

ZMIANY TEMPERATURY WODY NA PRĄDZIE ZACHODNIOGRENLANDZKIM W OKRESIE 1982–2002

Sławomir Zblewski

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

1. Wstęp

W latach 975–990 miał miejsce szczyt średniowiecznego okresu ocieplenia w rejonie Grenlandii. Przyczyniło się to do kolonizacji południowych rejonów wybrzeży tej wyspy przez Wikingów. Ocieplenie klimatu nie było w tym okresie skutkiem efektu cieplarnianego, a spowodowane było wzrostem temperatury wody (nagromadzenie ciepła w powierzchniowych warstwach oceanu) i dystrybucją ciepła poprzez odpowiednie warunki cyrkulacyjne (Idso i in. 2004). Obecnie również zaznacza się ocieplenie, które w skali półkuli północnej jest bezprecedensowe w całym okresie wykonywania obserwacji instrumentalnych. Ocieplenie to nabrało wyjątkowo dużego przyspieszenia w okresie ostatnich 20–22 lat (1982–2002).

Ciepły Prąd Zachodniogrenlandzki (WGC – West Greenland Current) jest ważnym składnikiem subpolarnego północnoatlantyckiego ruchu wirowego. Zaczyna się na akwenie w okolicach Cape Farewell (koniec rejonu mieszania się cieplejszych wód Prądu Irmingera i chłodnych Prądu Wschodniogrenlandzkiego) i płynie na północ wzdłuż zachodniego wybrzeża Grenlandii wnosząc ciepłe wody do basenu Morza (Zatoki) Baffina (ryc.1). Tym samym silnie wpływa na kształtowanie się pokrywy lodów morskich na tym akwenie i temperatury powietrza w regionie. W ciągu ostatnich 20 lat ubiegłego wieku (jak i obecnie) w Arktyce obserwuje się przyspieszony proces degradacji pokrywy lodów morskich i wzrost temperatury powietrza. Na Grenlandii, zwłaszcza w ostatnich latach, obserwuje się nasilające się procesy topnienia łądolu; ablacja letnia sięga do poziomu 1600–2000 m¹.

Celem pracy podjętej przez autora było zbadanie jak w czasie ostatniego 20. wieku, w którym zaznaczyły się tak intensywne procesy ocieplenia, w tym również Grenlandii, zachowuje się temperatura wody na Prądzie Zachodniogrenlandzkim.

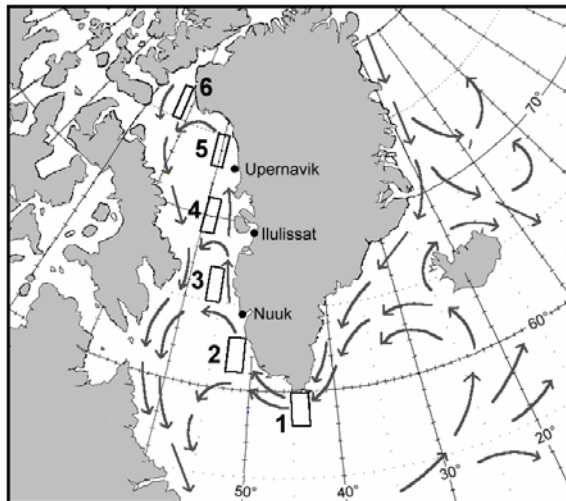
Midttun (1990) i Furevik (2000) wykazali, że wartości temperatury powierzchni oceanu (dalej TPO) w większej mierze odzwierciedlają zmienność zasobów ciepła w większej objętości wód w miesiącach

¹ NASA Earth Observatory (<http://earthobservatory.nasa.gov/>) przedstawiła zdjęcia satelitarne i omówienie, wskazujące, że latem 2003 roku na znacznym obszarze Grenlandii ablacja objęła strefę wysokości od 1600 do 2000 m n.p.m., czego do tej pory nigdy nie obserwowano.

zimowych niż w letnich. W okresie letnim TPO jest bardzo czuła na zmiany radiacyjne i cyrkulacyjne (są to czynniki kształtujące TPO w tym okresie) i w związku z tym wskaźnikiem stanu termicznego powierzchniowej warstwy oceanu może być jedynie TPO miesięcy zimowych.

2. Materiały i metody badawcze

Analizie poddano miesięczne i roczne wartości TPO uśrednione dla wybranych pól (gridów) o rozdzielczości $2 \times 2^\circ$, leżących wzdłuż nurtu Prądu Zachodniogrenlandzkiego (ryc. 1). Wykorzystany ciąg danych to zbiór NOAA OI SST v.1., udostępniony przez NOAA CIRES, Climate Diagnostic Center, Boulder, Co (Reynolds i Smith 1994). Oryginalny zbiór zawiera miesięczne wartości TPO dla gridów o rozdzielczości $1 \times 1^\circ$ i obejmuje dane z lat 1982–2002.



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

Fig.1. The region of activity of the West Greenland Current, location of the station and the selected grids: 1 – $[59^\circ\text{N}, 44^\circ\text{W}]$, 2 – $[62^\circ\text{N}, 52^\circ\text{W}]$, 3 – $[66^\circ\text{N}, 56^\circ\text{W}]$, 4 – $[70^\circ\text{N}, 58^\circ\text{W}]$, 5 – $[74^\circ\text{N}, 60^\circ\text{W}]$, 6 – $[76^\circ\text{N}, 72^\circ\text{W}]$

Dla celów tej pracy wartości SST uśredniano z 4 sąsiadujących gridów, co pozwala na eliminację wpływu szumów generowanych przez drobnoskalowe procesy hydrologiczne (np. przesunięcie głównego nurtu czy też termiczne efekty tworzenia się zamkniętych wirów prądowych).

Dla ustalenia wartości trendów wykorzystano metodę regresji liniowej, w której zmiennymi niezależnymi były numery lat.

3. Wyniki

3.1. Trendy temperatury powierzchni oceanu

Ciągi chronologiczne średnich miesięcznych wartości TPO w 6 gridach położonych wzdłuż Prądu Zachodniogrenlandzkiego (ryc. 1) poddano analizie za pomocą regresji wielokrotnej. Analiza pokazała, że we wszystkich miesiącach (za wyjątkiem lutego, maja i czerwca w gridzie $[59, 44]$) występują dodatnie

trendy temperatury wody powierzchniowej. Najwyższe, istotne statystycznie, wartości trendów zanotowano w gridzie [74, 60] w sierpniu (+0.139 deg./rok) i wrześniu (+0.136 deg./rok) co w całym badanym okresie daje wzrost TPO o 4.05°C i 2.86°C (tab.1). Taki rozkład w czasie trendów wskazuje, że w badanym okresie wzrosła rola letniego nagrzewania powierzchni morza.

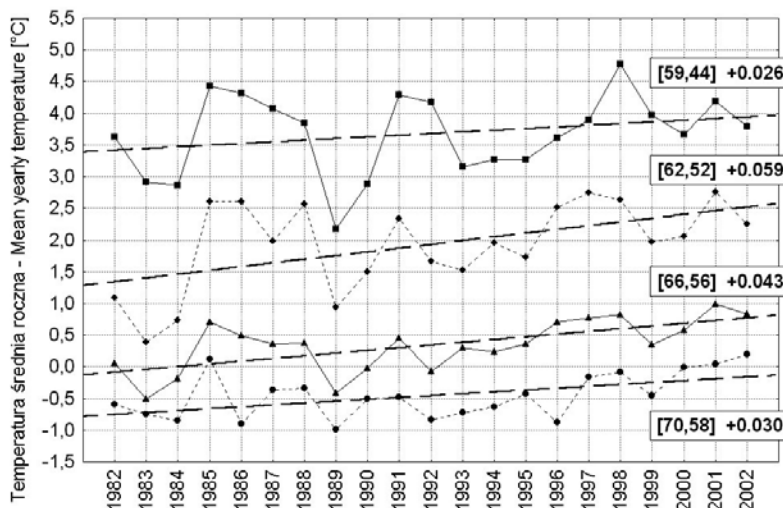
Tabela 1 – Table 1

Trendy średnich miesięcznych i rocznych wartości temperatury powierzchni oceanu [TPO] w okresie 1982-2002
Trends of mean monthly and yearly values of SST over the period 1982-2002

Grid	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
[59, 44]	+0.027	-0.015	+0.001	+0.012	-0.009	-0.021	+0.038	<u>+0.067</u>	+0.042	<u>+0.058</u>	<u>+0.056</u>	+0.056	+0.026
[62, 52]	+0.041	+0.040	<u>+0.092</u>	<u>+0.123</u>	<u>+0.097</u>	+0.009	+0.016	+0.050	+0.050	<u>+0.068</u>	<u>+0.065</u>	+0.055	<u>+0.059</u>
[66, 56]	<u>+0.037</u>	+0.007	+0.002	<u>+0.016</u>	<u>+0.052</u>	<u>+0.062</u>	+0.054	+0.035	+0.027	<u>+0.060</u>	<u>+0.080</u>	<u>+0.082</u>	<u>+0.043</u>
[70, 58]	<u>+0.002</u>	L	L	+0.001	+0.001	+0.018	<u>+0.069</u>	<u>+0.094</u>	+0.049	+0.028	<u>+0.059</u>	<u>+0.036</u>	<u>+0.030</u>
[74, 60]	L	L	L	L	L	<u>+0.009</u>	<u>+0.117</u>	<u>+0.193</u>	<u>+0.136</u>	<u>+0.107</u>	<u>+0.041</u>	+0.004	<u>+0.051</u>
[76, 72]	L	L	L	L	<u>+0.001</u>	<u>+0.026</u>	<u>+0.089</u>	<u>+0.119</u>	<u>+0.117</u>	<u>+0.058</u>	+0.005	L	<u>+0.035</u>

L – lód – ice

Istotne statystycznie są również dodatnie trendy miesięcy wiosennych i jesiennych w gridach [62, 52] i [66, 56]. W gridzie [70, 58] dodatkowo trendy występują zarówno w miesiącach letnich jak i zimowych. Natomiast w gridach położonych najdalej na północ ([74, 60] i [76, 72]) dodatnie i istotne statystycznie trendy (o dość znacznych wartościach) zaznaczają się w prawie wszystkich miesiącach, w których wody są wolne od lodu.



Ryc. 2. Przebieg średnich rocznych wartości temperatury powierzchni oceanu [TPO] w wybranych gridach w okresie 1982–2002 oraz ich linie i wartości trendów

Fig. 2. The distribution of mean yearly SST in selected grids over the period 1982–2002 and their trend lines and values

Analizie trendów poddano również średnie roczne wartości TPO. Analiza wykazała, że we wszystkich badanych gridach leżących na Prądzie Zachodniogrenlandzkim pojawiają się dodatnie trendy temperatury wody powierzchniowej (tab. 1). Niemal we wszystkich gridach trendy te są istotne statystycznie ($p < 0.05$). Wyjątek stanowi jedynie akwen rozpościerający się wokół Cape Farewell (grid [59, 44] – początkowy odcinek Prądu Zachodniogrenlandzkiego), gdzie trend jest bardzo słaby i nieistotny statystycznie.

Najwyższe wartości trendów zaznaczają się w gridach [62, 52] – $+0.059$ deg/rok i [74, 60] – $+0.051$ deg/rok, co daje odpowiednio wzrost TPO w okresie 21 badanych lat o 1.24 i 1.07°C . Gridy te są położone w rejonie początkowym i końcowym Prądu Zachodniogrenlandzkiego. Nieco słabszy trend uwidocznił się w gridzie [66, 56] – $+0.043$ deg/rok. Natomiast znacznie słabsze trendy zaznaczyły się w części środkowej prądu [70, 58] – $+0.030$ deg/rok i w gridzie położonym najdalej na północ (już poza nurtem prądu) [76, 72] – $+0.035$ deg/rok.

Roczne wartości temperatury wody na Prądzie Zachodniogrenlandzkim wykazują wysoki stopień skorelowania między sobą (od $r = 0.5$ do $r = 0.9$ dla odpowiednich par przebiegów rocznych, patrz ryc. 2) – przebiegi są niemal synchroniczne. Wartości trendów maleją wraz z przemieszczaniem się na północ by w końcowej części prądu ponownie osiągnąć wyższe wartości.

3.2. Związki TPO z TP na wybranych stacjach

Analizę korelacyjną przeprowadzono również pomiędzy szeregami TPO w wybranych gridach a temperaturą powietrza (dalej skrót TP) na stacjach położonych wzdłuż zachodniego wybrzeża Grenlandii. W analizie wykorzystano średnie miesięczne wartości temperatury powietrza ze stacji, dla których uzyskano najdłuższe ciągi danych (Nuuk (Goodthaab), Ilulissat (Jacobshavn) i Upernavik – ryc. 1).

Analiza wykazała, że pomiędzy badanymi szeregami dominują związki synchroniczne (TPO i TP w tym samym miesiącu), przy czym maksimum siły związku uwidacznia się w okresie zimowym (szczególnie w styczniu i grudniu). Związki te są bardzo silne i istotne statystycznie. W grudniu pomiędzy TPO w gridzie [62, 52] a temperaturą powietrza w Nuuk, Ilulissat i Upernaviku współczynniki korelacji wynoszą odpowiednio: $r = 0.82$, $r = 0.76$ i $r = 0.61$ (tab. 2).

Tabela 2 – Table 2

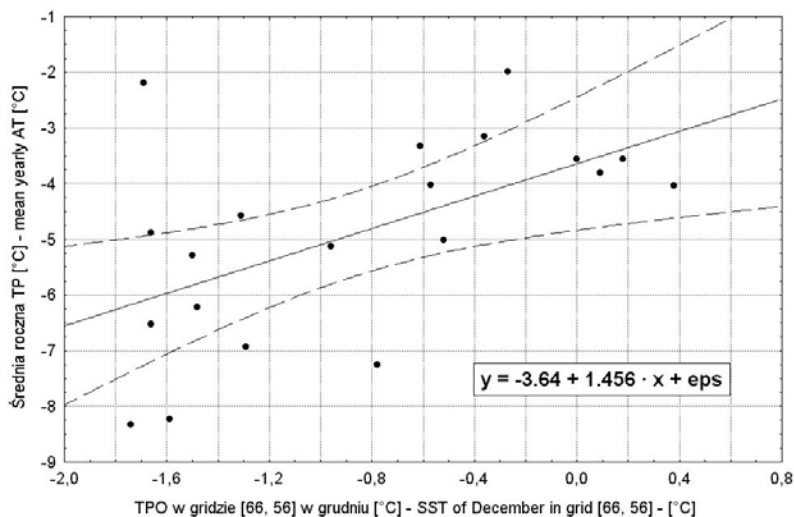
Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powierzchni oceanu w gridzie [62, 52] a średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza w Nuuk w okresie 1982–2002

Coefficients of correlation between mean monthly values of SST in grid [62, 52] and mean monthly air temperature at Nuuk over the period 1982–2002

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
[62,52] I	<u>0.77</u>	0.34	0.15	0.32	0.27	0.25	0.05	0.42	0.28	0.02	-0.01	0.24
[62,52] II	<u>0.83</u>	<u>0.46</u>	0.43	<u>0.45</u>	0.27	0.15	-0.01	<u>0.50</u>	0.35	0.05	-0.19	0.27
[62,52] III	<u>0.59</u>	<u>0.58</u>	<u>0.66</u>	<u>0.63</u>	<u>0.48</u>	0.24	0.00	<u>0.62</u>	<u>0.58</u>	0.25	0.07	<u>0.51</u>
[62,52] IV	<u>0.57</u>	<u>0.50</u>	<u>0.70</u>	<u>0.63</u>	<u>0.55</u>	0.35	0.13	<u>0.54</u>	<u>0.55</u>	0.34	0.23	<u>0.59</u>
[62,52] V	<u>0.60</u>	<u>0.62</u>	<u>0.62</u>	<u>0.56</u>	<u>0.69</u>	0.39	0.21	<u>0.55</u>	<u>0.63</u>	0.25	0.38	<u>0.57</u>
[62,52] VI	<u>0.51</u>	<u>0.57</u>	<u>0.50</u>	0.12	0.35	<u>0.52</u>	<u>0.53</u>	<u>0.64</u>	<u>0.70</u>	0.31	-0.05	0.32
[62,52] VII	0.37	0.27	<u>0.50</u>	-0.15	0.22	0.44	<u>0.51</u>	<u>0.45</u>	<u>0.58</u>	0.36	-0.18	0.06
[62,52] VIII	<u>0.54</u>	<u>0.47</u>	0.37	0.10	0.31	<u>0.52</u>	0.35	<u>0.61</u>	<u>0.67</u>	<u>0.48</u>	-0.03	0.35
[62,52] IX	<u>0.49</u>	<u>0.66</u>	0.37	0.20	<u>0.49</u>	<u>0.55</u>	0.32	<u>0.65</u>	<u>0.76</u>	0.38	0.02	0.40
[62,52] X	0.35	0.44	0.37	0.19	0.26	0.36	0.29	<u>0.59</u>	<u>0.66</u>	<u>0.71</u>	0.03	0.28
[62,52] XI	0.40	0.43	0.35	<u>0.47</u>	<u>0.49</u>	<u>0.48</u>	0.08	<u>0.51</u>	<u>0.50</u>	<u>0.64</u>	<u>0.47</u>	<u>0.54</u>
[62,52] XII	0.38	<u>0.48</u>	<u>0.46</u>	<u>0.48</u>	<u>0.69</u>	<u>0.52</u>	0.09	<u>0.51</u>	<u>0.50</u>	0.08	<u>0.63</u>	<u>0.82</u>

Analiza regresji wielokrotnej wykazała, że duży wpływ na roczną TP na stacjach zachodniego wybrzeża Grenlandii ma TPO z września. Na stacjach Nuuk, Ilulissat i Upernavik zmienność TPO z września w gridzie [59, 44] objaśnia zmienność rocznej TP odpowiednio w 45, 48 i 40.8%, zaś w gridzie [62, 52] odpowiednio 77, 50 i 32% rocznej zmienności temperatury. Natomiast na wrześniową TPO w południowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego wpływa zarówno TPO sierpnia jak i TPO lutego.

Analiza pokazała również, że wpływ wzrostu średniej rocznej TPO na roczną temperaturę powietrza rośnie ku północy (związane jest to z przenosem prądowym). Zmiana TPO o 1°C w gridzie [62, 52] powoduje zmianę rocznej TP w Nuuk o 1.7°C ale zmiana TPO o 1°C w gridzie [70, 58] daje już zmianę rocznej TP w Upernaviku o 3.2°C.



Ryc. 3. Związek grudniowej temperatury powierzchni oceanu [TPO] w gridzie [66°N, 56°W] ze średnią roczną temperaturą powietrza [TP] następnego roku w Ilulissat w okresie 1982–2002

Fig. 3. The correlation of the SST of December in grid [66°N, 56°W] with mean yearly air temperature [AT] in the following year in Ilulissat in the period 1982–2002

W badanym okresie wykryto, że TPO w grudniu w gridach [62, 52] i [66, 56] w istotny sposób kształtuje na analizowanych stacjach średnią roczną TP następnego roku. Związki te są istotne statystycznie i na przykład w gridzie [66, 56] objaśniają odpowiednio 24.5% w Nuuk, 27.5% w Ilulissat i 20.7% w Upernaviku obserwowanej zmienności średniej rocznej TP następnego roku (ryc. 3).

W świetle powyższych wyników nasuwa się pytanie: jakie procesy sterują Prądem Zachodniogrenlandzkim?

3.3. Temperatura wody na Prądzie Zachodniogrenlandzkim a NAO

Jedną z możliwych przyczyn, stanowiących o charakterze cyrkulacji wód jest występująca wcześniej cyrkulacja atmosferyczna. Akweny rozpościerające się wzdłuż zachodnich wybrzeży Grenlandii znajdują się w oddziaływaniu Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO), która stanowi najważniejszą i najwyraźniejszą strukturę cyrkulacyjną w rejonie północno-wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej i Grenlandii, Atlantyku

Północnego i północno-zachodniej Europy (Hurrell i in., 2003). Sugeruje to, że NAO może stanowić czynnik regulujący temperaturę powierzchni wody na Prądzie Grenlandzkim. Ponieważ NAO jest najaktywniejsza w miesiącach zimowych, do badań związków temperatury wody na Prądzie Zachodniogrenlandzkim z procesami wielkoskalowej cyrkulacji atmosferycznej wykorzystano wskaźnik NAO Hurrella (1995), charakteryzujący standaryzowane średnie różnice ciśnienia atmosferycznego między Lizboną a Reykjavikiem w okresie od grudnia do marca.

Przeprowadzona analiza korelacji wykazuje, że pomiędzy TPO na Prądzie Zachodniogrenlandzkim a wskaźnikiem NAO Hurrella w badanym okresie występują silne korelacje (tab. 3) ujemne. W okresie dodatniej fazy NAO, zimne i suche powietrze z nad Grenlandii, Arktyki Kanadyjskiej i Labradoru wypływa nad ocean, pobiera z powierzchni morza ogromne ilości ciepła, przyczyniając się tym samym do obniżenia temperatury powierzchni oceanu. W przypadku wystąpienia ujemnej fazy NAO, liczne cyklony przemieszczające się wzdłuż wybrzeża Ameryki Północnej wkraczają nad obszar Morza Labrador i Cieśniny Davisa i tam stagnują. Akweny, na których występuje Prąd Zachodniogrenlandzki znajdują się wtedy w zasięgu strumieni cieplejszego powietrza morskiego, napływającego z południa. W czasie takich adwekcji proces wychładzania powierzchni oceanu jest bardzo słaby, lub nie następuje. Jednocześnie, wobec wzrostu częstości wiatrów z sektora od S do SE nad tymi akwenami, dochodzi do aktywizacji Prądu Zachodniogrenlandzkiego.

Tabela 3 – Table 3

Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi miesięcznymi i rocznymi wartościami temperatury powierzchni oceanu a wartościami indeksu NAO Hurrella w okresie 1982–2002

Coefficients of correlation between mean monthly and yearly values of sea surface temperature and values of the Hurrell NAO index over the period 1982–2002

Grid	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
[59, 44]	-0.33	-0.40	-0.40	<u>-0.61</u>	<u>-0.57</u>	<u>-0.43</u>	<u>-0.66</u>	-0.39	<u>-0.48</u>	-0.24	-0.13	-0.29	<u>-0.60</u>
[62, 52]	-0.30	<u>-0.47</u>	<u>-0.64</u>	<u>-0.57</u>	<u>-0.56</u>	<u>-0.50</u>	<u>-0.50</u>	<u>-0.44</u>	<u>-0.58</u>	-0.42	-0.38	<u>-0.48</u>	<u>-0.64</u>
[66, 56]	-0.30	-0.27	-0.42	-0.29	-0.28	<u>-0.45</u>	<u>-0.55</u>	<u>-0.74</u>	<u>-0.64</u>	<u>-0.64</u>	<u>-0.57</u>	<u>-0.59</u>	<u>-0.69</u>
[70, 58]	-0.18	L	L	-0.17	-0.13	-0.25	-0.36	-0.27	-0.14	-0.29	-0.32	-0.18	-0.32
[74, 60]	L	L	L	L	L	-0.06	-0.21	-0.27	-0.23	-0.32	-0.27	-0.07	-0.27
[76, 72]	L	L	L	L	-0.09	-0.03	-0.03	-0.16	-0.22	-0.21	-0.11	L	-0.16

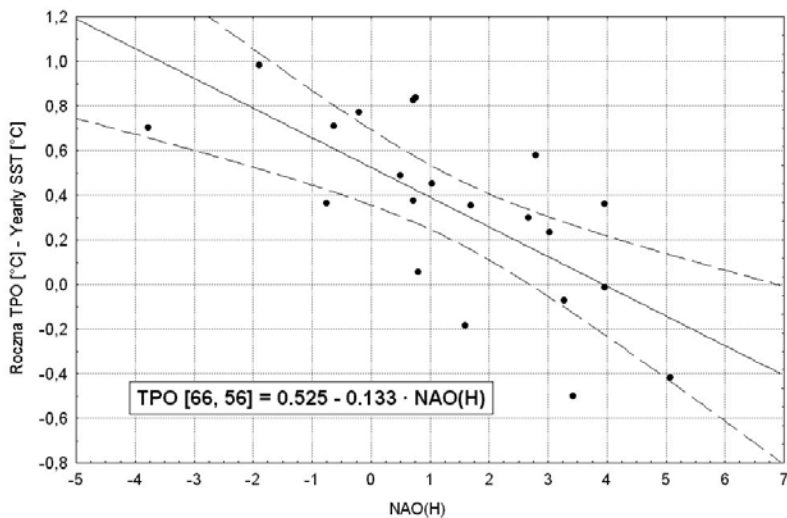
L – lód – ice

Korelacje miesięcznych wartości TPO ze wskaźnikiem NAO wykazują charakterystyczne przesunięcia czasowe. W miesiącach, dla których w danym roku jest liczony wskaźnik NAO (styczeń, luty, marzec), i w których funkcjonuje NAO charakteryzowane przez wskaźnik Hurrella, nie obserwuje się występowania istotnych korelacji między NAO a TPO². Podstawowe "bloki" korelacji obejmują miesiące późniejsze, co oznacza, że temperatura powierzchni wód na danej szerokości geograficznej z opóźnieniem reaguje na zmiany zimowej cyrkulacji atmosferycznej. Dodatkowo zaznacza się tutaj systematyczne przesuwanie się w czasie i przestrzeni okresów, w których korelacje te wykazują maksimum siły związku.

² Wyjątek stanowi grid [62, 52], w którym istotne statystycznie korelacje między wskaźnikiem NAO Hurrella a TPO zaznaczają się również w lutym i marcu (okres występowania istotnych korelacji od lutego do września).

I tak, w położonym najdalej na południe gridzie [59, 44] istotne statystycznie korelacje TPO z zimowym wskaźnikiem NAO zaznaczają się w okresie od kwietnia do września z maksimum w lipcu ($r = -0.66$), w położonym w środkowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego gridzie [66, 56], znajdującym się w Cieśninie Davisa istotne korelacje występują w okresie od czerwca do grudnia z maksimum w sierpniu ($r = -0.74$). Skorelowanie temperatury wody ze wskaźnikiem NAO wygasa na szerokościach 67–69°N. W gridach położonych na północ od tej strefy (67–69°N) istotnych korelacji między TPO a wskaźnikiem NAO już nie stwierdza się. Granica, do której zaznacza się skorelowanie TPO ze wskaźnikiem NAO jest jednocześnie granicą, na której w miesiącach zimowych pojawia się corocznie pokrywa lodów morskich.

Takiego rodzaju rozkład przestrzenny korelacji między TPO a wcześniej występującą cyrkulacją atmosferyczną może być tłumaczony przenosem prądowym – wody, które znajdowały się w okresie zimy (grudzień-marzec) dalej na południu i tam temperatura ich powierzchni podlegała modyfikacji przez cyrkulację atmosferyczną dopływając w wyższe szerokości z pewnym opóźnieniem.



Ryc. 4. Związek rocznej temperatury powierzchni oceanu [TPO] w gridzie [66°N, 56°W] z indeksem NAO Hurrella w okresie 1982–2002

Fig. 4. The correlation of yearly SST in grid [66°N, 56°W] with the Hurrell NAO index in the period 1982–2002

Wskaźnik NAO Hurrella w badanym okresie wykazuje słaby, nieistotny trend ujemny ($-0.052/\text{rok}$), jednak związki rocznej TPO ze wskaźnikiem NAO w badanym okresie są bardzo silne i istotne statystycznie; na przykład w gridzie [66, 56] zmienność wskaźnika NAO Hurrella objaśnia 45% obserwowanej zmienności TPO ($R = -0.69$; $F(1.19) = 17.6$; $p < 0.0005$) – ryc. 4.

4. Wnioski

W badanym okresie 1982–2002 wystąpił wyraźny wzrost TPO na Prądzie Zachodniogrenlandzkim. W ciągu 21 badanych lat jest to wzrost nawet o $+1.24^\circ\text{C}$ w gridzie [62, 52] i 1.07°C w gridzie [74, 60]. Natomiast w poszczególnych miesiącach wartości dochodzą nawet do 4°C (sierpień [74, 60]). Taki wzrost TPO wyraźnie jest powiązany z ujemnym wskaźnikiem NAO Hurrella. Przy ujemnej fazie NAO nad obszar

Morza Baffina napływa ciepłe powietrze z sektora południowego i tym samym ustaje pobór ciepła z wody (powietrze jest cieplejsze od wody i nie ma strat ciepła w tym okresie na przenos do atmosfery). Intensyfikuje się również Prąd Zachodniogrenlandzki transportujący wody z południa, z których w tych warunkach ciepło nie jest pobierane albo jest znacznie słabiej pobierane.

Analiza wykazała, że wraz ze wzrostem rocznej TPO w gridach położonych w południowej części Prądu Zachodniogrenlandzkiego synchronicznie następuje wzrost rocznej TP na badanych stacjach. W pasie wzdłuż zachodniego wybrzeża Grenlandii największy wpływ na kształtowanie się rocznej TP ma wrześnieowa TPO, która kumuluje w sobie przebieg warunków pogodowych, zarówno z okresu zimowego (luty), jak i letniego (sierpień).

Literatura

- Furevik T., 2000, On anomalous sea surface temperatures in the Nordic Seas. *Journal of Climate*, Vol. 13, No 5: 1044-1053.
- Hurrell J.W., 1995, Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperature and precipitation. *Science*, 269; 676-679.
- Hurrell J.W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M., 2003, An overview of the North Atlantic Oscillation. [w:] ed. Hurrell J.W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M.; *The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact*. Geophysical Monograph 134. AGU, Washington DC: 1-35.
- Idso S, Idso K., Idso C., 2004, The Establishment and Demise of the Medieval Nordic Settlements on Greenland: The Role of Natural Climate Change. *CO2 Science Magazine*, Vol. 7, Number 22: 2 June 2004.
- Midttun L., 1990, Surface temperatures of the Barents Sea. *Polar Research*, 8: 11-16.
- Reynolds R. W., Smith T. M., 1994, Improved global sea surface temperature analyses. *Journal of Climate*, 7: 929-948.

CHANGES IN WATER TEMPERATURE OF THE WEST GREENLAND CURRENT OVER THE PERIOD 1982–2002

Summary

This work deals with the changes in sea surface temperature (SST) in selected grids located along the West Greenland Current (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°x1° has been used as the data source. Yearly temperatures for selected grids have been calculated on the basis of mean monthly temperatures.

The Reynolds's data set covers whole years from the period 1982–2002 (21years). This period is especially interesting because during these years (and also at present) an advanced process of sea ice cover degradation and an increase in air temperature has been observed in Arctic. At Greenland, especially during the past few years, an advanced process of ice melting on land was noted – summer ablation reaches the level of 1600–2000m. That is why changes in SST at the same time may also be interesting.

Trends in chronological series of mean yearly values of SST in grids located along the West Greenland Current ([59°N, 44°W], [62°N, 52°W], [66°N, 56°W], [70°N, 58°W], [74°N, 60°W] and [76°N,

72°W]) have been analysed. Such an analysis indicated that in all grids of the West Greenland Current the trends in water temperature prove to be positive and that these trends are statistically relevant ($p < 0.05$) in nearly all grids. An exception to this pattern is the sea area extending around the Cape Farewell (grid [59, 44] – the first part of the West Greenland Current) where the trends are very low and statistically not relevant (Tab. 1).

The highest values of trends can be observed in grids [62, 52] (+0.059deg./year) and [74, 60] (+0.051deg./year) resulting in the increase in SST by 1.24°C and 1.07°C over the period of 21 years. These grids are located in the initial and final parts of the West Greenland Current. Far weaker trends were observed in central part of the current [70, 58] - +0.030deg./year and in grid [76, 72] – +0.035 deg/year. Yearly temperatures of water in the West Greenland Current prove to show strong correlation (see Fig. 2).

The mean monthly values of SST have also been analysed. The highest values of trends (statistically relevant) were noted in grid [74, 60] in August (+0.193deg/year) and in September (+0.136deg/year) thus giving in the analysed period the increase in SST by 4.05°C and 2.86°C. Such distribution of trends in time indicates that the role of the summer warming of the sea surface has increased.

Positive trends in spring and autumn months in grids [62, 52] and [66, 56] are statistically relevant. In grid [70, 58] positive trends are observed both in summer months as well as in winter ones and in the northernmost located grids positive and statistically relevant trends are observed in almost all months during which waters are ice free.

Yearly values of SST in the south part of the West Greenland Current prove to show strong negative correlation with the Hurrell NAO index ($r \sim -0.7$; see Fig. 4) the monthly values of SST show delayed correlation with the Hurrell NAO index; correlations which are statistically relevant were noted in the period from June to December, the maximum ($r = -0.64$ to -0.74) in the period from August to October. Monthly and yearly values of SST which show statistically relevant correlation with the Hurrell NAO index disappear at latitude 67°N-68°N. In the analysed period the NAO index indicates weak negative trend which is not relevant (-0.052/year), however correlation of yearly SST with NAO index over the analysed period are statistically relevant, e.g. in grid 66°N, 056°W, they explain 45% of the observed changeability in SST ($R = 0.69$, $F(1.19) = 17.6$, $p < 0.0005$).