

ZMIANY POWIERZCHNI LODÓW MORSKICH W REJONIE SVALBARDU W LATACH 1901-1930

CHANGES IN THE SEA-ICE COVER AROUND SVALBARD IN 1901-1930

Katarzyna Lange

Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej WN, Akademia Morska
Sędzickiego 19, 82-374 Gdynia
k.lange@am.gdynia.pl

Zarys treści. Niedawno udostępnione mapy Duńskiego Instytutu Meteorologicznego (DMI) rzucają nowe światło na zmiany zasięgu lodów w Arktyce Atlantycznej, które dotychczas były głównie oparte na zbiorach archiwalnych Norweskiego Instytutu Meteorologicznego. Artykuł przedstawia zmiany letniej pokrywy lodowej na obszarze między 50°W, a 70°E w sierpniach lat 1901-1930 obliczone na podstawie zmian zasięgu lodów w tym rejonie pokazanych na mapach z archiwum DMI. Obliczenia powierzchni lodów zostały dokonane w programie ArcGis 10.0 w układzie współrzędnych North Pole Lambert Azimuthal Equal Area. Przeprowadzone pomiary powierzchni zlodzonej potwierdzają wzrost pokrywy lodowej w latach 1907-1918 z maksimum w latach 1912 i 1913 oraz występowanie drugorzędowego maksimum rozwoju lodów w latach 1916 i 1917, po którym nastąpił ogólny spadek powierzchni lodów. W tym czasie wykrywa się dwie fazy gwałtownego spadku pokrywy lodowej na badanym akwenie – między rokiem 1921 i 1922 oraz między rokiem 1929 i 1930. Taki przebieg zmian powierzchni lodów w momencie bliskim osiągnięcia przez nie minimum rozwoju w cyklu rocznym jest z dużym przybliżeniem zgodny ze znanymi z pomiarów zmianami temperatury powietrza w tej części Arktyki.

Słowa kluczowe: pokrywa lodowa, zasięg lodu morskiego, Svalbard, Arktyka Atlantyczna.

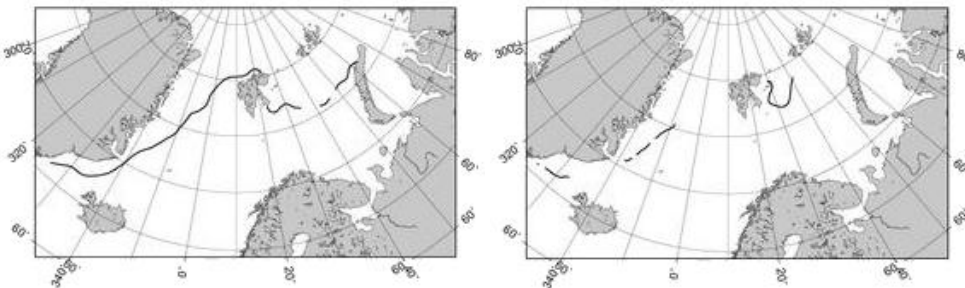
1. Wprowadzenie

Pokrywa lodowa w Arktyce od lat 20. XX wieku wykazuje względnie systematyczny spadek. Tempo tego spadku wyraźnie wzrosło w ostatnich dwóch dekadach. Współcześnie trwa debata na temat przyczyn redukcji powierzchni lodów w Arktyce. Zdaniem niektórych badaczy (m.in. Vinnikov i in. 1999, Comiso i in. 2008, Perovich i in. 2012) jest ona skutkiem globalnego ocieplenia spowodowanego działalnością człowieka. Z kolei inni badacze (m.in. Kinnard i in. 2008, Chylek 2009) uważają, że jest to głównie wynik procesów naturalnych o cyklicznym lub quasi-cyklicznym charakterze. Szereg obserwacji satelitarnych lodu morskiego dostępny od 1979 roku jest zbyt krótki by móc rozstrzygnąć istniejące różnice w poglądach na ten temat. Aby sprawdzić czy już wcześniej nie dochodziło do podobnych zmian jakie obserwuje się współcześnie, trzeba sięgać do materiałów dokumentujących wielkość zlodzenia w czasach historycznych.

Najwięcej informacji o występowaniu lodów morskich w czasach historycznych dostarczają stare zapisy w dziennikach okrętowych i notatki ówczesnych kapitanów statków nawigujących po wodach Arktyki i Subarktyki oraz wykreślane na ich podstawie mapy zasięgu lodów morskich. Mapy te zawierają

pierwotne informacje, do których nie wprowadzono później zmian. Na obszarze mórz nordyckich (morza Norweskie, Islandzkie, Grenlandzkie i Barentsa; Vinje 2001), w szeroko rozumianym rejonie Svalbardu, informacji na temat zmian zasięgu lodów morskich w czasach historycznych dostarcza zbiór „March through August Ice Edge Positions in the Nordic Seas, 1750-2002” udostępniany przez National Snow and Ice Data Center (NSIDC) w Stanach Zjednoczonych (Divine i Dick 2007). Zbiór ten dla lat 1750-1966 bazuje na danych historycznych zgromadzonych przez Norweski Instytut Meteorologiczny (NMI – Norwegian Meteorological Institute). Opis tej części zbioru zawiera aneks w pracy Vinje (2001). Dimitry Divine oraz Chad Dick, opierając się na dawnych mapach, informacjach zawartych w 285 dziennikach okrętowych pochodzących z lat 1850-1922, zapiskach traperów zimujących na Svalbardzie zgromadzonych w archiwach norweskich oraz publikacjach podróżników pływających w XIX wieku w rejonach wschodniej Grenlandii, Svalbardu czy Ziemi Franciszka Józefa, stworzyli za pomocą programu MatLab mapy zasięgu lodu dla poszczególnych miesięcy sezonu letniego, od kwietnia do sierpnia, w tych latach i miesiącach, dla których istniały jakieś zapisy (Divine i Dick 2006). Omawiany zbiór danych stał się źródłem dla wielu opracowań dotyczących zmienności warunków lodowych na obszarze mórz nordyckich (m.in. Vinje 2001, Shapiro i in. 2003, Overland i in. 2011) i pozwolił na wyznaczenie okresów rozwoju i zaniku pokrywy lodowej na tym obszarze.

W pierwszych latach XX wieku liczba dostępnych informacji o występowaniu lodów w Arktyce Atlantycznej była w poszczególnych miesiącach mocno zróżnicowana i tylko czasami pozwalała na precyzyjne wyznaczenie zasięgu lodów, choć czasami była już na tyle obszerna, że umożliwiała nawet określenie zawartości lodu. Jednak w wielu miesiącach informacje na temat występowania na tych akwenach lodów morskich zgromadzone w NMI i opracowane przez Divine’a i Dicka (2006, 2007) są bardzo wyrywkowe (ryc. 1) i nie pozwalają na wyznaczenie ciągłego zasięgu lodów na tym obszarze.



Ryc.1. Zasięg lodu w sierpniu 1914 i 1919 roku według Divina i Dicka (2007).

Źródło: http://nsidc.org/data/docs/noaa/g02169_nordic_sea_ice/

Fig. 1. Sea ice extent in August 1914 and 1919 after Divine and Dick (2007).

Source: http://nsidc.org/data/docs/noaa/g02169_nordic_sea_ice

W 2011 roku Duński Instytut Meteorologiczny (DMI – Danish Meteorological Institute) udostępnił zbiór zeskanowanych, historycznych map pokrywy lodowej tworzonych corocznie w DMI jako załączniki do roczników „The state of the ice in the Arctic Seas” wydawanych przez DMI w latach 1899-1956. Mapy te powstawały na podstawie informacji o zoczonym na statku zasięgu lodów morskich zawartych w duńskich dziennikach okrętowych (Nautisk Meteorologisk Aarbog), notatkach kapitanów statków pływających w rejonach Arktyki Atlantycznej i innych zapiskach zgromadzonych w duńskich archiwach. Na mapach tych uwzględniane były również te informacje pochodzące ze źródeł norweskich, które

w kopiach znalazły się w zasobach DMI. Po 1900 roku Duński Instytut Meteorologiczny zaczął pełnić rolę europejskiego centrum danych o lodzie morskim i w związku z tym zaczęła do niego trafiać z różnych źródeł coraz to większa liczba informacji o warunkach lodowych w Arktyce i Subarktyce (ACSYS 2003). Już zgrubne porównanie map z kolekcji DMI z mapami zasięgów lodów na morzach nordyckich znajdującymi się w zbiorze Divine'a i Dicka (2006, 2007) pozwala postawić tezę, że mapy z kolekcji duńskiej mogą istotnie uszczegółowić posiadaną wiedzę na temat przebiegu skraju lodów.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zmian powierzchni lodów morskich w sierpniu – w minimum ich corocznego rozwoju – w pierwszym 30. XX wieku, obliczonych na podstawie zmian zasięgu lodów morskich przedstawionych na mapach z archiwum DMI. Obszar badań obejmuje morza Barentsa i Grenlandzkie.

2. Źródła danych i metody

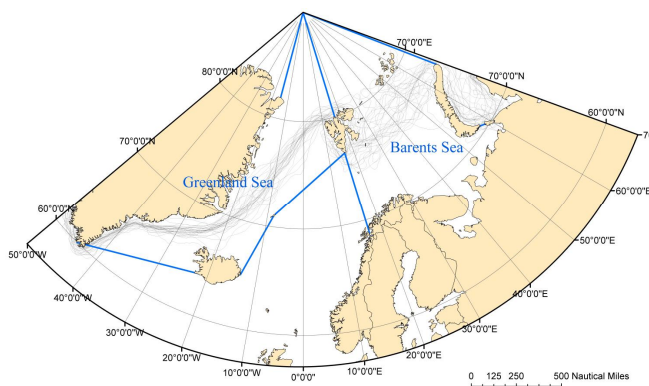
Zbiór „Arctic Sea ice data collected by DMI 1893-1961” udostępniony przez Duński Instytut Meteorologiczny (<http://brunnur.vedur.is/pub/trausti/lskort/>) zawiera mapy dla kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia (ryc. 2), przy czym nie dla każdego roku dostępne są mapy z wszystkich wymienionych miesięcy. Mapy te były tworzone w DMI dla kilku miesięcy sezonu nawigacyjnego, okresu, w którym w pierwszej połowie XX wieku w rejonach arktycznych licznie wypływały statki rybackie, które zajmowały się połowem wielorybów czy fok w pobliżu skraju lodów morskich, statki prowadzące rejsy eksploatacyjne, statki przewożące w latach 1905-1938 węgiel ze Spitsbergenu do Europy oraz zaopatrujące osady położone na Spitsbergenie i Grenlandii.



Ryc. 2. Mapa lodowa ze zbioru Duńskiego Instytutu Meteorologicznego dla sierpnia 1914 roku (<http://brunnur.vedur.is/pub/trausti/lskort/>)

Fig. 2. Map of ice from the Danish Meteorological Institute set for August 1914 (<http://brunnur.vedur.is/pub/trausti/lskort/>).

Każda mapa dostępna w zbiorze „Arctic Sea ice data collected by DMI 1893-1961” to wielkoformatowy skan w formacie JPG. Do niniejszej pracy z archiwum DMI pobrano mapy z sierpnia, z lat 1901-1930. Następnie każda z pobranych map została przekształcona z pliku graficznego do postaci cyfrowej w formacie wektorowym. Do tego celu wykorzystano program ArcGis v.10.0. Najpierw wszystkie mapy archiwalne zostały zarejestrowane (Lange 2013) i zdigitalizowano zasięgi lodów na poszczególnych mapach. Następnie za pomocą narzędzia „Project” wszystkie zasięgi lodów przekształcono do układu współrzędnych North Pole Lambert Azimuthal Equal Area. Obszarem badań objęto sektor atlantyki między 50°W i 70°E. Powierzchnię lodów obliczono dla całego sektora oraz w podziale na morza Grenlandzkie i Barentsa (ryc. 3).



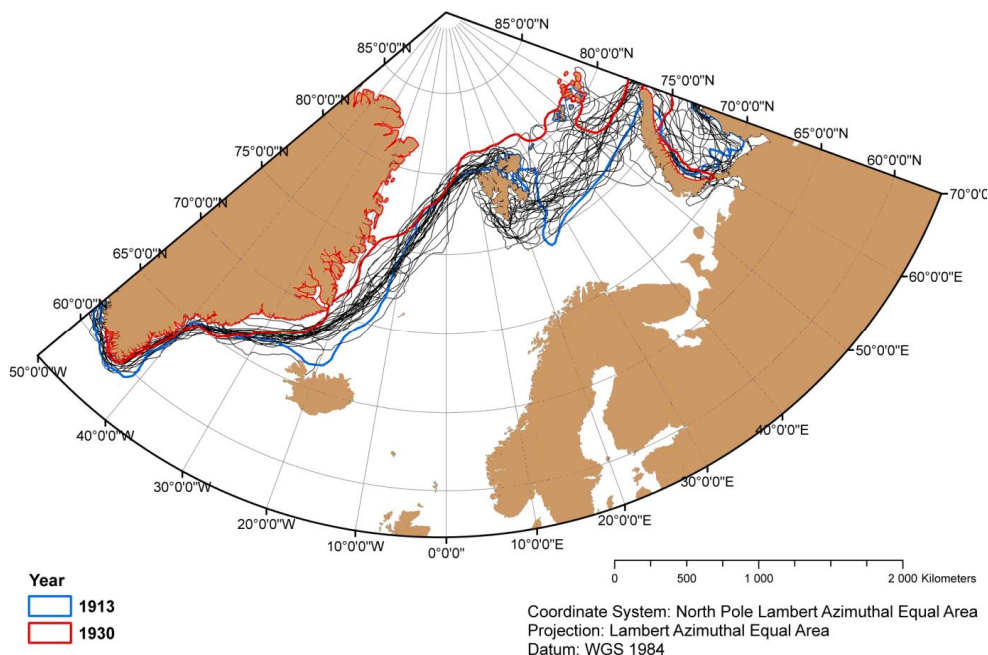
Ryc. 3. Obszar badań oraz granice mórz Grenlandzkiego i Barentsa
 Fig. 3. Area of interest and borders of Greenland and Barents seas.

Granice mórz Grenlandzkiego i Barentsa pokazane na ryc. 3 są zgodne z tymi, jakie przyjęto w programie Arctic ROOS (Arctic Regional Ocean Observing System) monitorującym zmiany pokrywy lodowej mórz arktycznych na zdjęciach satelitarnych (<http://arctic-roos.org/observations/satellite-data/sea-ice/sea-ice-variability-in-regions>). Zbiór danych regionalnych powierzchni lodów o zwartości 15% i większej zgromadzony w ramach tego programu w Nansen Environmental and Remote Sensing Center obejmuje okres od listopada 1978 roku do chwili obecnej. Przyjęcie do prowadzonych w ramach tej pracy analiz zmienności powierzchni lodów w latach 1901-1930 takich samych granic mórz Grenlandzkiego i Barentsa jak te, które stosowane są współcześnie, pozwoli w przyszłości na porównanie wielkości pokrywy lodowej występującej na tych akwenach na początku XX wieku z tą, jaka obserwowana jest na końcu XX i na początku XXI wieku.

3. Wyniki

W całym sektorze atlantycznym, między 50°W i 70°E, zasięg lodów morskich w latach 1901-1930 podlegał dużym zmianom (ryc. 4). Zakres zmian był o wiele większy na Morzu Barentsa niż na Morzu Grenlandzkim. Najmniejsze zmiany przestrzenne położenia skraju lodów miały miejsce w pobliżu południowo-wschodnich wybrzeży Grenlandii oraz wzdłuż zachodniego wybrzeża Spitsbergenu. W badanym okresie największe cofnięcie się zasięgu lodów w okresie minimum ich rozwoju stwierdzono w 1930 roku. Z kolei największe powierzchnie lody zajmowały w sierpniu 1912 i 1913 roku. W rejonie Islandii najdalej na południe lody sięgały w roku 1913 i 1929, kiedy to doszło do ich oparcia się o NW wybrzeża wyspy (Półwysep Westfjords) i zamknięcia przez lody Cieśniny Duńskiej. Na Morzu Barentsa w pierw-

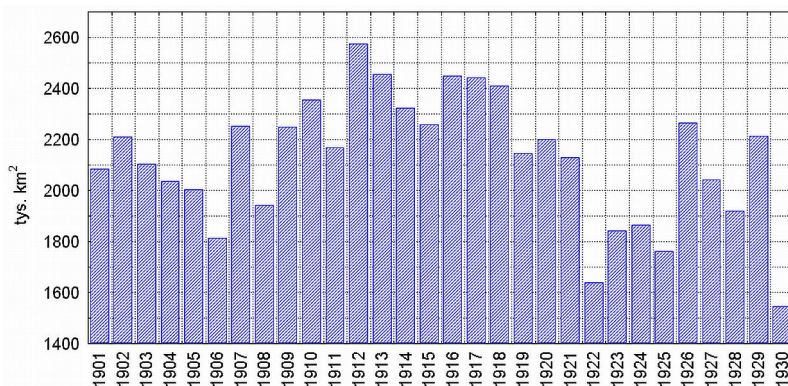
szym 30. XX wieku lody morskie na ogół nie schodziły poniżej 75°S. Jedynie w rejonie Bjornoi w kilku latach (1907, 1910, 1911, 1913, 1914, 1916, 1917, 1930) lody, wraz z wodami Prądu Bjornoi, zdryfowały nieco na południe od tej wyspy. Najbardziej południowe położenie skraju lodów na Morzu Barentsa odnotowano w latach 1901, 1903, 1907, 1915 i 1918 kiedy to lody z Morza Karskiego zdryfowały przez Karskie Wrota i Jugorski Szar na wody Morza Peczorskiego. W latach 1901-1930, w sierpniu, w okresie minimum rozwoju lodów, tylko jeden raz – w 1901 roku – przylegały one do wschodnich wybrzeży Wyspy Południowej Nowej Ziemi (ryc. 4). Jednocześnie w tym samym czasie dostęp do południowych wysp Archipelagu Franciszka Józefa wolny był od lodu morskiego.



Ryc. 4. Zasięgi lodów morskich w sierpniu w latach 1901-1930. Wyróżniono lata 1913 i 1930.
 Opracowanie własne za pomocą programu ArcGis v.10.0

Fig. 4. Sea ice extents in August of 1901-1930. Distinguished years 1913 and 1930.
 Prepared using the ArcGis v.10.0.

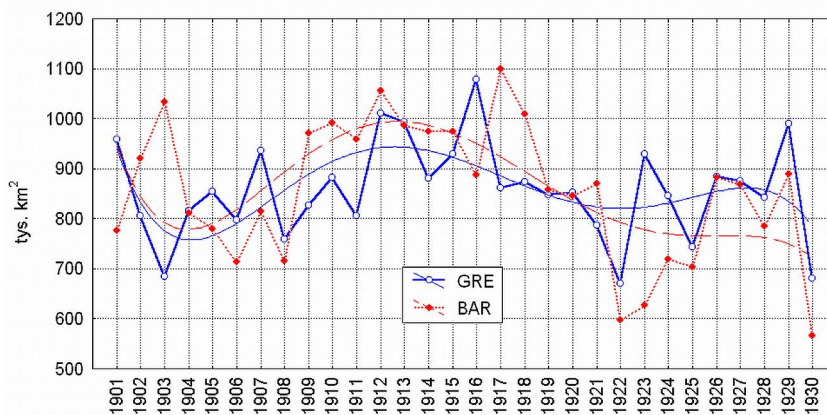
Analizując zmiany powierzchni lodów w atlantyckim sektorze Arktyki w funkcji czasu (ryc. 5) stwierdzić należy, że w pierwszych kilku latach badanego okresu następował spadek powierzchni lodów (z około 2083 tys. km² w 1901 roku do 1812 tys. km² w 1906 roku) po czym w następnych 12 latach, w okresie minimum swojego rozwoju (sierpień), pokrywa lodowa miała wyraźnie większe rozmiary. W 5 latach z tego okresu powierzchnia lodów na badanym obszarze przekroczyła 2400 tys. km². Maksimum wystąpiło w roku 1912 (2575 tys. km²) i 1913 (2459 tys. km²), a dugorzędne maksimum w latach 1916-1918 (ryc. 5). Od tego momentu następuje ogólny spadek powierzchni lodów. W tym czasie wykrywa się dwie fazy gwałtownego spadku pokrywy lodowej na badanym akwenie – między rokiem 1921 i 1922 oraz między rokiem 1929 i 1930 kiedy to powierzchnia lodów osiąga swoje minimum w całym badanym okresie (1544 tys. km²).



Ryc. 5. Zmiany powierzchni lodów morskich w sierpniu w latach 1901-1930 w atlantyckim sektorze Arktyki między 50°W a 70°E

Fig. 5. Changes in the sea-ice cover in August of 1901-1930 in the Atlantic sector of the Arctic between 50°W and 70°E.

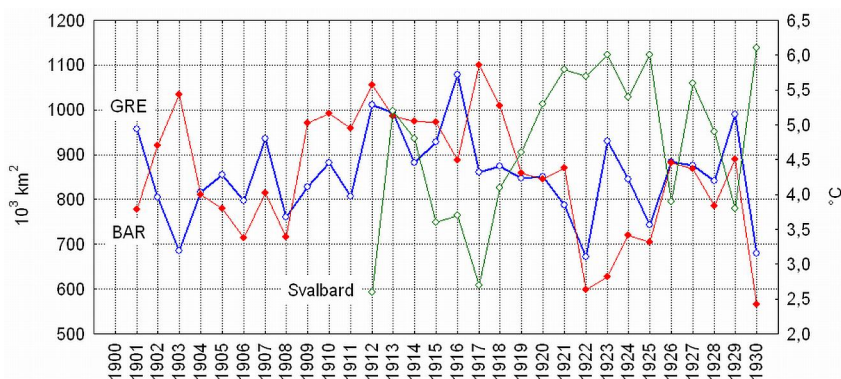
Podzielenie obszaru badań na 2 sektory – Morze Grenlandzkie i Morze Barentsa (ryc. 3) ujawnia, że choć zasadniczy rytm zmian wielkości pokrywy lodowej jest w latach 1901-1930 na obu morzach podobny (ryc. 6) to pojawia się kilka odrębności. W latach 1903-1904, 1915-1917 i 1924 zmiany powierzchni lodów na obu morzach w okresie ich minimalnego rozwoju zachodzą w przeciwfazie. W okresie maksimum rozrostu pokrywy lodowej na całym badanym obszarze (w sektorze 50°W – 70°E) duże powierzchnie lodów występują na obu morzach (1912 rok), natomiast w czasie drugorzędного maksimum – w 1916 roku swoje największe rozmiary osiąga powierzchnia lodów tylko na Morzu Grenlandzkim, a w 1917 – tylko na Morzu Barentsa (ryc. 6). Obie fazy gwałtownego spadku pokrywy lodowej (między rokiem 1921 i 1922 oraz między rokiem 1929 i 1930) zachodzą jednocześnie na obu morzach.



Ryc. 6. Zmiany powierzchni lodów morskich w sierpniu w latach 1901-1930 na morzach Grenlandzkim (GRE) i Barentsa (BAR) wyrównane wielomianem 5°

Fig. 6. Changes in the sea-ice cover in August of 1901-1930 on the Greenland (GRE) and Barents (BAR) seas smoothed by the 5° polynomial.

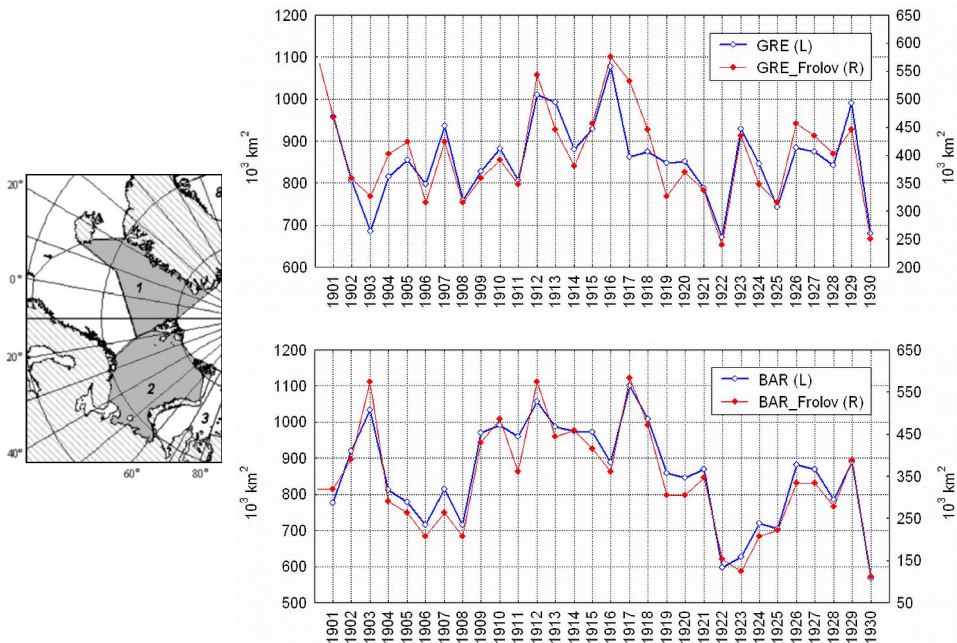
W latach 1901-1930 przebieg zmian powierzchni lodów w momencie bliskim osiągnięcia przez nie minimum rozwoju w cyklu rocznym, opisany zarówno dla całego sektora atlantyckiego jak i osobno mórz Grenlandzkiego i Barentsa, jest z dużym przybliżeniem zgodny ze znanymi z pomiarów zmianami temperatury powietrza w tej części Arktyki. Na tym obszarze stacje meteorologiczne rozpoczęły pracę stosunkowo późno – w latach 20. i 30. XX wieku (Bjornoya od roku 1920, Jan Mayen od 1921, Scoresbysound (Kap Tobin) na Grenlandii od 1924, Mys (Ostrov) Golomjannyj na Ziemi Północnej od 1930). Najwcześniej ciągle pomiary meteorologiczne zaczęto prowadzić na Spitsbergenie – bo od 1912 roku (Nordli 2010). Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza w ujednocionym ciągu „Svalbard Airport” (dane z serwisu eKlima) pokazany na ryc. 7 wskazuje, że wzrosty i spadki temperatury powietrza związane są z odpowiednimi spadkami i wzrostami powierzchni lodów na morzach Grenlandzkim i Barentsa. Wspólny ciąg danych obejmuje 19 lat i dla tego okresu współczynniki korelacji temperatury powietrza na Spitsbergenie w sierpniu z powierzchnią lodów w tym miesiącu wynoszą dla Morzu Grenlandzkiego $-0,61$ ($p < 0,006$), a dla Morza Barentsa $-0,78$ ($p < 0,000$). W latach 1912-1930 zmiany powierzchni lodów na obu morzach objaśniają 60% zmienności temperatury powietrza na zachodnich wybrzeżach Spitsbergenu.



Ryc. 7. Zmiany powierzchni lodów morskich w sierpniu w latach 1901-1930 na morzach Grenlandzkim (GRE) i Barentsa (BAR) oraz przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza w sierpniu na stacji Svalbard

Fig. 7. Changes in the sea-ice cover in August of 1901-1930 on the Greenland (GRE) and Barents (BAR) seas and course of monthly air temperature in August at Svalbard Station.

Przebieg zmian powierzchni lodów morskich w sierpniu na morzach Grenlandzkim i Barentsa w pierwszym 30. XX wieku obliczonych na podstawie zmian zasięgu lodów morskich przedstawionych na mapach z archiwum DMI jest w wysokim stopniu zgodny (ryc. 8) ze zmianami pokrywy lodowej podawanymi przez Frolova i in. (2009). Współczynniki korelacji między oboma seriami danych wynoszą dla Morza Barentsa $0,97$ ($p < 0,000$) i dla Morza Grenlandzkiego $0,87$ ($p < 0,000$). Nieco mniejsza zgodność obu serii na Morzu Grenlandzkim wynika z mniejszej powierzchni lodów obliczonej przez autorkę dla 1903 i 1917 roku i większej dla 1919 i 1929 roku. Niestety Frolov i współautorzy (2009) nie podają na podstawie jakich źródeł uzyskali swoje wyniki. Podstawowa różnica obu zbiorów dotyczy wartości powierzchni zlodzenia. Obliczenia w niniejszej pracy wykonano dla obu mórz w granicach pokazanych na ryc. 3, a Frolov i in. (2009) w granicach tych mórz pokazanych na ryc. 8, stąd wartości obliczone przez autorkę są istotnie większe gdyż obejmują również strefy przybiegunowe obu akwenów.



Ryc. 8. Zmiany powierzchni lodów morskich w sierpniu w latach 1901-1930 na morzach Grenlandzkim i Barentsa według autorki (GRE, BAR) i Frolova i in. (2009) – (GRE_Frolov, BAR_Frolov) oraz granice mórz według tych autorów: 1 – Morze Grenlandzkie, 2 – Morze Barentsa

Fig. 8. Changes in the sea-ice cover in August of 1901-1930 on the Greenland and Barents after author (GRE, BAR) and Frolov *et al.* (2009) – (GRE_Frolov, BAR_Frolov) and boundaries of the seas: 1 – Greenland Sea, 2 – Barents Sea.

4. Wnioski

Przeprowadzone pomiary powierzchni zlodzonej w atlantyckim sektorze Arktyki (pomiędzy 50°W a 70°E) potwierdzają rozrost pokrywy lodowej w latach 1907-1918 z maksimum w latach 1912 i 1913 oraz występowanie drugorzędno maksimum rozwoju lodów w latach 1916 i 1917, po którym nastąpił ogólny spadek powierzchni lodów. W całym okresie 1917-1930 zaznacza się spadek powierzchni zlodzonej na badanych akwenach i wzrost temperatury rocznej, jednak zmiany rocznej temperatury powietrza i zmiany powierzchni zlodzonej w sierpniu nie zachodziły jednostajnie. W przebiegu zmian powierzchni zlodzonej, jak i zmian temperatury zaznaczają się „skoki”.

Na tle ogólnego spadku powierzchni zlodzonej i wzrostu temperatury powietrza szczególnie silny taki „skok” zaznaczył się między rokiem 1917 a 1922. W tym czasie, w ciągu 5 lat (1917-1922) temperatura roczna na Svalbardzie wzrosła o 7,4°C. Wzrost temperatury rocznej stanowił skutek wzrostu temperatury niemal we wszystkich miesiącach roku, jednak najsilniejszy wzrost temperatury zaznaczył się w miesiącach zimowych. W tych samych latach wzrost temperatury sierpnia był znacznie słabszy i wyniósł tylko 3,5°C. W tej fazie gwałtownego ocieplenia, między rokiem 1917 a 1922, powierzchnia lodów na obu akwenach w sierpniu zmniejszyła się o 692,82 tys. km², czyli o ponad 35%, jeśli przyjmując powierzchnię zlodzoną w sierpniu 1917 roku za 100%. Silniejszy spadek powierzchni zlodzonej zaznaczył się w tym okresie na Morzu Barentsa niż na Morzu Grenlandzkim.

Druga faza gwałtownego spadku powierzchni lodów morskich w rejonie Svalbardu nastąpiła między rokiem 1929 a 1930. W tym czasie powierzchnia lodów w sierpniu, według obliczeń autorki, zmniejszyła się o 632,88 tys. km², czyli tylko nieznacznie mniej niż we wspomnianym poprzednio pięcioletnim okresie 1917-1922. Również i w tym przypadku silniejsze zmniejszenie się powierzchni zlodzonej nastąpiło na Morzu Barentsa niż na Morzu Grenlandzkim.

Literatura

- ACSYS, 2003. ACSYS Historical Ice Chart Archive (1553-2002). IACPO Informal Report No. 8. Troms, Norway: Arctic Climate System Study: 32 s.
- Chylek P., Folland C. K., Lesins G., Dubey M. K., Wang M., 2009: Arctic air temperature change amplification and the Atlantic Multidecadal Oscillation. *Geophysical Research Letters*, 36, L14801, doi:10.1029/2009GL038777.
- Comiso J.C., Parkinson C.L., Gersten R., Stock L., 2008: Accelerated decline in the Arctic sea ice cover. *Journal of Geophysical Research*, 35, L01703, doi:10.1029/2007GL031972.
- Divine D.V., Dick C., 2006. Historical variability of sea ice edge position in the Nordic Seas. *Journal of Geophysical Research*, vol. 111, C01001, doi:10.1029/2004JC002851.
- Divine D.V., Dick C., 2007. March through August ice edge positions in the Nordic Seas, 1750-2002. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. <http://dx.doi.org/10.7265/N59884X1>
- Frolov I.E., Gudkovivh Z.M., Karklin V.P., Kovalev E.G., Smolyanitsky V.M., 2009. Climate change in Eurasian Arctic shelf seas. Centennial ice cover observations. Springer-Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK: 164 s.
- Kinnard C., Zdanowicz C.M., Koerner R., Fisher D.A., 2008. A changing Arctic seasonal ice zone – observations from 1870–2003 and possible oceanographic consequences. *Geophysical Research Letters*, 35, L02507, doi:10.1029/2007gl032507
- Lange K., 2013. Kalibracja dawnych map zasięgu lodów morskich w Arktyce z zastosowaniem GIS. *Polski Przegląd Kartograficzny*, 45 (4): w druku.
- Nordli O., 2010. The Svalbard airport temperature series. *Bulletin of Geography – physical geography series*, 3: 5-25.
- Overland J.E., Wood K.R., Wang M., 2011. Warm Arctic cold continents: climate impacts of the newly open Arctic Sea. *Polar Research*, 30, 15787, DOI: 10.3402/polar.v30i0.15787
- Perovich D., Meier D, Tschud M., Gerland S., Richter-Menge J., 2012: Sea ice. [w:] Arctic Report Card 2012. <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>.
- Shapiro I., Colony R., Vinje T., 2003. April sea ice extent in the Barents Sea, 1850–2001. *Polar Research*, 22 (1): 5-10.
- Vinje T., 2001. Anomalies and trends of sea-ice extent and atmospheric circulation in the Nordic Seas during the period 1864-1998. *Journal of Climate*, 14 (3): 255-267.
- Vinnikov K.Y., Robock A., Stouffer R.J., Walsh J.E., Parkinson C.L., Cavalieri G.J., Mitchell J.F.B., Garrett D., Zakharov V.F., 1999. Global warming and Northern Hemisphere sea ice extent. *Science*, 286 (5446): 1934-1937. DOI: 10.1126/science.286.5446.1934.

Wpłynęło: 27 września 2013 r., poprawiono: 17 listopada 2013 r., zaakceptowano: 25 listopada 2013 r.

Summary

Latest maps released by the Danish Meteorological Institute (DMI) shed new light on the changes in the Arctic ice coverage that have been mainly based on archival Norwegian Meteorological Institute. The article presents the changes in the surface of sea ice in the area between 50°W and 70°W for the years 1901 to 1930 August, calculated on the basis of changes in ice coverage in the area shown on maps from the archives of DMI. ice surface Calculations have been made in the coordinate North Pole Lambert Azimuthal Equal Area using ArcGis 10.0

The measurements confirm iced surface of ice cover growth in the years 1907-1918 with a maximum between 1912 and 1913 and the presence of a secondary maximum ice growth in the years 1916 and 1917, after which there was a general decline in sea ice area. During this time, detected two phases of rapid decline of ice cover in the examined area between 1921 and 1922 and between 1929 and 1930. Such a course of changes in sea ice area at a time moment close to minimum of the annual cycle of development is close approximation consistent with known from measurements of air temperature changes in this part of the Arctic.

Key words: sea-ice cover, ice extent, Svalbard, Atlantic Arctic.