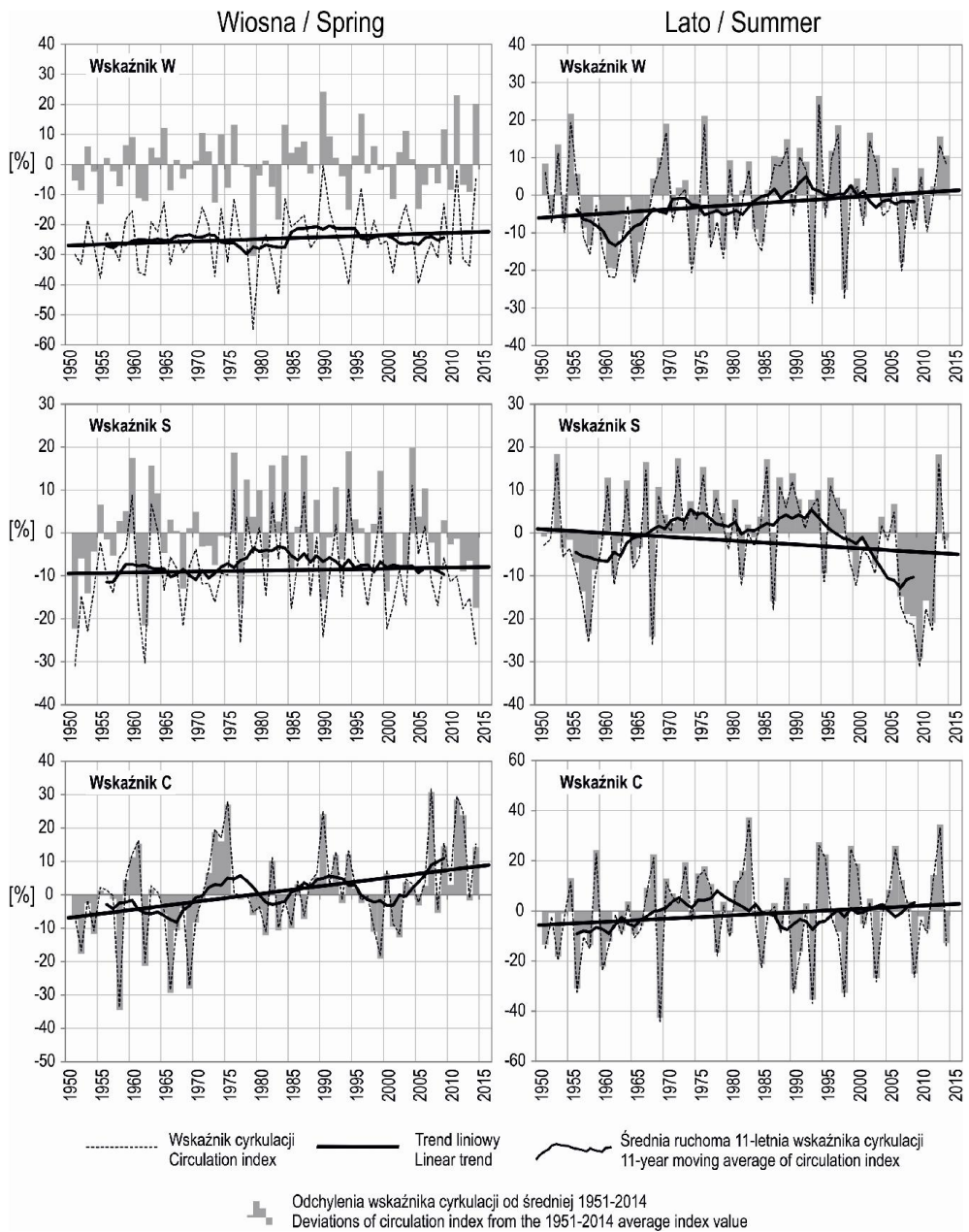
Wzrostowy trend wskaźnika cykloniczności jest statystycznie istotny (tab. 1). W przebiegu wieloletnim tego wskaźnika uwypukla się okres do końca lat 60., kiedy to w większości lat częstota układów antycyklonalnych była nieco większa niż układów niżowych. W kolejnym okresie od 1970 roku charakter zmian był odwrotny. W większości lat, poza krótkimi okresami przypadającymi na pierwszą połowę lat 80. oraz na przełom wieków, układy cyklonalne pojawiały się nad Spitsbergenem częściej niż układy wyżowe (ryc. 2).

## 5. Wieloletnia zmienność i trendy cyrkulacji atmosfery w sezonie letnim

W lecie (1951-2014) nie stwierdzono istotnych statystycznie długookresowych zmian wskaźników cyrkulacji – wszystkie wyznaczone trendy były statystycznie nieistotne, na co bez wątplenia wpływa największa w porównaniu z innymi porami roku zmienność wskaźników, co potwierdzają najwyższe odchylenia standardowe od średniej (tab. 1). Pomimo braku statycznej istotności wielkość trendów jest stosunkowo duża warto więc zauważyć, że w lecie wzrasta intensywność adwekcji powietrza z zachodu oraz z północy. Odchylenia od średniej 1951-2014 wskazują, iż do połowy lat 80. wartości wskaźnika W częściej były niższe od średniej wieloletniej, co oznacza wzmoczoną adwekcję ze wschodu, zwłaszcza w latach 1958-1967 (ryc. 2). Od połowy lat 80. zdecydowanie częściej pojawiały się odchylenia dodatnie świadczące z kolei o wzroście przepływu zachodniego. Tendencja ta załamała się około 2005 roku.

Wyraźne nasilenie adwekcji z kierunku N (ujemne wartości wskaźnika S) nad Spitsbergenem miało miejsce w sezonach letnich na początku drugiej połowy XX wieku oraz od początku XXI wieku w zasadzie do chwili obecnej. Wzmoczoną adwekcją z południa charakteryzował się z kolei okres od początku lat 70. do końca XX wieku, zwłaszcza koniec lat 80. i lata 90. (ryc. 2).

Od połowy lat 80 wzrosła zmienność wskaźnika cykloniczności nie mniej jednak od początku lat 90 w jego przebiegu wieloletnim zaznacza się słaba tendencja wzrostowa. W latach wcześniejszych można wyróżnić okres z przewagą antycyklonalnych sytuacji synoptycznych (1951-1956) oraz późniejszy okres 1970-1985, podczas którego w większości lat frekwencja układów niżowych była większa niż wyżowych (ryc. 2).



Ryc. 2 Wieloletnie zmiany wskaźników cyrkulacji oraz ich odchylenia od średniej wieloletniej 1951-2014 wiosną i latem

Fig. 2 Long-term course of circulation indices and their deviations from average index value in the period 1951-2014, spring and summer

## 6. Wieloletnia zmienność i trendy cyrkulacji atmosfery w sezonie jesiennym

Jesienią, jak w większości sezonów istotnym zmianom podlegała jedynie częstość występowania sytuacji niżowych, przy czym tempo tych zmian było najmniejsze w porównaniu do innych sezonów. Wzrostem aktywności układów wyżowych charakteryzował się okres od połowy lat 50. do końca lat 70. oraz od początku lat 90. do końca pierwszej pentady XX w. W okresach tych pomimo wzrostu częstości sytuacji wyżowych frekwencja typów niżowych była jednak większa niż wyżowych. W okresie tym wartości wskaźnika C były ujemne tylko w pojedynczych latach. Od połowy pierwszej dekady XXI wieku częstość układów cyklonalnych niezmiennie przewyższa część układów antycyklonalnych (ryc. 3).

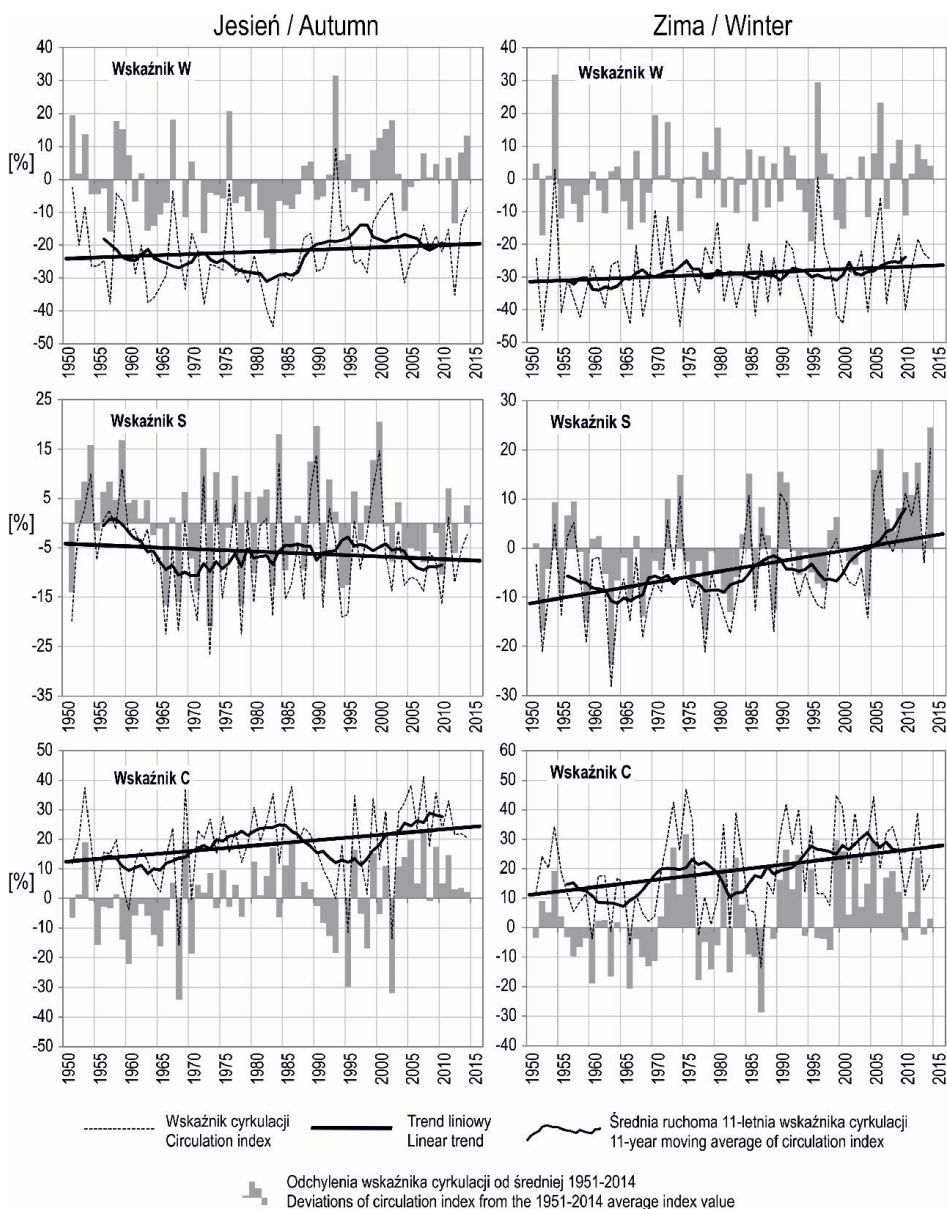
Jesienią, od początku lat 90., stwierdzono nad Spitsbergenem wyraźne nasilenie adwekcji powietrza z zachodu. W okresie tym co prawda częstość napływu powietrza ze wschodu była większa niż z zachodu jednak wartości wskaźnika w zdecydowanej większości lat były wyższe niż średnia 1951-2014 (ryc. 3). Największą w całym rozpatrywanym okresie intensywnością adwekcji ze wschodu charakteryzował się z kolei okres od połowy lat 70. do połowy lat 80. W wieloletnim przebiegu wskaźnika S zaznacza się przede wszystkim zmienność, co powoduje, że trudno jest wydzielić dłuższe trwające charakterystyczne okresy nasilenia adwekcji z N lub S. Jedynie w latach 50 oraz w pierwszej połowie lat 60 stwierdzono nasilenie adwekcji w południa z kolei w ostatnich latach (od około 2000) obserwuje się spadek zmienności wskaźnika S (ryc. 3).

## 7. Wieloletnia zmienność i trendy cyrkulacji atmosfery w sezonie zimowym

W zimie długookresowe zmiany cyrkulacji atmosfery są największe, o czym świadczą statystycznie istotne oraz największe w porównaniu do innych sezonów wzrostowe trendy wskaźników C i S (tab. 1). Tendencje te wskazują na wzrost częstości adwekcji z południa oraz wzrost aktywności niżowej. W większości lat do 2005 wartości wskaźnika S były ujemne. Jedynie w połowie lat 50., w pierwszej połowie lat 70. oraz w drugiej połowie lat 80. frekwencja układów antycyklonalnych bywała wyższa niż cyklonalnych (dodatnie wartości wskaźnika). Od 2005 roku adwekcja z południa jest częstsza niż z północy. Fluktuacje w przebiegu wieloletnim wskaźnika cykloniczności są większe niż w przypadku wskaźnika S, jednak wyraźna tendencja wzrostowa spowodowała, że po 1990 wskaźnik C ani razu nie był ujemny (ryc. 3).

## 8. Podsumowanie i wnioski

Cyrkulacja atmosfery nad Spitsbergenem w okresie od grudnia 1950 do marca 2015 roku charakteryzowała się wyraźną zmiennością. Niektóre jej cechy podlegały również istotnym zmianom długookresowym. W skali roku stwierdzono istotny wzrost wartości wskaźnika W oraz C, świadczący o nasilaniu się adwekcji powietrza z zachodu oraz o wzroście częstości występowania układów niżowych nad Spitsbergenem. Nieco inaczej kształtowały się zmiany cyrkulacji w ujęciu sezonowym. Co prawda w większości sezonów, podobnie jak w okresie rocznym, istotnie wzrastała częstość układów niżowych nad Spitsbergenem, lecz w żadnym z sezonów nie stwierdzono istotnych zmian cyrkulacji strefowej (wskaźnika W). Największy wzrost częstości układów niżowych stwierdzono wiosną. W większości sezonów, z wyjątkiem lata wartości wskaźnika C sporadycznie (wiosna) lub wcale (jesień, zima) nie były ujemne. Kierunek trendów wskaźnika cyrkulacji południkowej S zmienił



Ryc. 3 Wieloletnie zmiany wskaźników cyrkulacji oraz ich odchylenia od średniej wieloletniej 1951-2014 jesienią i zimą

Fig. 3 Long-term course of circulation indices and their deviations from average index value in the period 1951-2014, autumn and winter.

się w zależności od sezonu – latem oraz jesienią tendencje były spadkowe wskazując nasilenie adwekcji powietrza z północy, zaś zimą trend był wzrostowy, co oznacza wzrost częstotliwości napływu powietrza z południa; jednak statystycznie istotny był jedynie wzrostowy trend wskaźnika S zimą. Od 2005 roku wskaźnik S ani razu nie osiągnął wartości  $>0$  wiosną i ani razu nie spadł poniżej 0 zimą.



## Literatura

- Arażny A, Przybylak R, Kejna M., 2011. Zróżnicowanie wilgotności względnej i opadów atmosferycznych w rejonie Forlandsundet (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 2010. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 21: 155-172.
- Ferdynus J., 2007. Charakterystyczne dla Hornsundu typy pogody a cyrkulacja atmosfery. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 17: 105-111.
- Gluza A., Siwek K., 2012. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na warunki termiczne sezonów letnich (VII-VIII) w Calypsobyean (zachodni Spitsbergen). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 22: 27-34.
- Kruszewski G., 2010. Prędkość wiatru w rejonie Svalbardu w świetle zmian warunków cyrkulacyjnych i środowiskowych. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 20: 31-44.
- Łupikasza E., Małarzewski Ł., Niedźwiedz T., 2012a. Wpływ cyrkulacji atmosfery na występowania dni z przejściem temperatury przez 0°C w Hornsundzie. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 22: 5-16.
- Łupikasza E., Małarzewski Ł., Niedźwiedz T., 2012b. Wpływ cyrkulacji atmosfery na występowania dni mroźnych w Hornsundzie. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 22: 17-26.
- Łupikasza E., Niedźwiedz T., 2013. Frequency of ice days at selected meteorological stations in Svalbard. *Bulletin of Geography – Physical Geography Series*, No 6/2013: 80-97.
- Łupikasza E., Niedźwiedz T., Małarzewski Ł., 2013. Występowanie dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C na wybranych stacjach w atlantyckim sektorze Arktyki. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 23: 121-135.
- Muskała P., Migala K., Korzystka M., Piasecki J., 2013. Próba analizy związku opadów o dużych sumach dobowych z cyrkulacją atmosferyczną na wybranych stacjach Arktyki atlantyckiej w okresie 1981-2010. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 23: 107-120.
- Niedźwiedz T., 1997. Wieloletnia zmienność wskaźników cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem i ich rola w kształtowaniu temperatury powietrza. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 7: 19-40.
- Niedźwiedz T., 2001. Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 11: 7-26.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003. Słownik meteorologiczny. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), Warszawa: 495 s.
- Niedźwiedz T., 2004. Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu temperatury powietrza w styczniu na Spitsbergenie. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14: 59-68.
- Niedźwiedz T., 2015. Kalendarz typów cyrkulacji nad Spitsbergenem: grudzień 1950 – wrzesień 2015 (zbiór komputerowy w Katedrze Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec).

Wpłynęło: 17 października 2015 r., poprawiono: 15 listopada 2015 r., zaakceptowano: 20 listopada 2015 r.

## Summary

This paper discusses long-term variability of atmospheric circulation over Spitsbergen using three complex circulation indices – zonal circulation index W, meridional circulation index S and cyclonicity index C. The indices were calculated on the basis of the frequency of circulation types occurrence over Spitsbergen. Chronological series of circulation indices covering the period from December 1950 to September 2015 were used. This paper is an update of previously published papers in 2001 and 2006 on the changes in atmospheric circulation over Spitsbergen. Although Spitsbergen is located in the zone of eastern winds dominance, significant increase in the frequency

of air advection from the west and increase in the frequency of low pressure systems were found on annual scale. Significant increasing trends in the frequency of cyclonic types were also found in every season except for summer. Trends in W index were not statistically significant on seasonal scale. Direction of trends in meridional circulation index (S index) is diversified depending on season however significant changes were only found in winter indicating an increase in the air advection from the southern sector.

**Key words:** atmospheric circulation, circulation indices, Atlantic sector of the Arctic, Spitsbergen.

Załącznik 1. Miesięczne, roczne (R) i sezonowe (Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień) wartości wskaźników W, S i C nad Spitsbergenem w okresie od stycznia 2006 do września 2015 – uzupełnienie do danych publikowanych w pracach Niedźwiedz (2001, 2006)

Annex 1. Monthly, annual (R) and seasonal (Z – winter, W – spring, L – summer, J – autumn) values of W, S and C circulation indices over Spitsbergen from January 2006 to September 2006 – an update for data published in Niedźwiedz (2001, 2006)

Rok Year	Wskaźnik W – Index W																
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
2006	12	-14	-32	-21	-5	-1	8	2	-2	-24	-15	-23	-115	-9	-58	9	-41
2007	-28	-18	-15	-5	-28	-13	-19	-5	-10	-2	-13	-12	-168	-69	-48	-37	-25
2008	-18	-14	-36	-19	-2	-10	2	6	2	-20	-21	-2	-132	-44	-57	-2	-39
2009	-2	-25	-27	-5	8	8	-19	-6	-15	-1	-15	-25	-124	-29	-24	-17	-31
2010	-2	-43	-22	-20	-19	-4	9	4	-10	-12	-18	-19	-156	-70	-61	9	-40
2011	-24	-7	0	0	-3	-5	-2	-11	-8	-16	-4	-21	-101	-50	-3	-18	-28
2012	-9	-4	-16	-19	-23	-5	-6	11	-13	-20	-31	-7	-142	-34	-58	0	-64
2013	-19	-15	-30	-21	-11	19	4	1	-6	-12	-7	-25	-122	-41	-62	24	-25
2014	1	-20	-7	-6	5	4	12	-1	-3	-13	0	-17	-45	-44	-8	15	-16
2015	-22	-8	-3	-23	-26	-12	-16	-10	2	-	-	-	-	-47	-52	-38	-
Rok Year	Wskaźnik S – Index S																
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
2006	26	-12	-14	31	-15	-1	4	6	-20	-8	7	1	5	31	2	9	-21
2007	2	0	-1	-15	-4	-9	-9	-13	-20	-6	1	-6	-80	3	-20	-31	-25
2008	-2	6	-10	-19	-2	-22	-4	-12	4	-6	-9	0	-76	-2	-31	-38	-11
2009	6	1	7	-23	6	-22	-15	-2	-7	-29	21	11	-46	7	-10	-39	-15
2010	2	7	-26	-4	9	-34	1	-24	2	-16	-16	-5	-104	20	-21	-57	-30
2011	-6	21	-18	8	-9	-29	-4	1	14	-4	-8	-5	-39	10	-19	-32	2
2012	23	6	4	-27	-9	-19	-18	-5	-1	-14	-7	3	-64	24	-32	-42	-22
2013	-5	-3	-18	-9	-1	7	6	17	24	-20	-15	5	-12	-5	-28	30	-11
2014	15	16	-17	-20	-11	0	8	-15	-1	1	-4	-11	-39	36	-48	-7	-4
2015	20	-8	11	-3	-16	-22	-22	12	-4	-	-	-	-	1	-8	-32	-
Rok Year	Wskaźnik C – Index C																
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
2006	20	19	-4	22	-12	22	19	4	8	-1	35	33	165	35	6	45	42
2007	30	-3	39	25	-6	7	-5	18	26	33	16	19	199	60	58	20	75
2008	19	24	18	-14	-12	4	-4	4	4	13	15	23	94	62	-8	4	32
2009	20	7	29	-5	5	-10	-14	-25	20	18	27	5	77	50	29	-49	65
2010	23	-7	4	8	-5	1	5	-13	8	28	7	12	71	21	7	-7	43
2011	16	9	31	27	-4	-11	5	-10	22	21	17	28	151	37	54	-16	60
2012	10	32	24	5	17	-2	14	12	21	9	9	8	159	70	46	24	39
2013	18	-2	-15	18	-5	16	16	29	-8	17	31	23	138	24	-2	61	40
2014	-9	18	26	10	-8	-12	-10	-4	16	0	21	28	76	32	28	-26	37
2015	18	23	24	10	-6	7	-14	-1	4	-	-	-	-	69	28	-8	-

Załącznik 2. Miesięczne, roczne (R) i sezonowe (Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień) wartości wskaźnika W nad Spitsbergenem w okresie od grudnia 1950 do września 2015 – nowa wersja wskaźnika wyrażonego w %

Annex 2. Monthly, annual (R) and seasonal (Z – winter, W – spring, L – summer, J – autumn) values of W Index over Spitsbergen from December 1950 to 2015 – new version of the index expressed in %.

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-40	-	-	-	-	-
1951	-13	-20	-52	-37	-2	13	-2	6	-3	16	-20	-47	-13	-24	-30	6	-2
1952	-47	-45	-42	-45	-13	-35	-8	21	-45	5	-20	-53	-27	-46	-33	-7	-20
1953	-31	0	-21	-30	-5	27	3	3	7	-16	-15	6	-6	-28	-19	11	-8
1954	-5	7	-42	-20	-19	-23	3	-10	-38	-27	-13	-44	-19	3	-27	-10	-26
1955	-24	-55	-50	-23	-40	0	37	21	-27	-27	-25	-53	-22	-41	-38	19	-26
1956	-45	5	3	-48	-23	12	19	-21	-27	-34	-13	-23	-16	-31	-23	3	-25
1957	-21	-66	-53	-13	-15	-30	3	-6	-25	-45	-43	-48	-30	-37	-27	-11	-38
1958	-21	-57	-32	-27	-37	-10	-32	-5	18	-26	-5	-48	-24	-42	-32	-16	-4
1959	-53	0	-5	-47	-3	-7	11	-13	-22	3	-2	-10	-12	-34	-18	-3	-7
1960	-29	-41	-21	-38	13	-20	-3	-19	-15	-2	-27	-26	-19	-27	-15	-14	-14
1961	-47	-25	-50	-33	-24	-15	-15	-35	-8	-24	-53	-40	-31	-33	-36	-22	-29
1962	-40	-38	-47	-17	-47	-37	-2	-27	-8	-48	-3	-40	-30	-39	-37	-22	-20
1963	-16	-23	-21	-23	-13	-18	-5	-13	-38	-27	-47	-27	-23	-27	-19	-12	-37
1964	-34	-14	-2	-32	-34	-15	24	-18	-40	-8	-60	-53	-24	-25	-22	-3	-36
1965	-27	-27	-24	-10	-3	-22	-23	-26	-47	-23	-28	-42	-25	-36	-12	-23	-33
1966	-31	-61	-69	-43	13	13	-34	-24	-27	-37	-23	-34	-30	-44	-33	-15	-29
1967	-13	-14	-68	-5	3	-17	-13	8	25	-23	-13	-34	-14	-20	-23	-7	-4
1968	-55	-38	-63	-32	6	-2	21	-13	2	-44	-23	-26	-22	-42	-29	2	-22
1969	-47	-27	-31	-43	-5	10	-10	23	-18	-42	-40	8	-18	-33	-26	8	-33
1970	-11	-25	-55	-33	18	52	-15	13	0	-19	-30	-11	-10	-9	-23	17	-16
1971	-42	-30	-31	-18	6	-5	-10	-6	0	-18	-48	-39	-20	-28	-14	-7	-22
1972	16	-12	-26	-37	2	-30	18	11	-25	-19	-70	-44	-18	-12	-20	0	-38
1973	-3	-43	-29	-68	-15	0	18	-13	-12	-26	-40	-58	-24	-30	-37	2	-26
1974	-32	-45	0	-22	-23	-20	-27	-15	-43	-15	-22	-24	-24	-45	-15	-21	-27
1975	-47	-14	-45	-15	-37	-18	-8	3	-33	-15	-35	-29	-24	-28	-32	-8	-28
1976	-61	5	6	-17	-24	-10	24	42	8	0	-12	-6	-4	-28	-11	19	-1
1977	-52	-46	-48	-20	-5	-22	5	-24	-10	-32	-45	5	-25	-35	-24	-14	-29
1978	-40	-27	-39	-23	-15	-20	-5	3	-33	-18	-30	-21	-22	-21	-26	-7	-27
1979	-31	-27	-56	-72	-37	-12	-19	-19	-43	-8	-43	-23	-33	-26	-55	-17	-32
1980	-26	9	-35	-35	-15	-7	13	15	-2	-18	-50	-58	-17	-13	-28	7	-23
1981	-23	-32	-50	-20	0	-17	-6	-11	-32	-44	-18	-39	-24	-38	-23	-11	-31
1982	-37	-9	-26	-40	-31	-7	13	-10	-33	-32	-53	-40	-25	-28	-32	-1	-40
1983	-58	-20	-40	-53	-35	13	5	2	-23	-71	-40	-47	-31	-39	-43	7	-45
1984	-40	-5	-15	-17	-3	-10	-29	5	-17	-42	-27	3	-16	-31	-11	-11	-28
1985	-29	-34	-18	-33	-11	7	-13	-39	-32	-26	-32	-77	-28	-20	-21	-15	-30
1986	-52	4	-10	-12	-35	12	-26	11	-20	-21	-52	-26	-19	-42	-19	-1	-31
1987	8	-48	-13	-23	-15	0	21	3	-27	-26	-27	-47	-16	-22	-17	8	-26
1988	-18	-48	-39	-25	-19	27	-5	2	-17	-10	-27	-11	-16	-38	-28	8	-18
1989	-29	-32	-27	-17	-31	15	27	-5	-8	-19	-22	-26	-14	-24	-25	13	-16
1990	-37	-45	-37	12	24	-2	6	-21	-13	-23	-48	-24	-17	-36	0	-5	-28
1991	-24	-9	-19	-15	-11	-3	23	11	-32	-21	-28	-13	-12	-19	-15	10	-27
1992	-21	-31	-39	-47	18	8	34	-23	-7	-18	-37	-34	-16	-22	-23	7	-20
1993	-44	-20	-44	-7	-35	-23	-26	-37	8	-13	33	-55	-22	-32	-29	-29	10
1994	-66	4	-56	-43	-19	-15	40	47	-15	-8	-25	-34	-16	-39	-40	24	-16
1995	-53	-57	-37	-23	-5	-2	-6	-10	8	-34	-17	-8	-20	-48	-22	-6	-14
1996	13	-3	3	-27	0	-25	34	19	-8	-44	-25	-21	-7	0	-8	9	-26
1997	-6	-36	-39	-20	-24	5	32	11	-15	-44	-15	11	-12	-21	-28	16	-25

1998	-44	-50	-34	-25	3	-10	-37	-35	-7	-47	-32	-29	-29	-27	-19	-28	-28
1999	-44	-52	-55	-15	-10	38	-16	-21	5	-32	-12	-37	-21	-41	-27	0	-13
2000	-40	-55	-42	-18	-16	3	13	-10	8	-11	-25	-37	-19	-44	-25	2	-9
2001	-21	-27	-52	-22	-35	-2	-6	-16	-3	-10	-7	-5	-17	-28	-36	-8	-7
2002	-19	-63	-34	-12	-16	28	6	8	-5	-2	-5	-8	-10	-29	-21	14	-4
2003	-40	-18	-23	-3	-15	18	5	2	2	-31	-32	-34	-14	-22	-13	8	-20
2004	-47	-41	-8	-22	-39	-18	0	2	-35	-23	-37	-27	-25	-41	-23	-6	-31
2005	-35	0	-44	-30	-45	-15	26	-23	-30	-16	-27	-11	-21	-21	-40	-4	-24
2006	19	-25	-52	-35	-8	-2	13	3	-3	-39	-25	-37	-16	-6	-32	5	-22
2007	-45	-32	-24	-8	-45	-22	-31	-8	-17	-3	-22	-19	-23	-38	-26	-20	-14
2008	-29	-24	-58	-32	-3	-17	3	10	3	-32	-35	-3	-18	-24	-31	-1	-21
2009	-3	-45	-44	-8	13	13	-31	-10	-25	-2	-25	-40	-17	-17	-13	-9	-17
2010	-3	-77	-35	-33	-31	-7	15	6	-17	-19	-30	-31	-22	-40	-33	5	-22
2011	-39	-13	0	0	-5	-8	-3	-18	-13	-26	-7	-34	-14	-27	-2	-10	-15
2012	-15	-7	-26	-32	-37	-8	-10	18	-22	-32	-52	-11	-19	-18	-32	0	-35
2013	-31	-27	-48	-35	-18	32	6	2	-10	-19	-12	-40	-17	-23	-34	13	-14
2014	2	-36	-11	-10	8	7	19	-2	-5	-21	0	-27	-6	-25	-4	8	-9
2015	-35	-13	-5	-37	-42	-19	-26	-16	3	-	-	-	-	-25	-28	-20	-
Sr. Av	-29,4	-28,0	-33,0	-26,4	-14,8	-4,2	0,6	-4,5	-15,1	-23,0	-27,2	-29,3	-19,5	-28,9	-24,7	-2,7	-21,9
$\sigma$ Std	18,9	20,3	18,7	15,1	17,6	17,9	19,4	17,5	16,3	15,1	17,0	18,1	6,5	10,9	10,0	12,2	10,8
Max Rok Year	19,4	8,6	6,5	11,7	24,2	51,7	40,3	46,8	25,0	16,1	33,3	11,3	-3,7	2,9	-0,4	24,0	9,6
	2006	1980	1976	1990	1990	1970	1994	1994	1967	1951	1993	1997	1976	1954	1990	1994	1993
Min Rok Year	-66,1	-76,8	-69,4	-71,7	-46,8	-36,7	-37,1	-38,7	-46,7	-71,0	-70,0	-77,4	-32,5	-48,1	-55,1	-28,7	-44,8
	1994	2010	1966	1979	1962	1962	1998	1985	1965	1983	1972	1985	1979	1995	1979	1993	1983

Załącznik 3. Miesięczne, roczne (R) i sezonowe (Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień) wartości wskaźnika S nad Spitsbergenem w okresie od grudnia 1950 do września 2015 – nowa wersja wskaźnika wyrażonego w %

Annex 3. Monthly, annual (R) and seasonal (Z – winter, W – spring, L – summer, J – autumn) values of S Index over Spitsbergen from December 1950 to September 2015 – new version of the index expressed in %.

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-31	-	-	-	-	-
1951	-10	30	-35	-37	-21	-13	-2	6	-27	-10	-23	-18	-13	-3	-31	-3	-20
1952	-18	-28	-6	-12	-26	12	2	-18	-18	5	10	-11	-9	-21	-15	-1	-1
1953	-15	0	-27	-20	-21	27	-3	26	-17	16	8	0	-2	-9	-23	16	3
1954	-24	39	-19	-20	0	-17	13	-13	-2	-2	33	15	0	5	-13	-6	10
1955	-50	-5	5	-3	-8	-30	15	5	30	-27	-25	-8	-9	-14	-2	-4	-7
1956	6	9	-16	-5	-10	-25	23	-24	-20	5	17	13	-2	2	-10	-9	1
1957	8	-5	-5	-3	-34	-43	-10	6	-2	19	-10	-16	-8	5	-14	-16	3
1958	8	-7	-16	3	-5	-17	-29	-31	-2	6	-8	-10	-9	-5	-6	-25	-1
1959	-34	-14	-21	10	0	-30	-5	3	8	19	5	19	-3	-19	-4	-11	11
1960	-16	-10	11	12	3	-13	23	-19	25	-37	7	-3	-2	-2	9	-3	-2
1961	5	-7	-24	-23	-5	12	2	19	-22	8	10	-21	-4	-2	-17	11	-1
1962	5	-13	-50	-20	-21	-17	-8	-11	-8	-10	3	-15	-14	-10	-30	-12	-5
1963	-32	-38	-2	-3	26	-2	-31	19	8	11	-23	-24	-7	-28	7	-4	-1
1964	2	-10	8	2	-8	5	27	-2	-13	-5	-7	5	0	-11	1	10	-8

1965	-11	-13	-37	10	-13	-18	-13	6	7	-16	-12	-13	-10	-6	-13	-8	-7
1966	-24	-7	-11	20	-26	3	8	-27	-33	-18	-17	34	-8	-15	-6	-5	-23
1967	-32	-7	-3	-15	-6	7	13	24	8	-26	3	-24	-5	-2	-8	15	-5
1968	-6	-24	-15	-22	-29	-32	-27	-19	-28	-31	-7	-23	-22	-18	-22	-26	-22
1969	-5	-5	-8	-13	-2	7	26	-6	25	6	-30	8	0	-11	-8	9	0
1970	-15	-14	6	-7	-11	5	-8	10	0	-19	-20	-21	-8	-7	-4	2	-13
1971	-32	27	-27	-8	0	-18	13	6	-3	-15	-42	-6	-9	-9	-12	0	-20
1972	29	-5	-10	-37	11	33	8	5	5	3	20	-5	5	6	-12	15	9
1973	10	-18	-13	-5	-31	0	8	-6	8	-39	-50	-10	-12	-4	-16	1	-27
1974	29	13	6	-28	-6	-3	15	5	0	-5	18	5	4	11	-9	5	4
1975	-8	-18	-16	-15	2	-25	18	16	-13	-27	-5	-39	-11	-7	-10	3	-15
1976	-6	9	35	-20	15	0	11	29	-32	13	-2	-10	4	-12	10	13	-7
1977	3	-14	-23	-23	-31	-15	-2	18	-3	13	2	-2	-6	-7	-26	0	4
1978	-24	-38	0	-3	15	7	5	13	-33	-21	-13	-11	-9	-21	4	8	-23
1979	-2	-2	11	-8	-18	-12	13	6	-7	5	3	-10	-2	-5	-5	3	1
1980	-3	-16	6	15	-18	-7	-13	8	18	-53	-13	-23	-8	-9	1	-4	-16
1981	-29	11	-15	-23	-6	-10	13	15	5	-2	-19	-6	-6	-14	-15	6	-1
1982	-27	-5	23	7	-8	-40	6	-3	-13	16	0	-18	-5	-17	7	-12	1
1983	3	-16	-2	-10	-6	0	18	-18	-3	-16	-37	-27	-10	-10	-6	0	-19
1984	15	9	5	23	0	-27	-3	21	17	6	13	29	9	-1	9	-3	12
1985	-16	20	-5	-37	-11	-27	32	0	-25	-6	-15	-13	-9	11	-18	2	-15
1986	3	-29	0	-25	3	15	26	5	-27	8	-18	10	-2	-13	-7	15	-12
1987	8	-5	6	23	-2	-20	-18	-16	0	-3	-10	-24	-5	4	9	-18	-4
1988	-2	21	-3	-22	-19	17	8	8	-7	-16	-23	-24	-5	-2	-15	11	-15
1989	-16	-11	2	3	-8	5	21	-8	15	3	2	-19	-1	-17	-1	6	7
1990	37	16	-15	-5	-53	8	19	8	53	6	-18	21	7	11	-24	12	14
1991	8	-2	3	-15	-18	-3	-10	31	-28	-5	-18	-16	-6	9	-10	6	-17
1992	2	0	-10	27	-11	2	-8	10	13	-24	20	-5	1	-5	2	1	3
1993	-5	-20	-5	-27	-13	-17	3	31	-18	-29	37	-3	-5	-10	-15	6	-4
1994	-2	-11	24	10	-3	8	24	-8	-5	-37	-15	5	-1	-5	10	8	-19
1995	-11	-21	-2	-17	2	-5	-16	-13	8	-34	-30	-21	-13	-9	-6	-11	-19
1996	0	-14	16	-7	-32	12	5	16	15	-2	-12	-21	-2	-12	-8	11	1
1997	-13	-4	-6	-30	-15	-15	10	24	-12	-11	-5	-2	-7	-12	-17	6	-9
1998	-15	14	24	-15	-29	-13	2	23	-27	5	15	-10	-2	-1	-7	4	-2
1999	21	-5	16	-15	16	2	-19	-2	22	-23	22	-11	2	2	6	-6	7
2000	-2	0	-26	-28	-13	-30	-10	3	15	31	-2	-15	-6	-4	-22	-12	15
2001	-8	2	-23	-22	-6	-5	-6	0	20	-13	-27	-2	-7	-7	-17	-4	-7
2002	-16	-5	-15	2	-13	-12	-3	-2	-28	-18	5	11	-8	-8	-9	-6	-14
2003	-31	7	-16	-13	-21	-25	5	-8	-15	-5	15	-37	-12	-4	-17	-9	-2
2004	5	-10	18	28	-13	-32	39	-2	2	-10	-30	5	0	-14	11	2	-13
2005	19	11	2	-3	-13	-5	-3	3	-27	-16	10	27	0	12	-5	-2	-11
2006	42	-21	-23	52	-24	-2	6	10	-33	-13	12	2	1	16	2	5	-12
2007	3	0	-2	-25	-6	-15	-15	-21	-33	-10	2	-10	-11	2	-11	-17	-14
2008	-3	10	-16	-32	-3	-37	-6	-19	7	-10	-15	0	-10	-1	-17	-21	-6
2009	10	2	11	-38	10	-37	-24	-3	-12	-47	35	18	-6	4	-6	-21	-8
2010	3	13	-42	-7	15	-57	2	-39	3	-26	-27	-8	-14	11	-11	-31	-16
2011	-10	38	-29	13	-15	-48	-6	2	23	-6	-13	-8	-5	7	-10	-18	1
2012	37	10	6	-45	-15	-32	-29	-8	-2	-23	-12	5	-9	13	-18	-23	-12
2013	-8	-5	-29	-15	-2	12	10	27	40	-32	-25	8	-2	-3	-15	16	-6
2014	24	29	-27	-33	-18	0	13	-24	-2	-7	-18	-5	-5	20	-26	-4	-2
2015	32	-13	18	-5	-26	-35	-35	19	-6	-	-	-	-	1	-4	-17	-
Sr. Av	-3,1	-2,8	-6,6	-9,3	-10,1	-10,6	2,1	1,8	-3,2	-9,2	-5,3	-6,8	-5,2	-4,2	-8,7	-2,2	-5,9
$\sigma$ Std	18,7	16,1	17,2	18,5	13,8	18,3	16,1	16,1	19,1	17,3	18,3	15,5	5,5	9,8	10,2	11,4	9,9

Max Rok Year	41,9	39,3	35,5	51,7	25,8	33,3	38,7	30,6	53,3	30,6	36,7	33,9	9,0	20,3	11,1	16,4	14,7
	2006	1954	1976	2006	1963	1972	2004	1993	1990	2000	1992	1966	1984	2006	2004	1953	2000
Min Rok Year	-50,0	-37,5	-50,0	-45,0	-53,2	-56,7	-35,5	-38,7	-33,3	-53,2	-50,0	-38,7	-21,9	-28,1	-31,0	-31,3	-26,8
	1955	1963	1962	2012	1990	2010	1963	2010	1978*	1980	1973	1975	1968	1963	1951	2010	1973

\* – maksymalna wartość wskaźnika S wystąpił również w 2006 i 2007 – maximum value of S index also occurred in 2006 and 2007

Załącznik 4. Miesięczne, roczne (R) i sezonowe (Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień) wartości wskaźnika C, nad Spitsbergenem w okresie od grudnia 1950 do września 2015  
– nowa wersja wskaźnika wyrażonego w %

Annex 4. Monthly, annual (R) and seasonal (Z – winter, W – spring, L – summer, J – autumn) values of C Index over Spitsbergen from December 1950 to September 2015 – new version of the index expressed in %

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
1951	13	13	-2	0	-18	13	-32	-26	17	35	-17	24	2	12	-6	-15	12
1952	24	24	-23	-8	-19	-17	-11	21	30	-24	53	3	4	24	-17	-2	20
1953	31	27	8	-8	-5	-32	-27	0	32	37	43	58	14	20	-2	-20	37
1954	32	13	18	-5	-45	23	-5	-26	0	26	27	31	7	34	-11	-2	17
1955	19	7	6	7	-6	-15	18	32	10	10	-12	6	7	19	2	12	3
1956	24	5	8	-22	18	-7	-61	-29	25	2	20	23	0	12	1	-32	16
1957	27	-34	8	20	-29	-10	-37	16	-23	45	23	10	1	5	0	-10	15
1958	18	-2	-27	-33	-40	-3	-3	-39	23	16	20	6	-5	9	-34	-15	20
1959	-11	39	26	-5	-5	25	34	10	-7	8	12	10	11	11	5	23	4
1960	3	-24	18	27	-8	-12	-21	-39	-10	-6	5	15	-4	-4	12	-24	-4
1961	13	25	45	10	-6	20	-19	-42	12	24	2	15	8	17	16	-14	13
1962	24	14	-35	12	-37	-2	15	-18	3	18	28	0	2	18	-20	-2	16
1963	8	-13	-2	-3	13	-30	19	-18	10	29	-2	2	1	-1	3	-9	12
1964	15	34	34	-23	-8	10	27	-31	-3	16	5	40	10	17	1	2	6
1965	10	-5	5	5	-24	2	-13	-21	-5	6	5	0	-3	15	-5	-11	2
1966	-11	-5	-13	-45	-27	7	-11	-18	28	-35	50	29	-4	-6	-28	-7	14
1967	-31	36	16	2	-47	30	6	-13	17	23	32	-27	4	11	-10	8	24
1968	5	38	40	-20	-29	18	3	42	-3	-34	-10	-2	4	5	-3	21	-16
1969	-24	32	-15	-25	-42	-52	-35	-45	22	47	43	45	-4	2	-27	-44	37
1970	-3	-30	5	-37	10	22	5	8	-5	26	-22	26	0	4	-7	12	0
1971	10	21	3	-5	0	-37	35	18	7	34	28	31	12	19	-1	6	23
1972	34	26	27	-7	2	-42	15	35	23	21	17	27	15	30	7	3	20
1973	52	48	45	25	-11	20	5	29	18	31	32	26	27	42	20	18	27
1974	37	16	31	27	-6	-5	5	-11	32	0	13	56	16	26	17	-4	15
1975	48	36	58	40	-15	10	42	-11	55	-2	30	53	29	47	28	14	28
1976	26	31	18	18	-34	-32	24	56	32	-37	52	16	14	37	1	16	15
1977	-26	2	-6	-2	6	15	8	5	28	-5	45	13	7	-3	-1	9	23
1978	16	2	27	-25	-2	-20	-24	-10	-3	6	33	-8	-1	10	0	-18	12
1979	-2	13	6	-28	6	7	-8	8	32	-6	30	8	5	1	-5	2	18
1980	-3	22	-3	17	-24	-15	-26	10	33	27	32	32	8	9	-4	-10	31
1981	35	38	-8	10	-35	27	18	-13	5	10	43	-31	8	35	-11	11	19
1982	13	18	35	35	-37	-5	50	-2	25	8	45	34	18	0	11	14	26
1983	44	39	27	-15	-42	32	31	45	33	52	22	6	23	39	-10	36	36
1984	19	43	-10	3	2	3	3	-18	-2	23	15	24	9	23	-2	-4	12

1985	-8	2	8	3	-39	-18	-34	-16	23	47	18	6	-1	6	-9	-23	29
1986	21	-13	52	-28	-11	23	2	-27	28	48	37	-18	9	5	4	-1	38
1987	-3	-20	-26	12	-5	-48	35	18	-2	32	27	26	4	-14	-6	2	19
1988	31	-10	11	27	-26	22	-6	-42	33	10	28	2	7	15	4	-9	24
1989	13	20	19	-17	16	2	40	-6	22	19	23	27	15	11	6	12	21
1990	31	36	29	33	13	-45	-19	-34	2	27	18	35	11	31	25	-33	16
1991	50	39	-6	13	3	-50	-16	13	22	5	3	29	9	42	3	-18	10
1992	48	7	31	-5	13	-2	15	-8	10	-6	13	35	13	28	13	2	6
1993	35	48	16	2	-23	-33	-56	-21	-23	11	12	29	0	40	-2	-37	0
1994	11	-4	47	22	-29	20	24	34	27	11	17	42	18	12	13	26	18
1995	18	45	18	12	-21	10	27	26	-2	-16	-17	21	10	35	3	21	-11
1996	24	-10	15	3	-23	-7	-10	8	23	19	62	-19	7	12	-2	-3	35
1997	34	20	15	13	-29	-28	-21	19	33	13	-7	34	8	11	0	-10	13
1998	-11	0	23	-55	2	-33	-48	-21	-28	21	12	47	-8	8	-10	-34	1
1999	48	39	-3	7	-58	42	40	-8	25	21	55	39	21	45	-18	25	34
2000	52	33	32	-15	5	15	15	23	3	15	22	16	18	41	7	17	13
2001	35	7	0	-12	-15	-12	6	-15	23	11	53	16	8	20	-9	-7	29
2002	50	50	6	8	-50	13	-8	5	-10	-26	-5	6	3	39	-12	3	-14
2003	24	36	47	-17	-16	-32	-15	-39	42	26	20	40	10	22	5	-28	29
2004	31	19	6	13	-10	0	15	-16	20	39	38	58	18	30	3	-1	32
2005	48	27	-3	-10	6	-8	6	23	55	15	45	-6	16	44	-2	7	38
2006	32	34	-6	37	-19	37	31	6	13	-2	58	53	23	20	4	25	23
2007	48	-5	63	42	-10	12	-8	29	43	53	27	31	27	32	32	11	41
2008	31	41	29	-23	-19	7	-6	6	7	21	25	37	13	34	-5	2	18
2009	32	13	47	-8	8	-17	-23	-40	33	29	45	8	11	27	16	-27	36
2010	37	-13	6	13	-8	2	8	-21	13	45	12	19	10	11	4	-4	23
2011	26	16	50	45	-6	-18	8	-16	37	34	28	45	21	20	30	-9	33
2012	16	55	39	8	27	-3	23	19	35	15	15	13	22	39	25	13	22
2013	29	-4	-24	30	-8	27	26	47	-13	27	52	37	19	13	-1	33	22
2014	-15	32	42	17	-13	-20	-16	-6	27	0	35	45	11	18	15	-14	21
2015	29	37	39	16	-10	11	-23	-2	6	-	-	-	-	37	15	-4	-
Śr. Av	20,6	17,3	15,3	1,9	-13,8	-2,8	0,6	-2,4	15,7	15,5	23,7	21,0	9,3	19,6	1,1	-1,5	18,3
σ Std	20,1	21,2	22,4	21,5	18,5	22,9	24,7	24,8	18,1	20,7	19,7	20,1	8,4	14,5	13,1	17,4	12,7
Max Rok Year	51,6	55,2	62,9	45,0	27,4	41,7	50,0	56,5	55,0	53,2	61,7	58,1	28,7	46,9	31,6	35,8	41,1
	2000	2012	2007	2011	2012	1999	1982	1976	1975*	2007	1996	1953*	1975	1975	2007	1983	2007
Min Rok Year	-30,6	-33,9	-35,5	-55,0	-58,1	-51,7	-61,3	-45,2	-28,3	-37,1	-21,7	-30,6	-7,8	-13,5	-33,7	-44,1	-15,7
	1967	1957	1962	1998	1999	1969	1956	1969	1998	1976	1970	1981	1998	1987	1958	1969	1968

\* – maksymalna wartość wskaźnika C wystąpiła również we wrześniu 2005 i w grudniu 2004 – maximum value of C index also occurred in September 2005 and December 2004