

Jerzy Wira, Mariusz Ptak

ZŁODZENIE WYBRANYCH JEZIOR W KRAINIE WIELKICH JEZIOR MAZURSKICH W LATACH 2006-2010

Streszczenie: W pracy przedstawiono charakterystykę warunków zlodzenia jeziora Jagodne, Śniardwy i Roś w latach 2006–2010. W oparciu o obserwacje prowadzone przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej stwierdzono, że parametry zlodzenia (termin początku i końca zjawisk lodowych, termin początku i końca pokrywy lodowej, grubość pokrywy lodowej) tych jezior są mało zróżnicowane względem siebie. Jest to wynikiem bliskiej ich lokalizacji a w związku z tym takich samych panujących warunków klimatycznych. Pewnym odstępstwem jest wcześniejsze pojawianie się zjawisk lodowych na jeziorze Śniardwy w stosunku do dwóch pozostałych jezior, co należy wiązać z morfometrią tego akwenu (mniejsza głębokość średnia), która decyduje o wcześniejszym wychładzaniu mas wody i pojawianiu się w niej lodu.

Słowa kluczowe: zlodzenie, jeziora, Polska

WPROWADZENIE

Jednym z istotnych elementów wpływających na funkcjonowanie jezior jest pojawienie się w nim lodu. Pokrywa lodowa całkowicie odcina wpływ czynników zewnętrznych, co widoczne jest w osłabieniu wymiany energetycznej, zmianie warunków świetlnych oraz brakiem miksji wiatrowej. W takiej sytuacji w całym ekosystemie powstają nowe warunki dla przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych (Hutchinson 1957). Zaleganie pokrywy lodowej może prowadzić do deficytów tlenowych, a to może mieć katastrofalne skutki dla organizmów tam żyjących. Zlodzenie wód śródlądowych może być wykorzystywane bezpośrednio przez człowieka, m.in. w celach transportowych czy rekreacyjnych (bojery, wędkarstwo podlodowe, itd.). Problematyka zlodzenia jest podejmowana przez wielu badaczy w różnych częściach

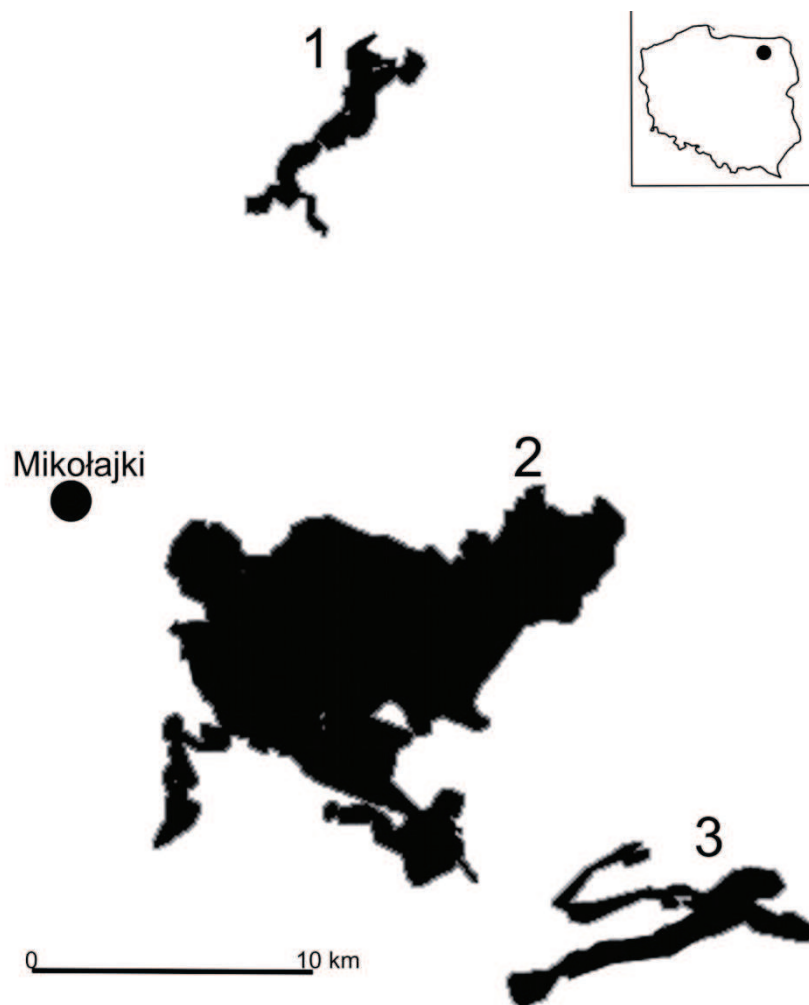
prof. dr hab. inż. Jerzy Wira – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr Mariusz Ptak – Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

świata (Livingstone i Adrian 2009, Ruzhich i in. 2009, Cook i Bradley 2010, Geldsetzer i in. 2010, Weyhenmeyer i in. 2011, Benson i in. 2012, etc.) i nawiązuje do wielu wątków. Jednym z wiodących jest wpływ zmian klimatycznych na zmiany w zlodzeniu jezior. Celem pracy jest określenie zmian zlodzenia wybranych jezior w krainie Wielkich Jezior Mazurskich w nieanalizowanym dotychczas okresie 2006- 2010.

MATERIALY I METODY

W pracy wykorzystano materiały dotyczące obserwacji zlodzenia jezior prowadzonych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMiGW) w latach 2006-2010. Obserwacje te zawierają informacje o: terminie początku i końca zjawisk lodowych (utożsamianych z dowolną formą lodu w wodzie), terminie pojawienia się i zaniku pokrywy lodowej, grubości pokrywy lodowej (mierzonej co pięć dni w tym samym punkcie). Na podstawie dwóch pierwszych informacji, możliwe jest określenie czasu trwania zjawisk lodowych jak i pokrywy lodowej. Lokalizację analizowanych jezior zawiera ryc. 1 a podstawowe informacje o nich tabela 1. Ponadto przedstawiono przebieg temperatury powietrza dla stacji Mikołajki w dłuższym okresie (dającym możliwość określenia pewnych prawidłowości) - dla wielolecia 1976-2010.



Ryc. 1. Lokalizacja obiektów badań.

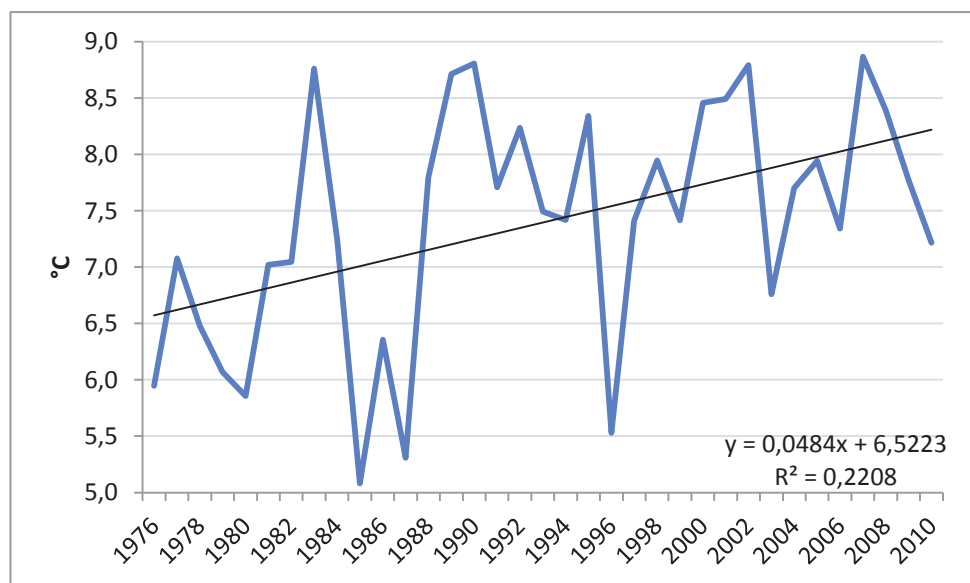
Zgodnie z podziałem regionalnym Polski, Kondracki (2000) wyodrębnił Krainę Wielkich Jezior Mazurskich jako niezależny mezoregion (842.83). Rozciąga się ona pomiędzy Pojezierzem Mrągowskim od zachodu, Pojezierzem Ełckim od wschodu, Krainą Węgorapy od północy i Równią Mazurską od południa.

Tabela 1. Parametry morfometryczne badanych jezior (numeracja zgodna z ryc. 1).

Lp.	Jezioro	Powierzchnia [ha]	Objętość tys.m ³	Głębokość średnia [m]	Rzędna [m n.p.m.]
1	Jagodne	872,5	82705,2	8,7	115,7
2	Śniardwy	11487,5	660211,8	5,8	115,7
3	Roś	1808,5	152924,9	8,1	114,4

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizę warunków zlodzenia prezentowanych jezior poprzedzono informacjami dotyczącymi temperatury powietrza dla stacji Mikołajki w latach 1976–2010 (ryc. 2).



Ryc.2. Średnia temperatura powietrza dla stacji Mikołajki (w układzie roku hydrologicznego).

Z powyższego wykresu wynika, że obserwowany jest znaczny wzrost temperatury powietrza. To w konsekwencji będzie istotne dla przebiegu zlodzenia jezior- a więc do terminu powstawania zjawisk i pokrywy lodowej, do terminów ich końca oraz grubości pokrywy lodowej.

Średnia temperatura badanego okresu (2006–2010) wyniosła 7,9 °C i był wyższa na tle średniej dłuższego okresu o 0,5 °C.

W analizowanym wieloleciu najwcześniej zjawiska lodowe pojawiły się na jeziorze Śniardwy (3 grudnia) a ich zanik nastąpił najpóźniej na jeziorze Jagodne (22 kwietnia). Pokrywa lodowa została najwcześniej uformowana na jeziorze Roś (19 grudnia) a jej rozpad nastąpił najpóźniej na jeziorze Jagodne (15 kwiecień). Maksymalną grubość lodu odnotowano w roku 2006 na jeziorze Roś- 52 cm.

Średnie wartości poszczególnych charakterystyk zlodzenia w latach 2006–2010 zestawione w tabeli 2.

Tabela 2. Średnie wartości parametrów zlodzenia w okresie 2006–2010.

Jezioro	Początek		Koniec		Długość zalegania		Maksymalna grubość pokrywy lodowej (cm)
	zjawisk lodowych	pokrywy lodowej	pokrywy lodowej	zjawisk lodowych	zjawisk lodowych	pokrywy lodowej	
Jagdne	5 I	10 I	11 III	24 III	80	61	26,4
Śniardwy	25 XII	5 I	13 III	23 III	89	68	27,6
Roś	4 I	7 I	11 III	21 III	77	64	33,0

Powyższe wyniki wskazują na niewielkie zróżnicowanie poszczególnych elementów zlodzenia. Ma to związek z bliską względem siebie lokalizacją badanych jezior i wynikającymi z tego faktu homogenicznymi warunkami klimatycznymi. Obok cech klimatycznych, które są kluczowe dla przebiegu zlodzenia jezior ważne są także ich parametry morfometryczne. W tym względzie szczególną rolę należy przypisać głębokości jezior, od której uzależniona jest wielkość zakumulowanego ciepła. Jeziora płytsze szybciej ulegają wychładzaniu, co z kolei prowadzi do szybszego pojawienia się lodu w wodzie. Jest to dobrze widoczne w przypadku jeziora Śniardwy, o najmniejszej głębokości średniej spośród analizowanych akwenów. W tym przypadku średni termin

pojawienia się zjawisk lodowych był wcześniejszy o około 10 dni. Morfometria nie jest już tak istotna w przypadku rozpadu pokrywy lodowej i zaniku zjawisk lodowych. Wówczas najważniejsza jest wielkość radiacji. Fakty te widoczne są w terminach zaniku pokrywy i zjawisk lodowych, które w małym stopniu są zróżnicowane względem siebie. W przypadku rozpatrywanych w pracy akwenów, Skowron [2011] przeanalizował parametry zlodzenia w wieloleciu 1971-2005. Z zestawienia tego wynika, że w stosunku do analizowanego w pracy okresu w przypadku wybranych charakterystyk nastąpiły duże zmiany. Najbardziej wyraźna jest zmiana w średnim termnie pojawiania się zjawisk lodowych, który był późniejszy o 22 dni w przypadku jeziora Jagodne, o 19 dni w przypadku jeziora Śniardwy i 21 dni w przypadku jeziora Roś. Formowanie pokrywy lodowej nastąpiło później o: 18 dni w przypadku jeziora Jagodne, o 19 dni w przypadku jeziora Śniardwy i 18 dni w przypadku jeziora Roś. W przypadku terminu końca pokrywy lodowej różnice nie były już tak duże. W przypadku jeziora Jagodne średni termin końca pokrywy lodowej w latach 2006-2010 był szybszy o 4 na tle dłuższego wielolecia 1976-2005, dla jeziora Śniardwy nastąpił także szybciej o 4 dni a w przypadku jeziora Roś był taki sam. W przypadku terminu końca zjawisk lodowych jezioro Jagodne i Śniardwy nie odnotowano żadnej zmiany, w przypadku jeziora Roś termin końca zjawisk lodowych w latach 2006-2010 był o 1 dzień późniejszy niż w przypadku dłuższego wielolecia. Średnia maksymalna miąższość pokrywy lodowej była badanym pięcioleciu była mniejsza o 4 cm w przypadku jeziora Jagodne, o 2,7 cm w przypadku Śniardwy i o grubsza o 3,4 cm w przypadku jeziora Roś.

Długoterminowe obserwacje dotyczące zlodzenia jezior na świecie wskazują, iż generalnie następuje skrócenie sezonu lodowego i dochodzi do powstawania coraz cieńszej pokrywy lodowej [Gronskaya 2000, Magnuson i in. 2000, Assel i in. 2003, Avinsky i in. 2003, Jensen i in. 2007]. Zasadniczo ma to związek z obserwowanym w skali globalnej wzrostem temperatury powietrza. Do tych wyników nawiązują również badania jezior w Polsce [Girjatowicz 2004, Marszelewski i Skowron 2006, Sziwa i Jańczak 2009, Choiński i in. 2014].

Zmiana dotychczasowych uwarunkowań zlodzenia jest istotny dla funkcjonowania ekosystemu jeziornego nie tylko podczas sezonu lodowego lecz w ciągu całego roku. Zmiany te dotyczą zarówno cech fizycznych i chemicznych wody jak i warunków biotycznych. Znaczne różnice w czasie trwania pokrywy lodowej mogą zmieniać dotychczasowy skład gatunkowy zarówno świata roślin i zwierząt, co w konsekwencji może doprowadzić do wyparcia ich przez inne gatunki.

PODSUMOWANIE

Praca nawiązuje do bardzo chętnie podejmowanej w ostatnich latach problematyki zlodzenia wód śródlądowych. Szczególną rolę obserwowanych transformacji tej charakterystyki, przypisuje się zmianom klimatycznym. Jak wynika z analizy światowej literatury tego tematu, generalnie ma miejsce skrócenie sezonu lodowego co związane jest głównie globalnym ociepleniem. Informacje te potwierdzają dane zestawione w pracy, gdzie odnotowany wzrost temperatury powietrza miał wpływ na przebieg zlodzenia analizowanych jezior. Obok warunków klimatyczny, istotna jest także morfometria jezior- szczególnie w przypadku terminu pojawiania się zjawisk lodowych.

LITERATURA

1. Assel R., Cronk K., Norton D., 2003. Recent trends in Laurentian great lakes ice cover, *Climatic Change*, 57: 185–204
2. Avinsky V.A., Filatova T.N., Solntsev V.N., 2003. Long- term trends in some hydrological parameters and fish catch in Lake Peipus. *Proceedings of the Fourth International Lake Ladoga Symposium 2002*, 13-19, Joensuu
3. Benson B.J., Magnuson J.J., Jensen O.P., Card V.M., Hodgkins G., Korhonen J., Livingstone D.M., Stewart K.M., Weyhenmeyer G.A., Granin N.G., 2012. Extreme events, trends, and variability in Northern Hemisphere lake-ice phenology (1855-2005). *Climatic Change* 112. 2: 299-323

4. Choiński A., Ptak M., Skowron R., 2014. Tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951-2010, *Przeгляд Geograficzny*, 86, 1: 23-40
5. Cook T.L., Bradley R.S., 2010. An analysis of past and future changes in the ice cover of two high-arctic lakes based on synthetic aperture radar (SAR) and landsat imagery. *Arctic. Antarctic. and Alpine Research*.42. 1: 9-18
6. Girjatowicz J.P., 2004. Lodowe warunki polskich jezior przybrzeżnych, *Przeгляд Geograficzny*, 76, 1: 45-60.
7. Geldsetzer T., Van der Sanden J., Brisco B., 2010. Monitoring lake ice during spring melt using RADARSAT-2 SAR. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 36. SUPPL. 2:S391-S400
8. Gronska T. P., 2000. Ice thickness in relation to climate forcing in Russia, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 2800 – 2802
9. Hutchinson G.E., 1957. A treatise on limnology, New York- London, Geography, Physics and Chemistry, 1015
10. Jensen O.P., Benson B.J., Magnuson J.J., Card V.M., Futter M.N., Soranno P.A., Stewart K.M., 2007. Spatial analysis of ice phenology trends across the Laurentian Great Lakes region during a recent warming period. *Limnology and Oceanography* 52 (5), 2013-2026
11. Kondracki J., 2000. *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa
12. Livingstone D.M., Adrian R., 2009. Modeling the duration of intermittent ice cover on a lake for climate-change studies. *Limnology and Oceanography*. 54. 5: 1709-1722
13. Magnuson J. J., Robertson D. M., Benson B. J., Wynne R. H., Livingstone D. M., Arai T., Assel R. A., Barry R. G., Card V., Kuusisto E., Granin N., Prowse T. D., Stewart K. M., Vuglinski V. S., 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere, *Science* 289(5485), 1743-1746
14. Marszelewski W., Skowron R., 2006. Ice cover as an indicator of winter air temperature changes: Case study of the Polish Lowland lakes. *Hydrological Sciences Journal*. 51. 2: 336-349
15. Skowron R., 2011. *Zróźnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego wody w jeziorach na Niziu Polskim*, Wyd. Nauk. UMK, Toruń

16. Sziwa R., Jańczak J., 2009. Extreme values of ice cover thickness and ice phenomena duration on lakes in Poland. *Limnological Review*, 9, 2-3: 111-119
17. Ruzhich V.V., Psakhie S.G., Chernykh E.N., Bornyakov S.A., Granin N.G., 2009. Deformation and seismic effects in the ice cover of Lake Baikal. *Russian Geology and Geophysics*. 50. 3: 214-221
18. Weyhenmeyer G.A., Livingstone D.M., Meili M., Jensen O., Benson B., Magnuson J.J., 2011. Large geographical differences in the sensitivity of ice-covered lakes and rivers in the Northern Hemisphere to temperature changes. *Global Change Biology*. 17. 1: 268-275

ICE COVER OF SELECTED LAKES IN THE MASURIAN LAKELAND IN THE YEARS 2006-2010

Summary: The work presents the characteristics of the ice cover conditions of Lake Jagodne, Lake Śniardwy and Lake Roś in the years 2006–2010. On the basis of observations conducted by Institute of Meteorology and Water Management it was ascertained that ice cover parameters (the beginning and end of ice phenomena, the beginning and end of ice cap formation, the thickness of the ice cap) of these lakes do not differ much in relation to one another. This results from the fact that the lakes are close to one another so the climate conditions are also the same. The only difference is the earlier time of the ice cap formation on Lake Śniardwy, which is due to the lake morphometry (its smaller average depth) which determines earlier water cooling and, consequently, earlier appearance of ice.

Key words: ice cover, lakes, Poland

VEREISUNG AUSGEWÄHLTER GROSSER SEEN IN DER MASURISCHEN SEENPLATTE IN JAHREN 2004-2010

Zusammenfassung: In der vorliegenden Bearbeitung wurde eine Charakteristik für die Vereisungsbedingungen der Seen Jagodne, Śniardwy

und Roś beschrieben. Auf Grund der Beobachtungen durchgeführt durch das Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej) hat man festgestellt, dass Parameter (Beginn und Schluss der Vereisungserscheinungen, Vereisung-Beginn und –Schluss, Dicke der Eisschicht dieser Seen wenig differenziert sind. Dies folgt aus der nahen Lokalisierung und damit auch aus den gleichen Klimabedingungen. Eine gewisse Abweichung davon bildet im Vergleich zu den zwei restlichen Seen der See Śniardwy. Er weist eine frühere Vereisungserscheinung auf, was mit der Morphometrie (niedrigere Durchschnittstiefe) dieses Seegebiets zu verbinden ist, die über frühere Wasserkühlung der Wassermassen und Auftreten des Eises entscheidet.

Schlüsselworte: Vereisung, See, Polen