

ZMIANY SKŁADOWEJ STREFOWEJ PRĘDKOŚCI WIATRU (U-wind) W REJONIE SPITSBERGENU ZACHODNIEGO (1981–2005)

THE CHANGES OF ZONAL WIND SPEED COMPONENT (U-wind)
AT THE WEST SPITSBERGEN AREA (1981–2005)

Grzegorz Kruszewski

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

Zarys treści. Praca charakteryzuje składową strefową prędkość wiatru (oznaczenie U-wind) w trzech gridach położonych na zachód od Spitsbergenu Zachodniego. W rejonie tym, przy ogólnej dominacji cyrkulacji wschodniej, dwukrotnie większe jej natężenie obserwujemy w części południowej. Tam też U-wind charakteryzuje się największą zmiennością roczną. Analiza przebiegów miesięcznych także wykazuje większą stabilność wartości U-wind na północy. Cyrkulacja wschodnia wyraźnie nasila się w miesiącach zimowych; zachodnia przeważa latem, a jej natężenie i okres dominacji rosną wraz z szerokością geograficzną.

Słowa kluczowe: składowa strefowa prędkość wiatru (U-wind), temperatura powietrza, W Spitsbergen.

1. Wprowadzenie

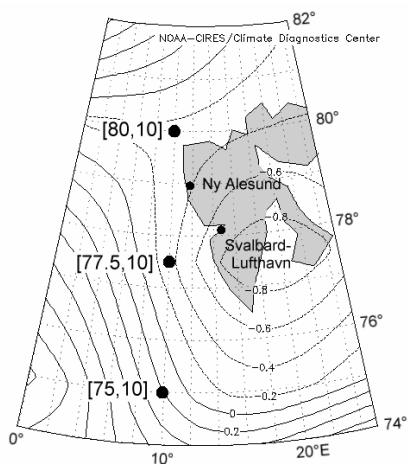
Składowa strefowa prędkość wiatru, określana w skrócie jako „U-wind” jest rzutem wypadkowego wektora wiatru na oś odciętych. Wartości dodatnie U-wind przybiera dla kierunku zachodniego, ujemne w przypadku przewagi przenosu wschodniego. Średnia wartość U-wind dla danego przedziału czasowego charakteryzuje więc w prosty sposób nie tylko wypadkowy zwrot strefowego przemieszczania powietrza, ale także – po uwzględnieniu gęstości powietrza – jego bezwzględną masę.

Obserwowane w ostatnich latach ocieplanie się Atlantyckiego Sektora Arktyki z jednej strony przypisuje się czynnikowi cyrkulacyjnemu (Przybylak 2002, Niedźwiedź 2003) – głównie poprzez wzrost częstości cyrkulacji zachodniej w okresie lata i jesieni, trwający od połowy lat 80-tych – z drugiej, wzrostowi temperatury wód wokół Spitsbergenu. Wpływ zmian temperatury powierzchni oceanu na Prądzie Norweskim i Zachodniospitsbergeńskim na temperaturę powietrza na Svalbardzie wykazali Kruszewski, Marsz i Zblewski (2003) oraz Kruszewski (2005). Zachodzi jeszcze pytanie, czy zmiany składowej strefowej prędkości wiatru – będącej „ilościowym” wskaźnikiem przemieszczania mas powietrza w rejonie Spitsbergenu – przekładają się w prosty sposób na zmienność temperatury powietrza na stacjach Spitsbergenu Zachodniego.

2. Źródła danych i metody badawcze

Jako podstawowe źródło do analizy przyjęto zbiór danych gridowych pochodzący z zasobów NOAA–CIRES / Climate Diagnostics Center zawierający średnie miesięczne wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) na poziomie morza dla pól o rozdzielczości $2.5 \times 2.5^\circ$ z okresu 1981–2005. W celu uproszczenia zapisu, używane dalej w tekście współrzędne pól (gridów) podają położenie środka analizowanego pola. Grid opisany jako [75, 10] charakteryzuje uśrednioną wartość prędkości wiatru dla obszaru pomiędzy 73.75 a 76.25°N i 009.75 a 011.25°E . (środek tak zdefiniowanego gridu leży w punkcie o współrzędnych geograficznych 75°N i 010°E).

Ciągi miesięcznych wartości temperatury powietrza z okresu 1981–2005 dla stacji Svalbard-Lufthavn i Ny Alesund pochodzą z bazy danych NORDCLIM i Norweskiego Instytutu Meteorologicznego. Wartości wskaźników cyrkulacji dla Spitsbergenu zaczerpnięto z pracy Niedźwiedzia (2001), uzupełnione przez tegoż autora do roku 2005. Usytuowanie rozpatrywanych stacji oraz środków gridów z których dane poddano analizie prezentuje rycina 1.



Ryc. 1. Obszar objęty badaniami
Przykładowa mapa rozkładu rocznej (1996) wartości składowej strefowej prędkości wiatru z zaznaczonymi gridami i stacjami uwzględnionymi w analizie

Fig. 1. Area of investigations
Example of map with annual (1996) U-wind speed distribution with analysed grid points and stations

Zmiany U-wind w wybranych gridach prześledzono w układzie wartości rocznych i miesięcznych. Wyznaczono współczynniki trendu liniowego i ich istotność statystyczną. Obliczono współczynniki korelacji liniowej pomiędzy wartościami U-wind a wskaźnikiem cyrkulacji zachodniej „W” autorstwa Niedźwiedzia oraz temperatury powietrza na stacjach Spitsbergenu Zachodniego.

3. Wyniki

3.1. Przebieg rocznych wartości składowej strefowej prędkości wiatru

W analizowanym okresie 25 lat najwyższe wartości roczne U-wind obserwujemy w rejonie położonym najdalej na północ (grid [80, 10]). Średnia wieloletnia składowa strefowej prędkości wiatru wynosi tu -0.78 m/s, co świadczy o przewadze w skali wielolecia cyrkulacji wschodniej. W gridach leżących dalej na południe cyrkulacja wschodnia nasila się i jest prawie dwukrotnie większa (ryc. 2). Wieloletnie wartości U-wind wynoszą tu już -1.38 m/s [77.5, 10] i -1.58 m/s w gridzie [75, 10]. Największą międzyroczną zmienność składowej strefowej prędkości wiatru obserwujemy także w położonym na SW

od Spitsbergenu gridzie [75, 10]. W analizowanym wieloleciu roczna wartość U wind zmieniała się w tym rejonie od -4.44 m/s w roku 1998 do $+0.2$ m/s w 1996 (przewaga cyrkulacji zachodniej). Największą stabilność warunków cyrkulacyjnych stwierdzono w gridzie [80, 10], przy NW krańcu wyspy. Zmienność wartości U-wind z roku na rok jest tu najmniejsza, a zróżnicowanie warunków cyrkulacyjnych w poszczególnych latach także dużo mniejsze niż w rejonach usytuowanych dalej na południe, co wyraźnie widać w zmniejszających się wartościach odchyień standardowych. Jedynie w tym obszarze pojawił się trwający dłużej niż rok okres słabej dominacji cyrkulacji zachodniej (lata 1984–1986). Stwierdzono tu także słaby (-0.05 m/s na rok) ale statystycznie istotny ($p = 0.017$) ujemny trend wartości rocznych U-wind, co świadczy o nasilaniu się przenosu wschodniego w NW rejonie Spitsbergenu.

3.2. Przebieg miesięcznych wartości składowej strefowej prędkości wiatru

Analiza miesięcznych wartości U-wind ukazuje ponownie, że największa zmienność składowej strefowej prędkości wiatru w poszczególnych miesiącach występuje w gridzie [75, 10], a najmniejsza na 80°N (ryc. 3). We wszystkich gridach obserwujemy wyraźne nasilenie cyrkulacji wschodniej w miesiącach zimowych (od grudnia do marca). Cyrkulacja zachodnia nasila się wyraźnie w porze letniej, a jej natężenie i okres dominacji rosną wraz z przesuwaniem się ku północy. Na 80°N przewaga cyrkulacji zachodniej utrzymuje się przez pięć miesięcy w roku (od maja do września), a w czerwcu i lipcu wieloletnie wartości U-wind osiągają wartość $+1.0$ m/s.

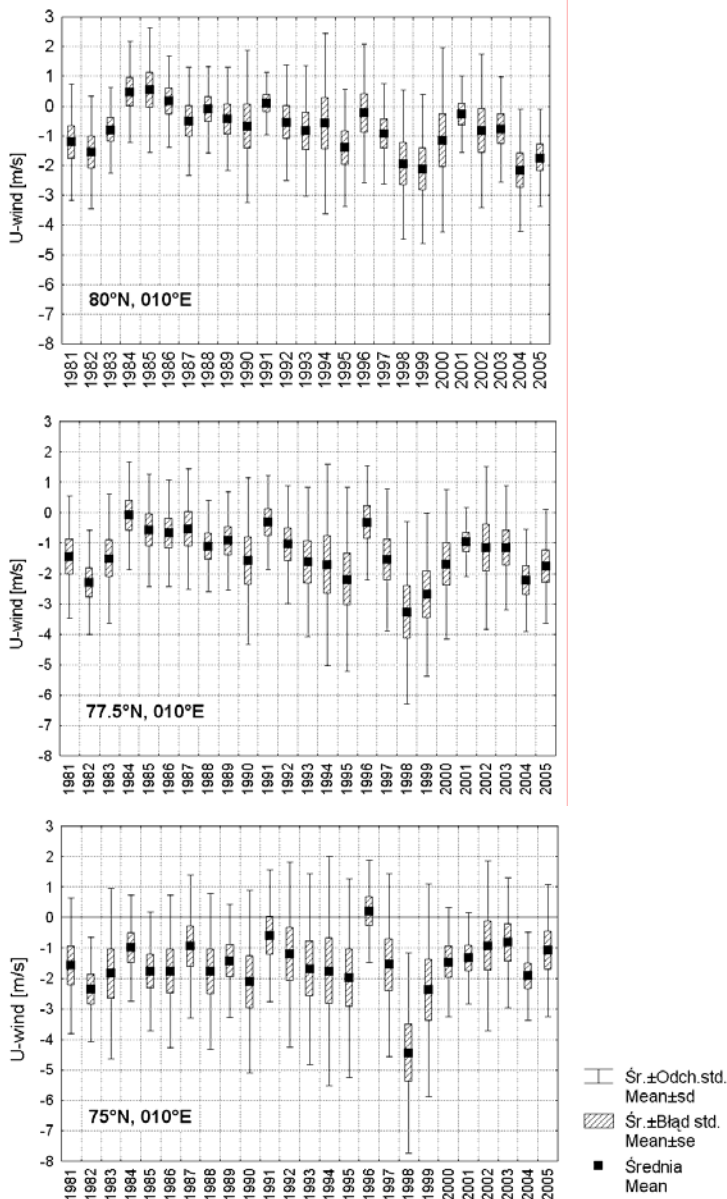
Statystycznie istotne ujemne trendy wartości miesięcznych U-wind występują w gridzie [80, 10] w lutym, marcu i maju (-0.16 ; -0.12 i -0.08 m/s na rok) oraz w sezonie wiosennym (liczonym dla okresu marzec – maj). W okresie zimowym (grudzień – luty) występuje ujemny trend znajdujący się na progu istotności statystycznej (ryc. 4). Podobnie w gridzie [77.5, 10] notujemy istotne statystycznie ujemne trendy U-wind w marcu i maju (-0.12 i -0.1 m/s na rok) oraz wiosną, co świadczy o nasilaniu się w tych okresach cyrkulacji wschodniej. Jedyny statystycznie istotny ($p = 0.03$) dodatni trend wartości U-wind stwierdzono we wrześniu w gridzie [75, 10], a jego wielkość wynosi $+0.1$ m/s na rok.

3.3. Związki U-wind ze wskaźnikiem W (cyrkulacji zachodniej) i temperaturą powietrza na Spitsbergenie Zachodnim

Zarówno roczne jak i sezonowe wartości składowej strefowej prędkości wiatru wykazują silne i istotne korelacje z analogicznymi wartościami wskaźnika cyrkulacji zachodniej W Niedźwiedzia (1997), charakteryzującego sytuację synoptyczną w rejonie $75\text{--}80^{\circ}\text{N}$, $010\text{--}030^{\circ}\text{E}$. Związki te są najsilniejsze w przypadku wartości U-wind w gridzie [75, 10], gdzie współczynnik korelacji w poszczególnych sezonach roku przekracza wartość $+0.7$ a latem osiąga nawet $+0.81$. Siła związku wyraźnie maleje w przypadku gridu [80, 10], gdzie w sezonie letnim jak i dla wartości rocznych traci on istotność statystyczną. Najwyższy statystycznie istotny współczynnik korelacji ($r = 0.66$, $p = 0.000$) występuje tu zimą, najniższy wiosną ($r = 0.49$, $p = 0.013$). Przypadek zimowy ilustruje rycina 4. Należy podkreślić bardzo dużą zgodność przebiegu obu wartości, pomimo, że ciągi danych charakteryzują się trendami o przeciwnych znakach.

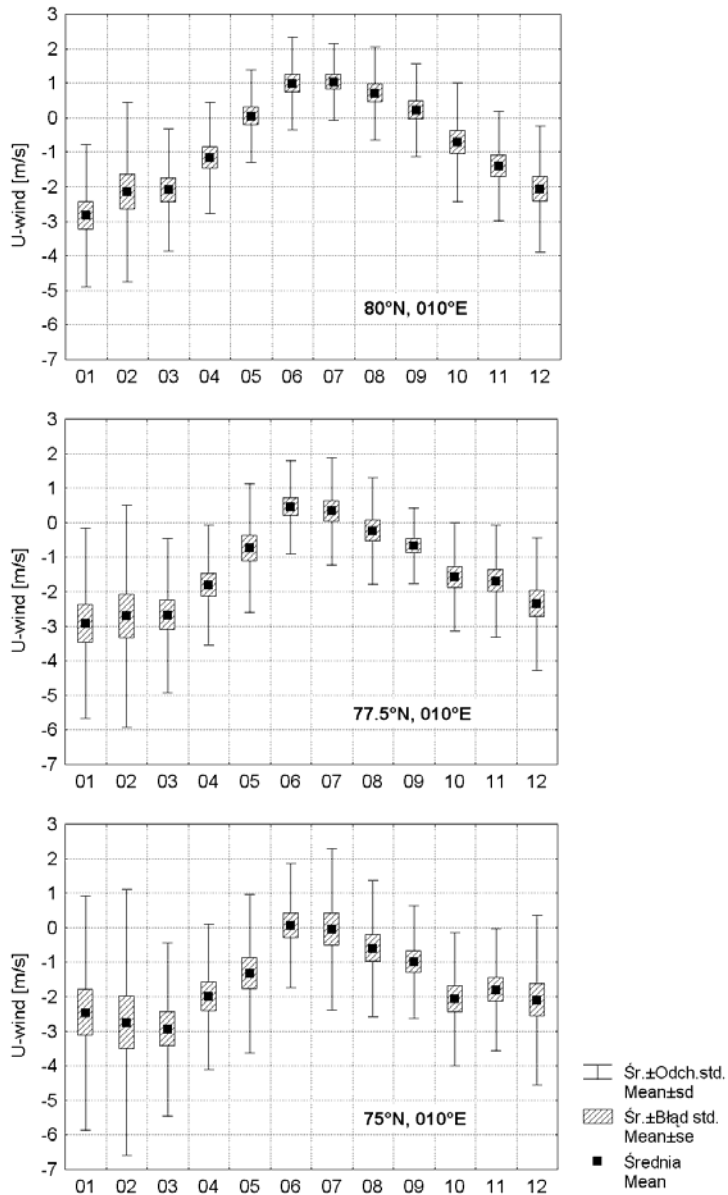
Dodatni trend wartości U-wind stwierdzony we wrześniu w gridzie [75, 10] jest zgodny z analogicznym trendem wskaźnika cyrkulacji strefowej W Niedźwiedzia (statystycznie istotny, dodatni $+0.5/\text{rok}$). Ten ostatni zachowuje zarówno znak trendu jak i jego istotność statystyczną dla okresu jesieni (liczonej od września do listopada). Dodatni trend obu wartości świadczy o nasilaniu się w ciągu ostatnich 25 lat

cyrkulacji zachodniej w tej porze roku. Przebiegi jesiennych wartości U-wind dla gridu [75, 10] i wskaźnika W prezentuje rycina 5. Współczynnik korelacji liniowej tych wartości wynosi $r = 0.74$ i jest wysoce istotny statystycznie ($p = 0.000$).



Ryc. 2. Przebieg rocznych wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) w gridach [80, 10], [77.5, 10] i [75, 10]

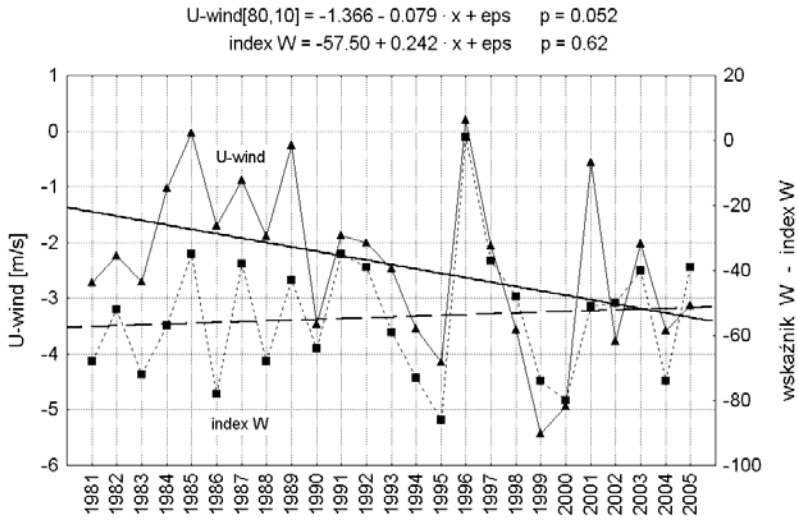
Fig. 2. Course of mean annual zonal wind speed component values (U-wind) in grids [80, 10], [77.5, 10] i [75, 10]



Ryc. 3. Przebieg wieloletnich miesięcznych wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) (1981–2005) w gridach [80, 10], [77.5, 10] i [75, 10]

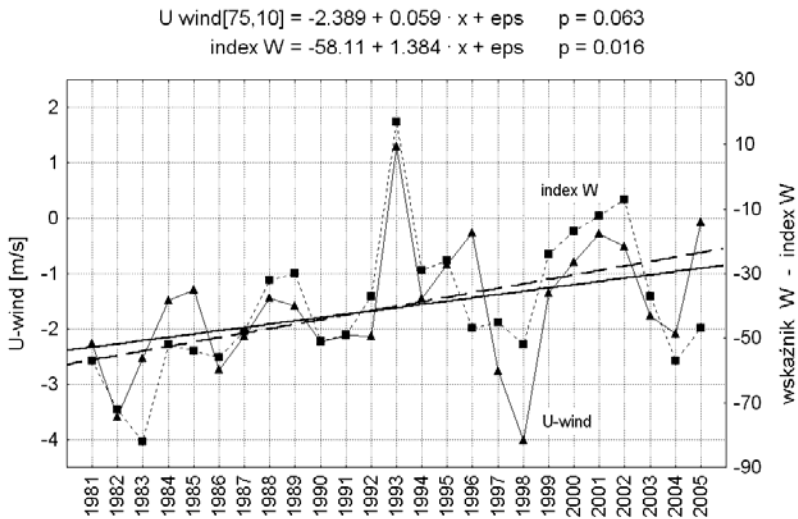
Fig. 3. Course of monthly average zonal wind speed component values (U-wind) (1981–2005) in grids [80, 10], [77.5, 10] i [75, 10]

Stwierdzono także istnienie statystycznie istotnych korelacji ujemnych pomiędzy synchronicznymi miesięcznymi wartościami U-wind we wszystkich analizowanych gridach i miesięcznymi wartościami temperatury powietrza na stacjach Svalbard-Lufthavn i Ny Alesund. Związki te występują tylko w okresie dnia polarnego, a najsilniejsze są w lipcu, kwietniu i sierpniu. Przykład takiej zależności prezentuje ryc. 6.



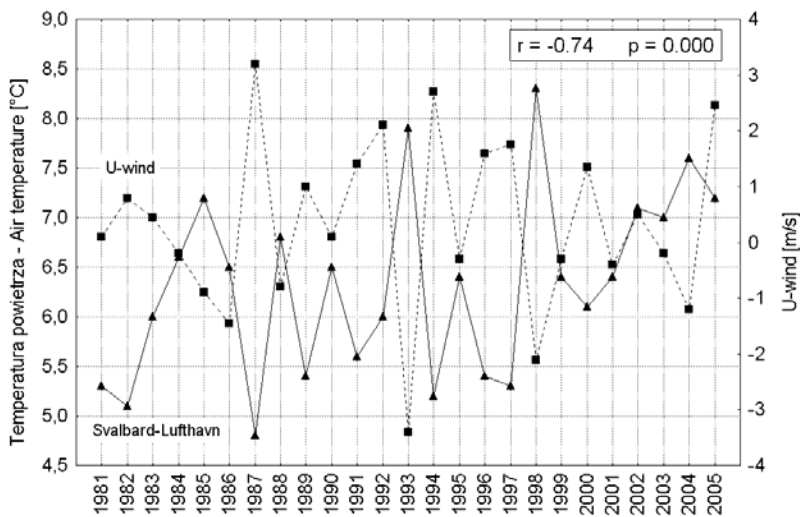
Ryc. 4. Przebieg wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) w gridzie [80, 10] i wskaźnika cyrkulacji strefowej zachodniej (W) nad Spitsbergenem w okresie zimy

Fig. 4. Course of zonal wind speed component values (U-wind) in grid [80, 10] and the zonal westerly circulation index (W) above Spitsbergen during winter



Ryc. 5. Przebieg wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) w gridzie [75, 10] i wskaźnika cyrkulacji strefowej (W) Niedźwiedzia nad Spitsbergenem w okresie jesieni

Fig. 5. Course of zonal wind speed component values (U-wind) in grid [75, 10] and the zonal westerly circulation index (W) above Spitsbergen during autumn



Ryc. 6. Przebieg lipcowych wartości składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) w gridzie [77.5, 10] i temperatury powietrza w lipcu na stacji Svalbard-Lufthavn

Fig. 6. Course of monthly zonal wind speed component values (U-wind) in grid [77.5, 10] in July and monthly air temperature values in July at Svalbard-Lufthavn

Ujemny charakter korelacji świadczy, że wyższa temperatura powietrza występuje w okresach nasilenia się cyrkulacji wschodniej. W okresie wiosny i lata w takich sytuacjach przypuszczalnie dochodzi do wzrostu temperatury powietrza związanego z jednej strony z efektem fenowym, z drugiej natomiast ze wzrostem bezpośredniej operacji słonecznej po zawietrznej (zachodniej) stronie łańcuchów górskich Spitsbergenu w tzw. oknach fenowych.

4. Podsumowanie i wnioski

W analizowanym 25-leciu wzdłuż zachodnich wybrzeży Spitsbergenu w szerokościach 75–80°N przeważała cyrkulacja wschodnia (ujemne wartości U-wind), przy czym bezwzględna masa powietrza transportowana ze wschodu na zachód na średniej szerokości 75°N jest dwukrotnie większa niż w rejonie 80 równoleżnika. Największą międzyroczną zmienność składowej strefowej prędkości wiatru obserwujemy także w położonym na SW od Spitsbergenu gridzie [75, 10]. W układzie wartości miesięcznych rejon ten wykazuje największy udział cyrkulacji wschodniej w skali roku – przez 11 miesięcy (dodatnia wartość U-wind pojawia się tylko w czerwcu). W pozostałych gridach cyrkulacja zachodnia przeważa już w czerwcu i lipcu [77.5, 10] a nawet od maja do września [80, 10]. Zdecydowana dominacja cyrkulacji wschodniej we wszystkich rozpatrywanych gridach występuje w okresie zimy i wczesnej wiosny. Wartości roczne U-wind w gridzie [80, 10] wykazują słaby lecz statystycznie istotny ujemny trend, co świadczy o nasileniu się w rozpatrywanym okresie przenosu mas powietrza ze wschodu na zachód. Podobne, ujemne trendy znajdujemy w przebiegach miesięcznych (luty, marzec, maj) w tym samym gridzie oraz w marcu i maju w gridzie [77.5, 10]. Z kolei w gridzie [75, 10] gdzie cyrkulacja wschodnia jest najsilniejsza obserwujemy jej stopniowe osłabianie – dodatni trend w wartościach składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) we wrześniu.

Wartości składowej strefowej prędkości wiatru wykazują silne i istotne statystycznie związki synchroniczne z indeksem cyrkulacji zachodniej W Niedźwiedzia, przy czym siła tych związków wyraźnie maleje dla gridów usytuowanych dalej na północ. Wskazywać by to mogło, że wskaźnik W zdecydowanie lepiej charakteryzuje warunki cyrkulacyjne w południowej części obszaru dla którego jest zdefiniowany.

Literatura:

- Kruszewski G. 2005, Wpływ zmian temperatury wód w głównym nurcie Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na temperaturę powietrza na Spitsbergenie Zachodnim (1982–2002). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 15: 53–63.
- Kruszewski G., Marsz A., Zblewski S. 2003, Wpływ zmian temperatury powierzchni oceanu na Morzu Norweskim na temperaturę powietrza na Svalbardzie i Jan Mayen (1982–2002). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13: 59–78.
- Niedźwiedź T. 1997, Częstość występowania typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-1995). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 7: 9–17.
- Niedźwiedź T. 2001, Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 11: 7-26.
- Niedźwiedź T. 2003, Współczesna zmienność cyrkulacji atmosfery, temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na Spitsbergenie. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13: 79–92.
- Przybylak R. 2002, Variability of air temperature and atmospheric precipitation in the Arctic. *Atmospheric and Oceanographic Sciences Library*, 25, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London: 330 s.

Summary

The study presents variability of zonal wind speed (U-wind) in three grids 2.5x2.5° situated in the vicinity of the western coast of Spitsbergen. Gridded surface data from *NCEP Reanalysis Derived data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA from their Web site at <http://www.cdc.noaa.gov/>* were used for statistical analysis.

In Spitsbergen area negative values of U-wind are typical but the eastern air-flow is two times stronger in the south (–1.58 m/s in grid [75, 10]) than in the north (–0.78 m/s in grid [80, 10]) – see fig. 2. The biggest changeability in annual values of U-wind is also observed in the south. The maximum of the eastern air-flow can be observed in winter months, the minimum in summer, when positive values of U-wind occur. Westerly circulation prevails in June (grid [75, 10]); June and July [77.5, 10] and from May to September in the north [80, 10]. Significant decreasing (–0.05 m/s by year) trend in annual U-wind values was found in the north. Decreasing trends were observed in monthly U-wind values in February, March and May in [80, 10] and in March and May in [77.5, 10] grids. The only significant increasing trend (+0.1 m/s by year) was noted in September in the [75, 10] grid.

Correlations between U-wind and zonal westerly circulation index W values for Spitsbergen area (given by Niedźwiedź 1997) are strong for all grids and seasons, but the strongest was noted in summer ($r = +0.81$) in grid [75, 10]. Some relations between U-wind and monthly air temperature in Svalbard-Luffhavn and Ny Alesund were noticed too. The strongest negative correlations were found in July, April and August.