

10.2478/bfpz-2013-0002

ZRÓŻNICOWANIE GRUBOŚCI POKRYW LODOWYCH WYBRANYCH JEZIOR WIELKOPOLSKI

ADAM CHOIŃSKI, MARIUSZ PTAK

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

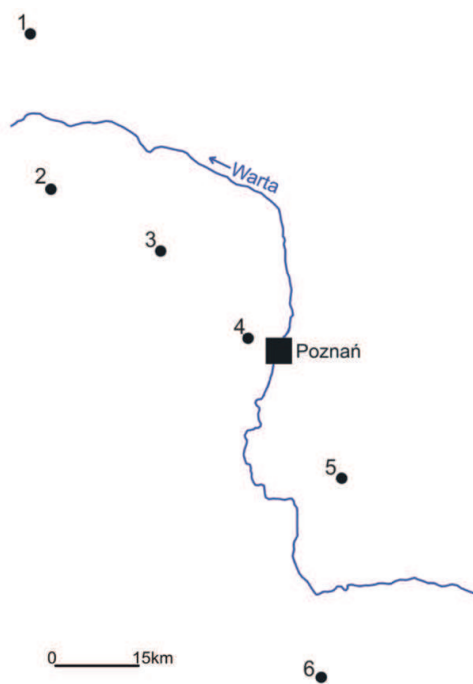
Abstract: In this study the thickness of ice cover on six lakes in Wielkopolska was measured. Lakes were selected so that they were located on a north-south axis and the distance between the furthestmost water bodies amounted to 105 km. The remaining features of the lakes were random. The investigation revealed that the variability in ice cover thickness was rather low, not exceeding 4 cm. In the case of Kórnickie Lake, the number of measurements performed was higher (20 boreholes; 2 boreholes in the remaining lakes) in order to assess the variation in ice cover thickness within one lake. Those analyses revealed that the difference amounted to only 2 cm. The thinnest ice cover was observed in the inflow and outflow areas of the Głuszynka river. Analysis of the relationship between ice cover thickness and latitude showed that it increased to the south. That thesis, however, must be verified by more detailed research which would include more lakes, their individual features and synchronized time series of at least several years.

Keywords: ice phenomena, lakes, Wielkopolska

WSTĘP

Tematyka dotycząca zlodzenia jezior należy do jednej z najlepiej poznanych w limnologii. W licznej literaturze z tego zakresu poruszono różne aspekty występowania lodu w jeziorach, potwierdzeniem są między innymi prace: Grzesia (1974), Paślawskiego (1982), Górnika i Pękali (2001), Girjatowicza (2003), Skowrona (2003), Choińskiego i in. (2006), Marszelewskiego, Skowrona (2006), Choińskiego i in. (2009), Skowrona (2011) itd.

Wśród zjawisk lodowych występujących w jeziorach największy wpływ na ich funkcjonowanie ma pokrywa lodowa, która może nawet przez kilka miesięcy izolować masy wody od czynników zewnętrznych. W płytkich zbiornikach prowadzi to często do deficytów tlenowych (przyducha), co ma katastrofalne skutki dla organizmów żywych. Terminy pojawiania i zaniku pokrywy lodowej oraz jej grubość uzależnione są zasadniczo od warunków klimatycznych. W Polsce w kierunku wschodnim wydłużają się terminy występowania lodu w wodzie oraz zwiększa się miąższość pokrywy lodowej, co ma związek z częstym występowaniem ujemnych temperatur powietrza. Warunki makroskalowe



Ryc. 1. Lokalizacja obiektów badań

- 1 – Jez. Kruteckie, 2 – Jez. Wielkie,
3 – Jez. Pamiątkowskie,
4 – Jez. Rusalka,
5 – Jez. Kórnickie,
6 – Jez. Dolskie Duże

Fig. 1. Location of research objects

- 1 – Kruteckie Lake, 2 – Wielkie Lake,
3 – Pamiątkowskie Lake,
4 – Rusalka Lake,
5 – Kórnickie Lake,
6 – Dolskie Duże Lake

(klimatyczne) mogą być modyfikowane przez cechy morfometryczne jezior oraz wpływ antropopresji, co może przekładać się na zróżnicowanie w terminach występowania zjawisk lodowych oraz grubości pokrywy lodowej nawet w przypadku sąsiednich jezior.

W pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie: Czy zmienność grubości pokrywy lodowej można obserwować również w układzie północ-południe, a jeśli tak, to jaka jest skala tego zróżnicowania? Analizę przeprowadzono dla sześciu jezior z terenu Wielkopolski w lutym 2012 r. Średnia temperatura dla stacji Poznań za lata 1954–2000 wynosiła: dla stycznia $-1,6^{\circ}\text{C}$, a dla lutego $-0,9^{\circ}\text{C}$ (Woś 2010). W dniu pomiarów zanotowana temperatura to -16°C .

OBIEKTY I METODY BADAŃ

Wybór jezior miał charakter losowy. Są to akweny o różnej genezie, cechach morfometrycznych, położeniu, odmiennym otoczeniu itd. Ich rozmieszczenie przedstawiono na rycinie 1, a podstawowe parametry

Tabela 1. Cechy morfometryczne analizowanych jezior

Table 1. Morphometric features of the studied lakes

Nazwa jeziora	Powierzchnia ¹ [ha]	Głębokość maks. ² [m]	Głębokość średnia ² [m]	Objętość ² [tys. m ³]	Wskaźnik odśnieżenia
Kruteckie	70,0	2,0	0,9	640,8	77,7
Wielkie	33,5	2,4	1,0	349,9	33,5
Pamiątkowskie	75,0	4,9	2,2	1680,0	34,0
Rusalka	36,7 ³	9,0 ³	1,9 ³	701,0 ³	19,3
Kórnickie	75,0	6,0	2,6	2164,7	28,8
Dolskie Wielkie	153,5	3,0	1,7	2852,2	90,2

¹Choiński (2006)

²Instytut Rybactwa Śródlądowego (za: Choiński 2006)

³Jańczak, Sziwa (1995)

morfometryczne zamieszczono w tabeli 1. Odległość pomiędzy skrajnie położonymi zbiornikami wynosi 105 km.

Pomiarów dokonano w otworach wykonanych za pomocą świdra spalinowego Husqvarna o średnicy wiertła 20 cm.

Mięszkość pokrywy lodowej zmierzono przy użyciu tzw. kosi. Dla pięciu jezior wykonano po dwa pomiary, w przypadku jednego zbiornika 20. Takie podejście miało na celu ustalenie, czy występuje zróżnicowanie przestrzenne zlodzenia w obrębie jednego akwenu. Ponadto zmierzono temperaturę wody (fot.) oraz ustalono grubość zalegającej na lodzie pokrywy śnieżnej.



Fot. Pomiar temperatury wody

Photo. Measurement of water temperature

WYNIKI

Uzyskane rezultaty prac pomiarowych zestawiono w tabeli 2. Wynika z nich, że zróżnicowanie pokrywy lodowej dla sześciu prezentowanych jezior jest niewielkie. Grubość ta waha się w przedziale od 26 do 30 cm. Najniższą wartość odnotowano na najmniejszym spośród analizowanych akwenów, a najwyższą dla jezior Kórnickiego i Dolskiego Wielkiego, to jest zbiorników najdalej, z badanej grupy, położonych na południe. O najniższej wartości uzyskanej na Jeziorze Wielkim mogła decydować lokalizacja punktu pomiarowego. Otwór został bowiem wywiercony nad nurtem rzeki Ostroroga przepływającej przez to jezioro, co w wyniku turbulენტnej działalności wód mogło decydować o miąższości pokrywy lodowej.

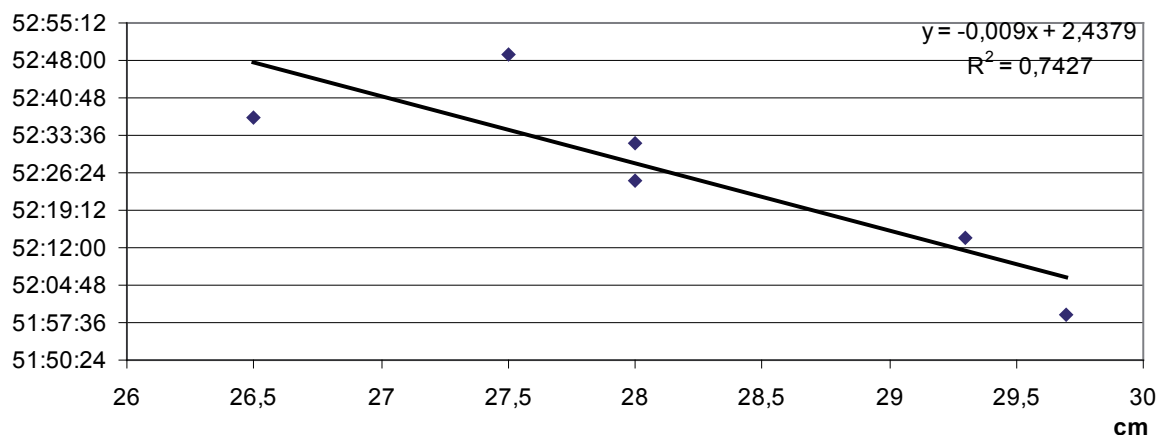
W celu wymiernego określenia związku pomiędzy grubością pokrywy lodowej a położeniem jezior wyznaczono stopień zależności tych cech za pomocą równania regresji (ryc. 2). Na podstawie dokonanych pomiarów wyznaczono średnią grubość pokrywy lodowej dla każdego jeziora oraz każdemu przypisano współrzędne geograficzne.

Uwzględniając pewne uproszczenia powyższego związku (ujęcie dwuparametrowe, uśrednianie grubości pokrywy lodowej w większości jezior na podstawie dwóch pomiarów itd.), należy stwierdzić, iż uzyskany wynik jest interesujący. Wzrost grubości pokrywy lodowej następuje w kierunku południowym, a nie

Tabela 2. Zróżnicowanie pokrywy lodowej jezior oraz temperatura wody i grubość pokrywy śnieżnej
 Table 2. Variation in ice cover thickness in the studied lakes, water temperature and the thickness of snow cover

Jezioro	Współrzędne otworu	Grubość lodu [cm]	Temperatura wody		Jezioro	Współrzędne otworu	Grubość lodu [cm]	Temperatura wody		
			głęb. [m]	[°C]				głęb. [m]	[°C]	
Kruleckie	I 52°49.713 16°24.347	27,0	0,3	1,8	Kórnickie cd.	VIII 52°14.426 17°05.167	29,0 śnieg 3 cm	0,3	1,5	
			1,0	3,3				1,0	2,0	
			1,6	4,1				2,0	2,2	
	II 52°49.684 16°24.196	28,0	0,3	2,1		IX 52°14.475 17°05.223	28,0	3,0	3,1	
			1,0	3,1				2,0	2,2	
			1,7	4,3				3,0	3,1	
Wielkie	I 52°37.215 16°27.610	26,0	0,3	1,0	X 52°14.475 17°05.163	28,0	0,3	1,0		
			1,0	2,0			1,0	2,0		
	1,7	2,4	1,7	2,4						
	II 52°37.280 16°27.790	27,0	0,3	0,6			XI 52°14.576 17°05.051	30,0	0,3	0,6
1,0			1,3	1,0	1,3					
Pamiątkowskie	I 52°32.260 16°41.200	28,0	0,3	0,1	XII 52°14.641 17°04.942	30,0	0,3	0,1		
			1,0	0,9			1,0	0,9		
			2,0	1,8			2,0	1,8		
	II 52°32.332 16°41.280	28,0	3,0	2,3			XIII 52°14.766 17°04.993	29,5	3,0	2,3
			0,3	0,1					0,3	0,1
			1,0	0,9					1,0	0,9
			2,0	1,6			2,0	1,6		
			3,0	2,0			3,0	2,0		
			4,0	2,3			4,0	2,3		

Rusałka	I		0,3	2,1	XIV				
	52°25.674	28,0	1,0	2,5	52°14.881	30,0			
	16°52.642		1,8	2,6	17°04.990				
	II		0,3	0,6	XV				
	52°25.598	28,0	1,0	1,2	52°14.967	28,0			
	16°52.585		2,0	3,0	17°04.916				
Kórnickie	I				XVI				
	52°14.013	28,0			52°15.029	29,0			
	17°05.444				17°04.845				
	II				XVII				
	52°14.035	30,0			52°14.961	28,0			
	17°05.396				17°05.003				
	III				XVIII				
	52°14.079	30,0			52°14.794	29,0			
	17°05.319				17°05.093				
	IV				XIX				
	52°14.153	30,0			52°14.720	30,0			
	17°05.330				17°05.229				
	V				XX	29,5		0,3	0,5
	52°14.230	29,5			52°14.611	śnieg		1,0	1,7
17°05.349				17°05.208	3cm		2,0	2,1	
							3,0	2,3	
							4,0	2,3	
							5,0	2,4	
							6,0	2,8	
VI				I otwór					
25°14.284	30,0			51°59.110	30				
17°05.229				17°03.510					
VII				II otwór	29,5		0,3	0,5	
52°14.351	29,5			51°59.050	śnieg		1,0	1,5	
17°05.138				17°03.120	1,5 cm		2,0	2,7	



Ryc. 2. Zależność pomiędzy średnią grubością pokrywy lodowej a szerokością geograficzną

Fig. 2. Relationship between the average ice cover thickness and latitude

północnym, co w takim ujęciu tego zagadnienia współczynnik determinacji tłumaczy w 74%. Aby też tę moc w przyszłości odnieść do większej grupy nizinnych zbiorników wodnych, wymagane byłoby wykonanie synchronicznych pomiarów miąższości pokrywy lodowej dla większej liczby jezior, z uwzględnieniem większej liczby odwiertów, w cyklu co najmniej kilkuletnim oraz opierając się na analizie wieloczynnikowej.

Rozpatrując zróżnicowanie pokrywy lodowej w obrębie jednego akwenu, można – na podstawie Jeziora Kórnickiego – stwierdzić, iż jest ono niewielkie i wynosiło jedynie 2 cm (ryc. 3).

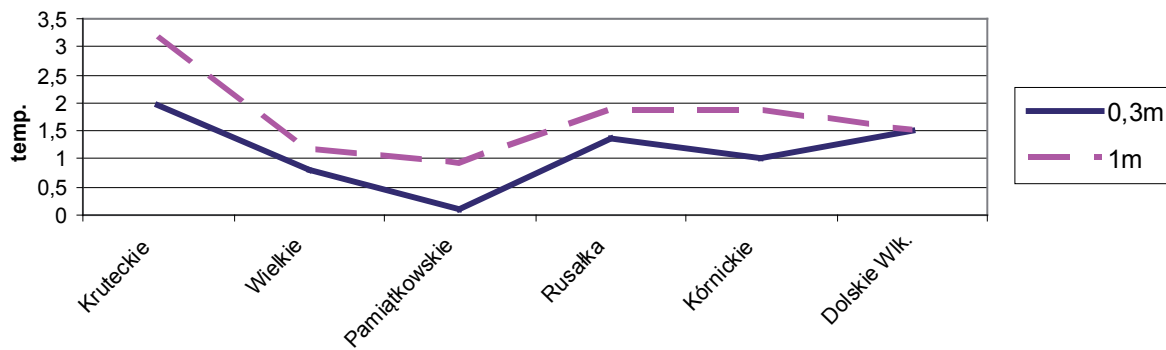
Największe miąższości pokrywy lodowej (30,0 cm) zlokalizowane są na środku dwóch basenów. Wartości najmniejsze (28,0 cm) odnotowano w strefie dopływu i odpływu rzeki Głuszynki. Przy jej dopływie w południowej części jeziora nie odnotowano pokrywy lodowej. Wyniki dotyczące temperatury analizowano jako wartości uśrednione dla danej głębokości. Dla wszystkich jezior możliwe było porównanie temperatury wody na głębokości 0,3 i 1 m pod lodem (ryc. 4).

Temperatura wody badanych jezior na głębokości 0,3 m od powierzchni cechowała się małym zróżnicowaniem i wyniosła średnio jedynie 1,85°C. Najcieńsza powłoka lodowa odnotowana na Jeziorze Wielkim nie ma odzwierciedlenia w temperaturze wody przypowierzchniowej. Wodę najcieplejszą (mogącą destruktywnie wpływać na pokrywę lodową) w tej warstwie zanotowano na Jeziorze Kruteckim, gdzie średnia grubość lodu jest większa o 1 cm w porównaniu do wyżej wymienionego akwenu.

Wyższą różnicę temperatury w stosunku do poprzedniej głębokości zanotowano na poziomie 1 m pod powierzchnią i wyniosła ona średnio 2,3°C. Wartą odnotowania jest sytuacja w Jeziorze Dolskim Wielkim, gdzie na obu głębokościach (0,3 i 1 m) ustalono temperaturę 1,5°C. Może to świadczyć o intensywnej podlodowej cyrkulacji wód w tym zbiorniku.



Ryc. 3. Zróżnicowanie pokrywy lodowej Jeziora Kórnickiego
 Fig. 3. Variation in ice cover thickness in lake Kórnickie



Ryc. 4. Przypowierzchniowa temperatura wody badanych jezior
 Fig. 4. Near-surface water temperatures in the studied lakes

WNIOSKI

W pracy skoncentrowano się na ocenie zależności grubości pokrywy lodowej od czynnika mikroskalowego, to jest warunków klimatycznych zależnych od położenia geograficznego danego jeziora. Zróżnicowanie to okazało się niewielkie. Aczkolwiek, uzyskany związek zależności pomiędzy grubością pokrywy lodowej a szerokością geograficzną był istotny statystycznie i obrazował sytuację, w której wraz z przesuwaniem się na południe wzrasta grubość pokrywy lodowej. Tezy tej (jak już podkreślano – wymagającej dokładniejszej weryfikacji, tj. uwzględnienia całego zbioru czynników indywidualnych jezior i wieloletnich obserwacji zjawisk lodowych) nie można obecnie odnieść do większego obszaru niżu. Ogólne warunki formowania się zjawisk lodowych w jeziorach mogą być modyfikowane przez ich indywidualne cechy. Na przykład miało to miejsce w Jeziorze Wielkim, gdzie odnotowano najmniejszą miąższość pokrywy lodowej spośród wszystkich badanych jezior w strefie odpływowej z tego akwenu.

Uzyskane wyniki zachęcają do dalszych tego typu badań i wymagają synchronicznych działań ośrodków naukowych z różnych części Polski w celu dysponowania tymi samymi (terminowymi) informacjami o pokrywie lodowej. Innym aspektem takiego podejścia mogłoby być skoncentrowanie prac w zakresie przestrzennego zróżnicowania pokrywy lodowej w obrębie poszczególnych akwenów w zależności od: budowy geologicznej (dopływu wód podziemnych), charakteru przepływowości jeziora (cyrkulacji podlodowej wody) czy na przykład wpływu antropopresji (dopływu zanieczyszczeń) itd.

LITERATURA

- Choiński A., 2006: *Katalog jezior Polski*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Choiński A., Gałka M., Ławniczak A.E., 2006: *Przykłady zróżnicowania grubości pokryw lodowych wybranych jezior*. Bad. Fizjogr. nad Polska Zach., Ser. Geogr. Fiz., 57, 15–20.
- Choiński A., Kolendowicz L., Pociask-Karteczka J., 2009: *Zjawiska lodowe na Morskim Oku jako wskaźnik zmian klimatu w Tatrach*. [W:] A.T. Jankowski, D. Absalon, R. Macowski, M. Ruman (red.), *Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska*. Wyd. Wydz. Nauk o Ziemi UŚ, 71–77.
- Girjatowicz J.P., 2003: *The influence of North Atlantic Oscillation on ice conditions in coastal lakes of the Southern Baltic Sea*. Ann. de Limnol., 39, 910, 71–80.
- Górniak A., Pękała M., 2001: *Zjawiska lodowe jezior północno-wschodniej Polski [Ice phenomena on lasek in North- Eastern Poland]*. Przegl. Geofiz., t. 56, z. 1–2, 91–111.
- Grześ M., 1974: *Badania nad termiką i zlodzeniem jeziora Gopło*. Dokum. Geogr., Inst. Geogr. PAN, 3, 57.
- Jańczak J., Sziwa R., 1995: *Charakterystyka morfometryczno-hydrologiczna jezior i zbiorników wodnych Poznania*. [W:] A. Kaniecki, J. Rotnicka (red.), *Wody powierzchniowe Poznania: problemy wodne obszarów miejskich*. Konf. Nauk., Poznań, 6 listopada 1995, UAM, Zakł. Hydrol. i Gospodarki Wodnej.

- Marszelewski W., Skowron R., 2006: *Ice cover as an indicator of winter air temperature changes: case study of the polish Lowland lakes*. Hydrol. Sc. Journ., 51, 920, 236–349.
- Pasławski Z., 1982: *Złodzenie jezior w Polsce*. Przegl. Geogr., 27(1–2), 79–92.
- Skowron R., 2003: *Ice sheet in the lasek of the Polish Lowland. Distribution, differences and trends*. Limnol. Rev., 3, 205–212.
- Skowron R., 2011: *Zróżnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego wody w jeziorach na Niżu Polskim*. Wyd. Nauk. UMK, Toruń.
- Woś A., 2010: *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.

VARIATION IN ICE COVER THICKNESS AMONG SELECTED LAKES OF WIELKOPOLSKA

Summary

Among ice phenomena in lakes it is the ice cover which has the strongest influence on their functioning, since it can isolate the water mass from external conditions for even several months. In shallow water bodies such a situation often leads to oxygen depletion which brings catastrophic consequences for living organisms. The course of time in the appearance and disappearance of ice cover, as well as its thickness, generally depend on climatic conditions. In Poland, the duration and thickness of ice cover increases towards the east due to the higher occurrence of sub-zero air temperatures. The effects of macro-scale (climatic) conditions can be modified by the morphometric features of lakes and anthropopression, which results in the variation of the duration of ice phenomena as well as of ice cover thickness, even in the case of neighbouring lakes. This study is an attempt at answering the question whether variability of ice cover thickness can be also observed along a north-south axis and – if so – what is the scale of such variation? The selection of lakes was random, and water bodies of different origin, morphometric features, location, surrounding areas and so on were chosen for this investigation. The study included six lakes located in the Wielkopolsko-Kujawskie Lake District. The ice cover thickness and water temperature at different depths were measured in each water body. Comparison of measurement results revealed that the variation in ice cover thickness was low and amounted to only 4 cm. Another observation was that the thickness increased towards the south. However, this needs to be confirmed by a long-term study covering a larger area of the lowlands.