

**WPŁYW ZMIAN TEMPERATURY WODY  
NA PRĄDZIE ZACHODNIOGRENLANDZKIM NA ZMIANY  
TEMPERATURY POWIETRZA NA ZIEMI BAFFINA I LABRADORZE  
(1982–2002)**

THE INFLUENCE OF CHANGES OF WATER TEMPERATURES  
ON THE WEST GREENLAND CURRENT IN RELAYS OF AIR TEMPERATURE  
ON BAFFIN ISLAND AND LABRADOR (1982–2002)

Sławomir Zblewski

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

**Zarys treści:** Praca omawia wpływ zmian temperatury wody powierzchniowej (TPO) w południowej i środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego na zmiany temperatury powietrza na stacjach położonych na wschodnich wybrzeżach Kanady. Szeregi temperatury powietrza pochodzą ze zbioru Historical Adjusted Climate Database for Kanada, a dane o TPO ze zbioru Reynoldsa w wersji SST OI v.1. W okresie 1982–2002 na wszystkich analizowanych stacjach występują dodatnie, istotne statystycznie trendy temperatury powietrza. Pomiedzy szeregami TPO w wybranych gridach ([62°N, 52°W] i [66°N, 56°W]) a szeregami temperatury powietrza na badanych stacjach dominują związki synchroniczne. Najsilniejsze związki asynchroniczne zachodzą pomiędzy zmiennością TPO w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego a temperaturą powietrza na stacjach położonych na Ziemi Baffina.

**Słowa kluczowe:** temperatura powierzchni wody, temperatura powietrza, Prąd Zachodniogrenlandzki, Ziemia Baffina, Labrador.

## 1. Wstęp

W czasie ostatnich dekad XX wieku na półkuli północnej zaznacza się wyraźne ocieplenie klimatu. Jest ono również widoczne w jednym z najcieplejszych obszarów Arktyki – w basenie Morza Baffina (Przybylak 1996). Przejawia się między innymi wzrostem temperatury powietrza, zwłaszcza po roku 1982 (Rigor i in. 2000, Polyakov i in. 2003) oraz postępującą degradacją pokrywy lodów morskich (Parkinson i in. 1999, Peterson i in. 2000). Przyczyną tego ocieplenia, zdaniem niektórych badaczy (m.in. Zhang i in. 1998, Marsz 1999, Furevik 2000), jest nagromadzenie ciepła w powierzchniowych warstwach oceanu i jego dystrybucja przez cyrkulację oceaniczną.

Istotnym składnikiem cyrkulacji oceanicznej NW Atlantyku jest Prąd Zachodniogrenlandzki. Bierze on swój początek w okolicy Cape Farewell (południowa Grenlandia) gdzie mieszają się ciepłe wody Prądu Irmingera z zimnymi wodami Prądu Wschodniogrenlandzkiego i płynie na północ wzdłuż zachodnich

wybrzeży Grenlandii (ryc. 1). Wnosi on ciepłe wody (w początkowym odcinku prądu temperatura wody powierzchniowej wynosi około  $+3.5^{\circ}\text{C}$ ) do basenu Morza (Zatoki) Baffina silnie wpływając tym samym na kształtowanie się pokrywy lodów morskich na tym akwenie i temperatury powietrza w regionie.

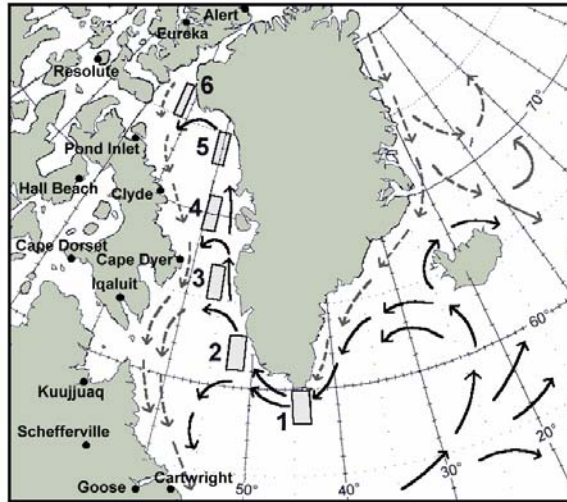
Wcześniejsze badania autora (Zblewski 2004a) wykazały, że w okresie 1982–2002 nastąpił wyraźny wzrost temperatury wody powierzchniowej (dalej TPO) na Prądzie Zachodniogrenlandzkim. Miało to miejsce zwłaszcza w środkowym odcinku tego prądu gdzie w gridzie  $2^{\circ}\varphi \times 2^{\circ}\lambda$  o współrzędnych środka  $62^{\circ}\text{N}$  i  $52^{\circ}\text{W}$  temperatura wody powierzchniowej wzrosła nawet o  $+1.24^{\circ}\text{C}$ . Wzrost TPO na tym prądzie związany jest z najważniejszą strukturą cyrkulacji atmosferycznej Atlantyku Północnego jaką jest NAO (Hurrell i in. 2003). W czasie wystąpienia ujemnej fazy NAO (North Atlantic Oscillation) nad obszar Morza Baffina napływa ciepłe powietrze z sektora południowego i tym samym ustaje pobór ciepła z wody (nie ma strat ciepła na ogrzewanie atmosfery). Intensyfikuje się również Prąd Zachodniogrenlandzki transportujący wody z południa, z których w tych warunkach ciepło nie jest pobierane albo jest znacznie słabiej pobierane. Podczas dodatniej fazy NAO nad Zatokę Baffina wypływa zimne i suche powietrze znaną Grenlandii, Arktyki Kanadyjskiej i Labradoru, które pobiera z powierzchni morza bardzo duże ilości ciepła prowadząc do obniżenia temperatury powierzchni oceanu. Skutki zmienności NAO są najlepiej widoczne w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego, gdzie objaśniają 45% obserwowanej zmienności rocznej TPO (Zblewski 2004a).

Przeprowadzona wcześniej analiza (Zblewski 2004b) wykazała również, że istnieją związki pomiędzy zmiennością temperatury wody powierzchniowej na Prądzie Zachodniogrenlandzkim, głównie w jego środkowej i południowej części, a temperaturą powietrza notowaną na stacjach położonych na zachodnich wybrzeżach Grenlandii. Celem tej pracy było zbadanie czy podobne związki zachodzą w przypadku temperatury powietrza występującej na stacjach położonych na wschodnich wybrzeżach Kanady w szerokościach  $50\text{--}75^{\circ}\text{N}$ .

## 2. Materiały

W pracy wykorzystano ciąg danych temperatury wody powierzchniowej ze zbioru NOAA OI SST v.1, udostępniony przez NOAA CIRES, Climate Diagnostic Centre, Boulder, Co. Zbiór ten zawiera miesięczne wartości TPO dla gridów o rozdzielczości  $1^{\circ}\varphi \times 1^{\circ}\lambda$ . Aby wyeliminować szумы generowane przez drobno-skalowe procesy hydrologiczne (np. przesunięcia głównego nurtu Prądu Zachodniogrenlandzkiego czy też tworzenie się krótkotrwałych zamkniętych wirów prądowych) wartości temperatury wody powierzchniowej uśredniono dla 4 sąsiadujących gridów (siatka  $2 \times 2^{\circ}$ ). Dla wybranych gridów obliczono temperatury roczne. Zbiór NOAA OI SST v.1, obejmujący okres od listopada 1981 do marca 2003, stanowi materiał całkowicie jednorodny pod względem klimatycznym (Reynolds i Smith 1994). Okres poddany analizie w niniejszej pracy obejmuje pełne lata, to jest 1982–2002.

W pierwszym etapie badań analizie poddano miesięczne wartości temperatury wody powierzchniowej uśrednione dla wybranych 6 pól (gridów) o rozdzielczości  $2 \times 2^{\circ}$ , leżących wzdłuż nurtu Prądu Zachodniogrenlandzkiego (ryc. 1). Ze względu na kilkumiesięczne zaleganie zwartej pokrywy lodów morskich w północnej części Morza Baffina, do dalszych badań wybrano dwa gridy położone w południowej i środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego. Analizie poddano miesięczne i roczne wartości TPO w gridach o współrzędnych środka:  $62^{\circ}\text{N}$  i  $52^{\circ}\text{W}$  oraz  $66^{\circ}\text{N}$  i  $56^{\circ}\text{W}$  (na rycinie 1 zaznaczone numerami 2 i 3). W celu uproszczenia zapisu, używane dalej w tekście współrzędne badanych gridów opisywane są jako: [62, 52] oraz [66, 56].



Ryc. 1. Rejon występowania Prądu Zachodniogrenlandzkiego, położenie stacji oraz wybranych gridów: 1 – [59°N, 44°W], 2 – [62°N, 52°W], 3 – [66°N, 56°W], 4 – [70°N, 58°W], 5 – [74°N, 60°W], 6 – [76°N, 72°W]

Fig. 2. The region of activity of the West Greenland Current, location of the stations and the selected grids 1 – [59°N, 44°W], 2 – [62°N, 52°W], 3 – [66°N, 56°W], 4 – [70°N, 58°W], 5 – [74°N, 60°W], 6 – [76°N, 72°W]

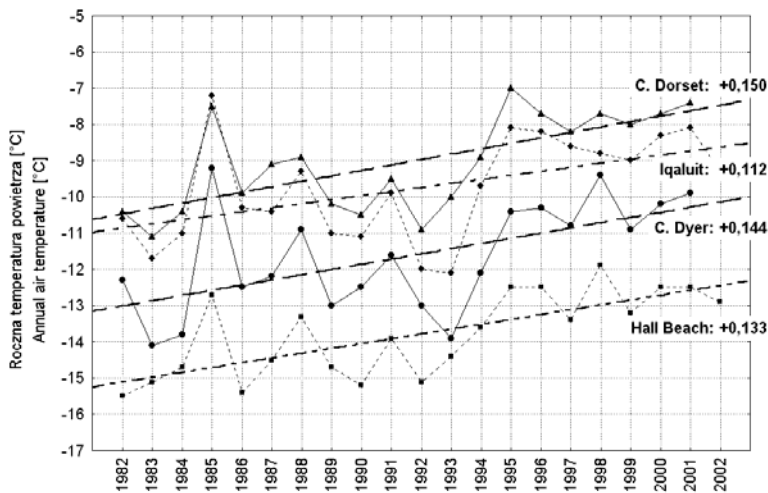
Miesięczne i roczne wartości temperatury powietrza dla 13 wybranych stacji położonych we wschodniej części Arktyki Kanadyjskiej i na Labradorze pochodzą z serwisu HCCD – Historical Adjusted Climate Database for Kanada (Vincent i Gullett 1999). Są to stacje (ryc. 1): Alert [82.5°N, 62.3°W], Eureka [80.0°N, 85.9°W], Resolute [74.7°N, 95.0°W], Pond Inlet [72.7°N, 78.0°W], Hall Beach [68.8°N, 81.3°W], Clyde [70.5°N, 68.5°W], Cape Dorset [64.2°N, 76.5°W], Cape Dyer [66.7°N, 61.4°W], Iqaluit [63.8°N, 68.6°W], Kuujuaq [58.1°N, 68.4°W], Schefferville [54.8°N, 66.8°W], Goose [53.3°N, 60.4°W], Cartwright [53.7°N, 57.0°W]. Zarówno materiały dotyczące temperatury powietrza jak i temperatury wody powierzchniowej uzyskano drogą elektroniczną.

### 3. Wyniki

#### 3.1. Trendy temperatury powietrza

Chronologiczne ciągi średnich rocznych wartości temperatury powietrza na stacjach położonych na wschodnich wybrzeżach Kanady poddano analizie trendów. Wykazała ona, że na wszystkich badanych stacjach w okresie 1982–2002 występują dodatnie trendy temperatury powietrza i na wszystkich stacjach trendy te są istotne statystycznie. Najwyższe wartości trendów zaznaczają się na stacjach położonych w środkowej i południowej części Ziemi Baffina (ryc. 2). Na stacji Cape Dorset wartość trendu osiąga +0.15 deg/rok, a na Cape Dyer +0.14 deg/rok, co daje wzrost rocznej temperatury powietrza w okresie 21 badanych lat odpowiednio o 3.15°C i 2.94°C. Przebiegi rocznej temperatury powietrza na stacjach położonych na Ziemi Baffina wykazują niemal synchroniczne zachodzące zmiany. Wyniki tej analizy są odwrotne do tych jakie uzyskał Przybylak dla Arktyki Norweskiej (1999) i pozostałej części Arktyki (1996), a zwłaszcza okolic rejonu Morza Baffina. Według badań tego autora (1996, tab. 16), zarówno w latach 1961–1990 jak i 1971–1990 na większości stacji położonych we wschodniej części Arktyki Kanadyjskiej zaznaczają się

nieistotne statystycznie, ujemne trendy rocznej temperatury powietrza. Jedynie w NE części tego rejonu, na stacjach Alert, Eureka i Resolute, w latach 1971–1990 wystąpiły bardzo słabe, nieistotne statystycznie, trendy dodatnie.



Ryc. 2. Przebieg średnich rocznych wartości temperatury powietrza [TP] na wybranych stacjach w okresie 1982–2002 oraz ich linie i wartości trendów [deg/rok]

Fig. 2. The distribution of mean yearly air temperature [AT] in selected stations in the period 1982–2002 and their trends lines and values [deg/year]

Analiza trendów wykonana osobno dla dziesięcioleci 1982–1991 i 1992–2001 wykazała, że podobnie jak w latach 1971–1990 (Przybylak 1996), w dekadzie 1982–1991 na stacjach położonych na Ziemi Baffina i dalej na N wystąpiły słabe, nieistotne statystycznie, trendy dodatnie, a na stacjach leżących na Labradorze – słabe i nieistotne trendy ujemne. W drugiej dekadzie (1992–2001) badanego okresu na wszystkich stacjach wystąpiły dodatnie trendy rocznej temperatury powietrza i niemal na wszystkich stacjach są one bardzo silne i istotne statystycznie. Jedynie na stacjach położonych w północnej części Ziemi Baffina i dalej na N (Clyde, Pond Inlet, Resolute, Eureka i Alert) dodatnie trendy są słabe i nieistotne statystycznie. Tak wysokie, dodatnie trendy rocznej temperatury powietrza w dekadzie 1992–2001 są wynikiem wyraźnego po 1992 roku wzrostu wiosennej temperatury powietrza na badanych stacjach. Zdaniem niektórych badaczy związany jest on ze zmianami pokrywy lodowej na tym obszarze. Przejawiają się one szybszym zanikiem na wiosnę pokrywy lodowej w NE części Morza Baffina (Parkinson i in. 1999, Peterson i in. 2000) i bardzo częstym w dekadzie lat 90-tych rozwojem pomiędzy Wyspą Ellesmere'a i Grenlandią obszaru wolnego od lodu nazywanego North Water Polynya (Barber i in. 2001). Fakt znacznego ocieplenia klimatu w ostatnim dziesięcioleciu ubiegłego wieku (choć nie tak silnego jak w latach 30-tych) potwierdza wielu badaczy. Polyakow i in. (2003) uważają lata 90-te XX wieku za najcieplejszą dekadę na półkuli północnej. Hansen, Ruedy i Sato (2002) stwierdzają że niezwykle chłodne warunki klimatyczne w rejonie Morza Baffina i S-SE Grenlandii ostatnich dekad XX wieku ustąpiły ciepłym anomaliami w ostatnich pięciu latach ubiegłego wieku, a rok 1995 był najcieplejszy w zeszłym stuleciu. Podobny pogląd wyrażają Miranda i Tomé (2005). Ich zdaniem rejon Morza Baffina i NE Kanady zaczął ocieplać się z opóźnieniem w stosunku do pozostałej

części Arktyki dopiero w późnych latach 90-tych (1.6 deg/dekada). Przyczyną tego opóźnienia są zmiany pozycji i intensywności Niżu Islandzkiego (bardzo wysokie anomalie NAO) prowadzące do zwiększenia częstości wiatrów z sektora N na przełomie i w pierwszych latach 90-tych XX wieku.

### 3.2. Związki TPO z temperaturą powietrza na wybranych stacjach

#### Związki synchroniczne

Przeprowadzona analiza korelacyjna wykazała, że pomiędzy badanymi szeregami TPO w wybranych gridach ([62, 52] i [66, 56]) leżących na Prądzie Zachodniogrenlandzkim i szeregami temperatury powietrza na stacjach położonych na wschodnich wybrzeżach Kanady dominują związki synchroniczne polegające na jednoczesnych zmianach TPO i temperatury powietrza o tym samym znaku. Związki te są bardzo wyraźne i istotne statystycznie, zwłaszcza pomiędzy TPO i temperaturą powietrza na stacjach położonych w środkowej części Ziemi Baffina oraz północnej części Labradoru. Maksimum siły związku uwidacznia się w okresie zimowym, szczególnie w grudniu i styczniu. Przykładem może być związek pomiędzy TPO w gridzie [66, 56], leżącym w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego i temperaturą powietrza na stacji Cape Dyer, gdzie pojawiają się wysokie wartości współczynników korelacji, a maksimum siły związku przypada na grudzień ( $r = +0.93$ ; tab. 1). Grudniowa wartość współczynnika korelacji jest najwyższą dodatnią i istotną statystycznie wartością ze wszystkich odnotowanych. Podobnie, wysokie wartości współczynników korelacji zaznaczają się pomiędzy TPO w gridzie [62, 52], leżącym w południowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego i temperaturą powietrza na stacji Cape Dyer.

Tabela 1 – Table 1

Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi miesięcznymi i rocznymi wartościami TPO w gridzie [66°N, 56°W] a temperaturą powietrza w Cape Dyer w okresie 1982–2002. Korelacje istotne statystycznie pogrubiono

Coefficients of correlation between the mean monthly and annual values of SST in grid [66°N, 56°W] and the air temperature in Cape Dyer in the period 1982–2002. Correlation coefficients statistically significant ( $p < 0.05$ ) are printed in bold

	Miesiące – Months												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
I	0.39	<b>0.45</b>	0.21	0.10	0.30	-0.18	-0.08	0.01	-0.08	-0.22	-0.03	0.20	0.27
II		<b>0.56</b>	-0.06	-0.01	0.31	-0.16	-0.12	0.01	0.06	<b>-0.48</b>	-0.24	0.04	0.13
III			0.22	0.13	0.29	-0.42	0.09	0.01	0.16	-0.34	-0.31	0.06	0.17
IV				<b>0.70</b>	0.15	-0.25	0.01	0.02	0.07	0.23	0.38	<b>0.71</b>	<b>0.61</b>
V					<b>0.52</b>	-0.08	-0.10	-0.08	0.00	0.31	0.43	<b>0.61</b>	<b>0.64</b>
VI						0.44	0.24	0.28	0.20	0.28	0.38	<b>0.61</b>	<b>0.76</b>
VII							<b>0.47</b>	<b>0.45</b>	0.11	0.35	0.27	0.39	<b>0.69</b>
VIII								<b>0.54</b>	<b>0.53</b>	0.20	0.05	0.43	<b>0.65</b>
IX									<b>0.63</b>	0.24	0.08	0.41	<b>0.61</b>
X										0.18	-0.08	<b>0.49</b>	<b>0.62</b>
XI											0.33	<b>0.74</b>	<b>0.65</b>
XII												<b>0.93</b>	<b>0.82</b>
Rok Year	<b>0.58</b>	<b>0.65</b>	<b>0.60</b>	0.38	<b>0.59</b>	0.17	0.22	<b>0.45</b>	0.38	0.28	0.27	<b>0.69</b>	<b>0.83</b>

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi miesięcznymi i rocznymi wartościami TPO w gridzie [66°N, 56°W] a temperaturą powietrza w Kuujuaq w okresie 1982–2002. Korelacje istotne statystycznie pogrubiono

Coefficients of correlation between the mean monthly and annual values of SST in grid [66°N, 56°W] and the air temperature in Kuujuaq in the period 1982–2002. Correlation coefficients statistically significant ( $p < 0.05$ ) are printed in bold

	Miesiące – Months												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
I	0.22	0.02	-0.03	0.03	0.21	-0.15	-0.05	<b>0.52</b>	0.15	-0.07	-0.24	<b>0.46</b>	0.18
II		0.03	-0.25	0.09	-0.02	-0.30	-0.08	<b>0.46</b>	0.14	-0.24	-0.35	0.29	-0.03
III			0.19	0.22	0.36	-0.27	-0.07	0.42	0.01	-0.28	-0.31	0.35	0.22
IV				0.25	<b>0.45</b>	0.22	0.38	0.38	<b>0.51</b>	0.41	0.40	<b>0.88</b>	<b>0.79</b>
V					<b>0.44</b>	0.05	0.32	<b>0.44</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	0.41	<b>0.71</b>	<b>0.60</b>
VI						0.06	<b>0.52</b>	<b>0.61</b>	<b>0.52</b>	0.19	0.32	<b>0.49</b>	<b>0.47</b>
VII							<b>0.55</b>	<b>0.64</b>	0.25	0.22	0.27	0.32	0.42
VIII								<b>0.59</b>	0.40	0.08	0.15	0.40	<b>0.45</b>
IX									<b>0.46</b>	0.10	0.14	0.35	0.34
X										0.13	0.08	<b>0.56</b>	<b>0.45</b>
XI											<b>0.45</b>	<b>0.76</b>	<b>0.65</b>
XII												<b>0.84</b>	<b>0.70</b>
Rok Year	0.14	0.28	0.38	0.03	0.28	-0.02	<b>0.47</b>	<b>0.69</b>	<b>0.57</b>	0.26	0.28	<b>0.69</b>	<b>0.60</b>

Na stacjach położonych dalej na południe i północ od środkowej części Ziemi Baffina maksimum siły związku również pojawia się w okresie zimowym ale siła związków nieco słabnie (tab. 2). Na najdalej na północ i południe usytuowanych stacjach korelacje synchroniczne pomiędzy TPO i temperaturą powietrza występują jedynie w listopadzie lub grudniu.

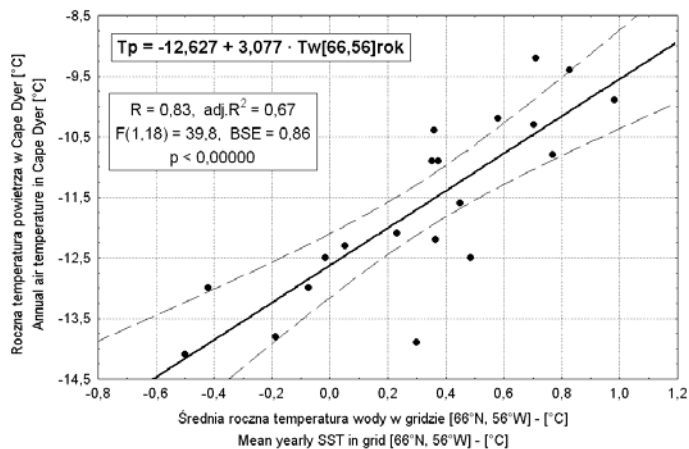
Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że zmienność rocznej temperatury wody powierzchniowej w gridzie [66, 56] istotnie wpływa na kształtowanie rocznej temperatury powietrza na badanych stacjach. Najsilniejsze związki uwiadcniają się na stacjach leżących w środkowej części wschodnich wybrzeży Kanady (szczególnie na Ziemi Baffina). Na stacjach Cape Dyer (ryc. 3) i Iqaluit zmienność rocznej TPO objaśnia zmienność rocznej temperatury powietrza w 67 i 57% odpowiednio. Omawiane zależności stopniowo słabną w kierunku północnym i południowym, ale nie tracą istotności statystycznej.

Podobnie, wpływ rocznej TPO w gridzie [62, 52] na roczną temperaturę powietrza jest największy na stacjach leżących w środkowej części wschodnich wybrzeży Kanady. Na stacjach Cape Dyer i Clyde zmienność rocznej TPO w południowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego objaśnia zmienność rocznej temperatury powietrza w 58 i 47% odpowiednio. Związki te są nieco słabsze w części północnej, natomiast w południowej części badanego obszaru takie zależności nie zachodzą.

### Związki asynchroniczne

Badania zależności pomiędzy temperaturą powierzchni oceanu w wybranych gridach i temperaturą powietrza na stacjach wschodniego wybrzeża Kanady ujawniły również istnienie związków asynchronicznych. Analiza pokazała, że duży wpływ na kształtowanie rocznej temperatury powietrza na stacjach

położonych w północnej części Ziemi Baffina (67–75°N) ma temperatura wody powierzchniowej z czerwca występująca w gridzie [66, 56] leżącym w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego. Przykładowo zmienność czerwcowej TPO w gridzie [66, 56] objaśnia 63% obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza w Clyde (ryc. 4). Natomiast roczna temperatura powietrza na stacjach leżących w południowej części wschodniego wybrzeża Kanady i na Labradorze znajduje się pod dużym wpływem TPO notowanym w tym gridzie w kwietniu i grudniu. Przykładowo zmienność kwietniowej TPO w gridzie [66, 56] objaśnia 60% obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza w leżącym na południowym brzegu Zatoki Ungava Kuujjuaq, a zmienność grudniowej TPO w tym samym gridzie objaśnia 74% obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza w Cape Dorset.



Ryc. 3. Związek średniej rocznej TPO w gridzie [66°N, 56°W] ze średnią roczną temperaturą powietrza w Cape Dyer w okresie 1982-2002

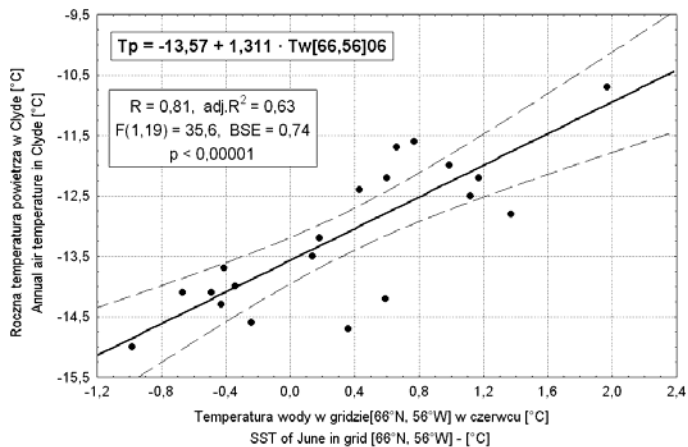
Fig. 3. The correlation of the mean yearly SST in grid [66°N, 56°W] with the mean annual air temperature [AT] in Cape Dyer in the period 1982-2002

Podobny wpływ na kształtowanie rocznej temperatury powietrza w środkowej i południowej części Ziemi Baffina wywierają zmiany kwietniowej i majowej TPO zachodzące w południowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego. Przykładowo zmienność kwietniowej TPO w gridzie [62, 52] objaśnia 66% obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza w Cape Dyer a zmienność majowej TPO – 59% obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza w Cape Dorset.

Taki obraz zależności pomiędzy zmiennością kwietniowej temperaturą wody powierzchniowej w gridzie [66, 56] oraz kwietniowej i majowej TPO w gridzie [62, 52] a zmiennością rocznej temperatury powietrza w środkowej i południowej części Ziemi Baffina związany jest z wcześniejszym zanikiem pokrywy lodów morskich wiosną i rozpoczęciem procesu ogrzewania wody. Natomiast silny wpływ grudniowej TPO w gridzie [66, 56] na kształtowanie rocznej temperatury powietrza w południowej części Ziemi Baffina związany jest z gromadzeniem ciepła w powierzchniowych warstwach wody w miesiącach letnich i jego przenosem do atmosfery w grudniu.

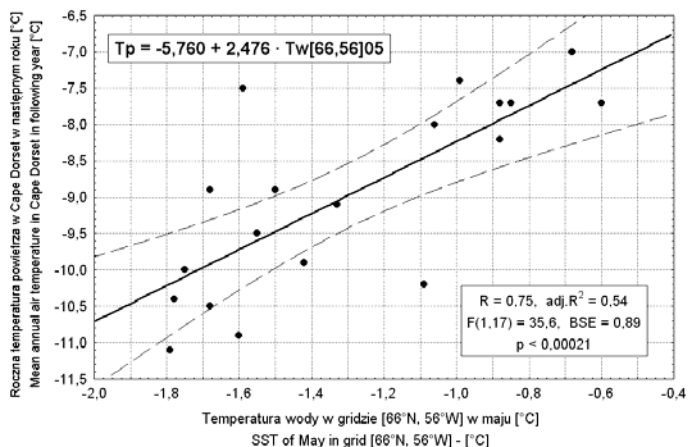
Badania wykazały, że zmiany TPO w niektórych miesiącach w południowej i środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego znacznie wyprzedzają w czasie zmiany temperatury powietrza na badanych

stacjach. Zależności te są wyraźnie widoczne pomiędzy majową TPO w gridzie [66, 56] a roczną temperaturą powietrza w roku następnym na stacjach położonych w środkowej części wschodniego wybrzeża Kanady. Przykładowo zmienność temperatury wody powierzchniowej w maju objaśnia odpowiednio 54% w Cape Dorset i 45% w Cartwright obserwowanej zmienności średniej rocznej temperatury powietrza następnego roku (ryc. 5).



Ryc. 4. Związek czerwcowej TPO w gridzie [66°N, 56°W] ze średnią roczną temperaturą powietrza w Clydie w okresie 1982-2002

Fig. 4. The correlation of the SST of June in grid [66°N, 56°W] with the mean annual air temperature [AT] in Clyde in the period 1982-2002



Ryc. 5. Związek majowej TPO w gridzie [66°N, 56°W] ze średnią roczną TP następnego roku w Cape Dorset w okresie 1982-2002

Fig. 5. The correlation of the SST of May in grid [66°N, 56°W] with the mean annual air temperature [AT] in the following year in Cape Dorset in the period 1982-2002



Podobne, choć słabsze, związki zachodzą pomiędzy styczniową temperaturą wody powierzchniowej w gridzie [62, 52] a temperaturą powietrza następnego roku w południowo-wschodniej części Labradoru. Przykładowo zmienność TPO w styczniu objaśnia 33% obserwowanej w Goose Bay zmienności średniej rocznej temperatury następnego roku.

Takiego rodzaju synchroniczne i asynchroniczne związki między temperaturą powierzchni morza na Prądzie Zachodniogrenlandzkim a temperaturą powietrza na stacjach wschodniego wybrzeża Ziemi Baffina i Labradoru mogą najprawdopodobniej stanowić podstawę do prognozowania zasięgu lodu i liczby gór lodowych na akwenach rozpościerających się na NE i E od Nowej Fundlandii w okresie od kwietnia do czerwca – lipca. Peterson i in. (2000) stwierdzili bowiem występowanie silnych korelacji ujemnych między zasięgiem lodów morskich na tych akwenach i liczbą występujących na nich gór lodowych a temperaturą powietrza w okresie od grudnia do lutego na stacjach leżących na wybrzeżu Labradoru i południowej części Ziemi Baffina ( $r$  od  $-0.58$  w Iqaluit do  $-0.79$  w Cartwright). Wyjaśnienie tej kwestii wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

#### 4. Wnioski

1. W badanym okresie 1982–2002 nastąpił wyraźny wzrost rocznej temperatury powietrza na stacjach wschodniego wybrzeża Kanady. W ciągu 21 badanych lat jest to wzrost o  $3.15^{\circ}\text{C}$  w Cape Dorset i  $2.94^{\circ}\text{C}$  w Cape Dyer.

2. Wraz ze wzrostem rocznej TPO w gridach położonych w południowej i środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego synchronicznie następuje wzrost rocznej temperatury powietrza na badanych stacjach.

3. Na ciepłym Prądzie Zachodniogrenlandzkim zmiany temperatury wody wyprzedzają w czasie zmiany temperatury powietrza na stacjach wschodnich wybrzeży Kanady.

4. W pasie wzdłuż wschodniego wybrzeża Kanady największy wpływ na kształtowanie się rocznej temperatury powietrza ma majowa i czerwcową TPO, która jest synchroniczna z zanikiem pokrywy lodowej i rozpoczęciem procesu ogrzewania wody.

5. Wzrost majowej temperatury wody w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego sygnalizuje, że nastąpi wzrost rocznej temperatury powietrza w następnym roku.

6. Najsilniejsze synchroniczne i asynchroniczne związki między zmiennością temperatury powierzchni morza w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego a temperaturą powietrza zachodzą na stacjach położonych na obszarze Ziemi Baffina.

#### Literatura

- Barber D.G., Hanesiak J.M., Chan W., Piwowar J., 2001, Sea-Ice and Meteorological Conditions in Northern Baffin Bay and the North Water Polynya between 1979 and 1996. *Atmosphere-Ocean* 39 (3): 343–359.
- Furevik T., 2000, On anomalous sea surface temperature in the Nordic Seas. *Journal of Climate*, Vol. 13, No 5: 1044–1053.
- Hurrell J.W., Kushnir Y., Otttersen G., Visbeck M., 2003, An overview of the North Atlantic Oscillation. [w:] ed. Hurrell J.W., Kushnir Y., Otttersen G., Visbeck M.; *The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact*. Geophysical Monograph 134. AGU, Washington DC: 1–35.
- Hansen J., Ruedy R., Sato M., Lo K., 2002, Global warming continues. *Science*, 295: 275.
- Marsz A., 1999, Temperatura powierzchni wody na Północnym Atlantyku a temperatura powietrza na Spitsbergenie i Jan Mayen. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 9: 37–80.

- Miranda P.M.A., Tomé A.R., 2005, Large scale spatial structure of observed temperature trends. Proc. 16th Conference on Climate Variability and Change, American Meteorological Society (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/84378>)
- Parkinson C.L., Cavalieri D.J., Gloersen P., Zwally H.J., Comiso J.C., 1999, Arctic sea ice extents, areas and trends, 1978–1996. *Journal of Geophysical Research*, 104: 20837–20856.
- Peterson I.K., Prinsenberg S.J., Langille P., 2000, Sea Ice Fluctuations in the Western Labrador Sea (1963–1998). *Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences* 208: 51 s.
- Polyakov I.V., Bekryaev R.V., Alekseev G.V., Bhatt U.S., Colony R.L., Johnson M.A., Maskhtas A.P., Walsh D., 2003, Variability and Trends of Air Temperature and Pressure in the Maritime Arctic, 1875–2000. *Journal of Climate*, 16: 2067–2077.
- Przybylak R., 1996, Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Rozprawy: 280 s.
- Przybylak R., 1999, Zmienność parametrów termicznych w Arktyce Norweskiej w okresie 1951–1990. *Problemy Klimatologii Polarnej* 9, Gdynia: 23–35.
- Rigor I.G., Colony R.L., Martin S., 2000, Variations in surface air temperature observations in the Arctic, 1979–97. *Journal of Climate*, 13: 896–914.
- Reynolds R. W., Smith T. M., 1994, Improved global sea surface temperature analyses. *Journal of Climate*, 7: 929–948.
- Vincent L.A., Gullett D.W., 1999, Canadian historical and homogeneous temperature datasets for climate change analyses. *International Journal of Climatology*, 19: 1375–1388.
- Zblewski S., 2004a, Zmiany temperatury wody na Prądzie Zachodniogrenlandzkim w okresie 1982–2002. *Problemy Klimatologii Polarnej* 14, Gdynia: 29–37.
- Zblewski S., 2004b, Zmiany temperatury wody prądów Wschodnio- i Zachodniogrenlandzkiego w okresie ocieplenia końca XX wieku (1982–2002). *Polish Polar Studies, XXX International Polar Symposium*, Gdynia: 425–438.
- Zhang J., Rothrock A. D., Steele M., 1998, Warming of the Arctic Ocean by strengthened Atlantic inflow: Model results. *Geophysical Research Letters*, Vol. 25, No 10: 1745–1748.

## Summary

This work deals the influence of changes the sea surface temperature (SST) in south and the centre part of the West Greenland Current in relays of the air temperature (AT) on stations located on eastern sea-coasts of Canada (Fig.1). The West Greenland Current is a warm current, which transports warm waters to the bay/ gulf of the Baffin Sea and in this way has a great influence on the formation of ice cover and on air temperature in this area.

The Reynolds's data set, version SST OI v.1., covering values of mean monthly SST in grids  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  has been used as the data source. Yearly temperatures for selected grids have been calculated on the basis of mean monthly temperatures. Series of the air temperature for selected Canadian stations proceed from the service HCCD (Historical Adjusted Climate Database for Canada).

The period 1982–2002 is characterized with the distinct warming up of the climate on the northern hemisphere. Appears this i.a. an increase in air temperature and an advanced process of sea ice cover degradation. A reason of this warming up is the accumulation of the warm in surface layers of the ocean and his distribution by the oceanic circulation.

Trends in chronological series of mean yearly values of AT on stations located along of eastern sea-coasts of Canada have been analysed. Such an analysis indicated that on all staion the trends in air temperature prove to be positive and that these trends are statistically relevant ( $p < 0.05$ ) on all stations. The highest values of trends can be observed on stations in the central and southern part of Baffin Island. Courses of the one year's temperature of air on selected stations show almost in step reaching changes (Fig. 2).

Passed correlational analysis showed that among investigated series SST in selected grids ([62°N, 52°W] and [66°N, 56°W]) located on the West Greenland Current and series AT on stations situated on eastern sea-coasts of Canada dominated synchronous relationships. With the example can be the relationship among SST in grid [66°N, 56°W] and AT on the station Cape Dyer, where appear high values of coefficients of correlation and the maximum of the power of the relationship fall on December +0.93 (Tab. 1).

Research showed that the variability of the yearly sea surface temperature in grid [66°N, 56°W] indeed influence on the formation of yearly AT on selected stations. On the stations Cape Dyer and Iqaluit the variability of yearly SST explains the variability of yearly AT properly into 67 and 57% (Fig. 3).

On the warm West Greenland Current the changes of the water temperature outdistance during changes of the air temperature on stations of eastern sea-coasts of Canada. Such asynchronous relationships are best visible among a June and May sea surface temperature in grid [66°N, 56°W] and yearly AT on stations located in the Northern part of Baffin Island – Fig.4 and among May SST in grid [66°N, 56°W] and yearly AT in the next year (Fig.5).

Most strong synchronous and asynchronous relationships between the variability of the sea surface temperature in the central part of the West Greenland Current and the air temperature occur on stations located on the Baffin Island area.