

ZMIANY POWIERZCHNI I BATYMETRII WYBRANYCH JEZIOR POJEZIERZA POMORSKIEGO

Mariusz Ptak

Changes in the area and bathymetry of selected lakes of the Pomeranian Lake District

Abstract: The work presents bathymetric changes and changes of area of 67 lakes located within the Pomeranian Lake District in northern Poland. On the basis of bathymetric plans and topographic maps, an analysis was carried out focused on changes in bathymetry and area lakes within a period of over 60 years. The total area of the first group of lakes diminished by 5.4% and the volume of lake basins – by 13.1%. The fact that the change in volume is higher than the change in area, which was observed, clearly demonstrates that the decline of natural water reservoirs is caused not only by the shrinking coastline, but also by the phenomenon of shallowing of lake basins. The decrease in the volume of lake basins also negatively affects the lakes' natural resistance to degradation. Moreover, the changes in the total area of all lakes throughout the 20th century were also analyzed and it was found that the total area diminished by 8.0%.

Key words: bathymetry, lake disappearance, water resources

Zarys treści: Przedstawiono zmiany batymetrii i powierzchni dla 67 jezior Pojezierza Pomorskiego w północnej Polsce. Na podstawie planów batymetrycznych i map topograficznych dokonano analizy zmian batymetrii w okresie ponad 60 lat (1900–1960) i powierzchni okresie ponad 100 lat (1900–2000). W pierwszym przedziale czasowym powierzchnia jezior zmniejszyła się o 5,4%, a objętość mis jeziornych o 13,1%. Wyższa wartość zmiany objętości mis jeziornych w stosunku do zmniejszenia ich powierzchni obrazuje sytuację, z której wynika, że za proces zaniku naturalnych zbiorników wodnych odpowiedzialne są równoległe procesy związane z wypłycaniem mis jeziornych, a nie tylko z kurczeniem się linii brzegowej. Zmniejszenie objętości niecek jeziornych wpływa również niekorzystnie na naturalną odporność jezior na

degradację. Analiza zmiany powierzchni jezior w ciągu całego XX w. pokazuje, że nastąpiło jej zmniejszenie o 8,0%.

Słowa kluczowe: batymetria, zanik jezior, zasoby wodne

Wprowadzenie

Jeziora polodowcowe od początku swojego powstania podlegają ciągłej ewolucji, której ostatecznym rezultatem jest ich zanik. Tempo tych procesów jest różne i zależy zasadniczo od cech morfometrycznych jeziora, wielkości i charakteru użytkowania zlewni, warunków klimatycznych itd. Proces zaniku jezior – w skrajnych przypadkach „spłynięcie” wody z niecki jeziornej – może nastąpić wskutek wypełniania misy jeziornej osadami oraz oscylacji poziomu wody. Perspektywiczny czas dalszego istnienia jezior w Polsce ustalony przez Choińskiego (1995) w większości przypadków waha się od kilkuset do 2 tysięcy lat. Po tym okresie może się okazać, że wydzielone na obszarze ostatniego zlodowacenia regiony pojezierzy z jeziorami będzie łączyła jedynie nazwa. Są to dane uzyskane jedynie na podstawie analizy zmian powierzchni. Przy obecnym tempie procesu wypłykania niektóre jeziora mogą zaniknąć już po kilkudziesięciu lub kilkuset latach (Choiński 2007). W świetle tych danych ważne jest posiadanie informacji na temat ewolucji poszczególnych akwenów, spełniających wiele ważnych funkcji zarówno w środowisku naturalnym (obieg wody, mikroklimat, bioróżnorodność itd.), jak i w życiu człowieka (nawodnienia rolnicze, przemysł, rekreacja itd.).

Tempo ewolucji jezior oraz jej tendencję można przedstawić w sposób wymierny przez porównanie zmienności dwóch parametrów – powierzchni jeziora oraz pojemności jego misy. I choć najczęściej zanik jezior utożsamiany jest ze zmianą powierzchni (np. Galon 1954; Kalinowska 1961; Marszelewski, Adamczyk 2004; Konatowska, Rutkowski 2008; Gradke 2009; Czaja, Jańczak 2010) to wpływ na to zjawisko ma również proces niewidoczny, a więc wypłykanie jezior. Jego tempo może być znacznie wyższe niż kurczenie się linii brzegowej akwenów (Choiński, Ptak 2009; Ławniczak i in. 2011; Ptak, Ławniczak 2011). Celem pracy jest przedstawienia skali i tendencji zmian powierzchni i objętości mis jeziornych, które są składowymi ewolucji jezior, prowadząc najczęściej do ich zaniku.

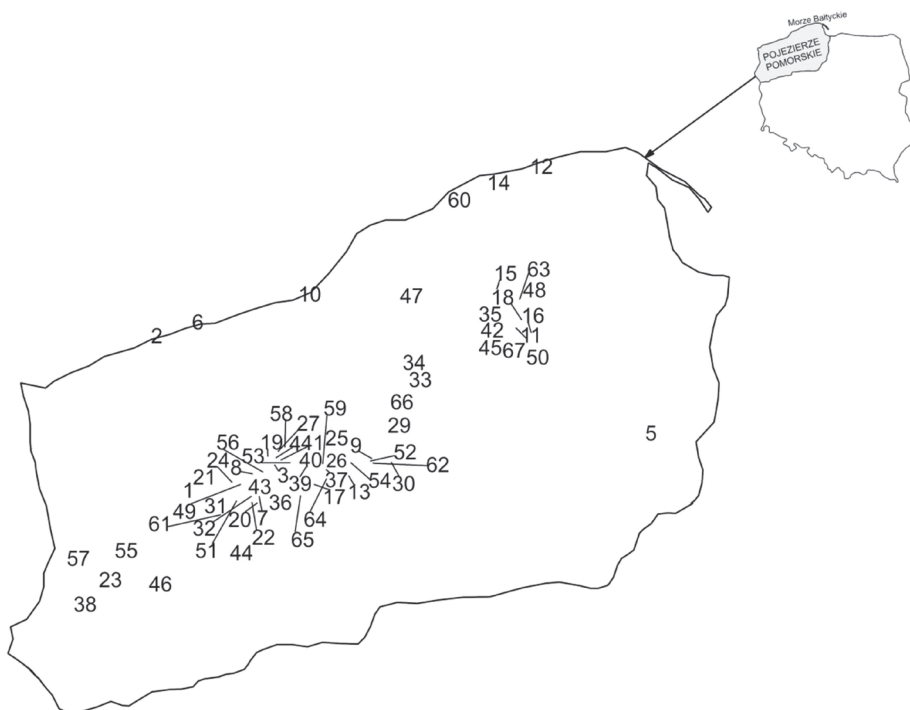
Materiały i metody

W pracy dokonano analizy zmian pojemności mis jeziornych w okresie od końca XIX w. do lat 60. XX w. (67 jezior) oraz porównano powierzchnie tychże akwenów w okresie od końca XIX do początku XXI w. Wszystkie jeziora są zlokalizowane na

Pojezierzu Pomorskim (ryc.1). Główne formy terenu ukształtowały się tam przed kilkunastu tysiącami lat podczas recesji ostatniego zlodowadzenia u schyłków faz poznańskiej i w pomorskiej (Kondracki 2000). Wszystkie akweny są genetycznie związane z działalnością erozyjną i akumulacyjną lądolodu bałtyckiego. Według podziału hydrograficznego (Czarnecka 2005) należą one do dorzeczy dwóch głównych rzek Polski, Wisły i Odry, a także do zlewni przymorskich.

Przedstawiony problem badawczy zrealizowano dwuetapowo: (1) w odniesieniu do zmian pojemności mis jeziornych na podstawie analizy planów batymetrycznych, oraz (2) w odniesieniu do powierzchni na podstawie materiałów kartograficznych.

Znajomość topografii dna jeziora jest informacją ważną dla oceny zasobów wodnych zgromadzonych w danej misie. Pracochłonność wykonywania planów batymetrycznych spowodowała jednak, że obecnie jest bardzo mało materiałów zawierających takie informacje z dwóch okresów dla jednego akwenu. Jednym z nielicznych opracowań obejmujących ponad kilkadziesiąt planów batymetrycznych



Ryc.1. Lokalizacja obszaru badań – numeracja jezior zgodna z tabelą 1

Fig.1. Research area location – numbering in conformity with Table 1

wraz z określoną objętością jezior jest praca Halbfassa (1901) dotycząca jezior Pojezierza Pomorskiego. Zawarte w niej informacje posłużyły jako materiał wyjściowy do analizy zmian objętości jezior. Dla wybranych jezior możliwe było przeprowadzenie obliczeń objętości metodą Pecka na podstawie planów batymetrycznych zawartych na pruskich mapach geologicznych z przełomu XIX i XX w. (*Geologische Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten*). Mapy te były wydawane już w XIX w., jak np. arkusz Kasimirshof, aktualny dla 1893 r., na którym znajduje się Jezioro Studnica (jeden z akwenów, dla którego dokonano weryfikacji w stosunku do informacji Halbfassa). Po dokonaniu georeferencji tych map (w programie MapInfo 6.0) obliczono powierzchnie ograniczone poszczególnymi izobatami, a następnie w programie Microsoft Excel ustalono objętość mis jeziornych. Przeprowadzona w ten sposób weryfikacja przyjętego źródła wykazała zgodność wyników. Dane zestawione w opracowaniu Halbfassa porównano z pomiarami batymetrii wykonanymi przez Instytut Rybactwa Śródlądowego (IRŚ) w Olsztynie na przełomie lat 50. i 60. XX w. (Choiński 2006). Łącznie dane z obu okresów dotyczyły 67 jezior. Całkowita liczba jezior ujętych w opracowaniu była więc uzależniona od informacji zawartych w tych dwóch źródłach. Sondowania w obu przypadkach były wykonane w okresie zimowym i w zależności od wielkości jeziora wykonano od kilku do kilkunastu odwiertów w lodzie na hektar (dane dla IRŚ były zbierane przez pracowników Państwowych Gospodarstw Rybackich). Przyjęcie jako 100% objętości mis jeziornych z końca XIX w. pozwoliło ocenić zmianę tego parametru odpowiednio w okresie ok. 60 lat (do 1960 r.) dla 67 jezior. Dla oceny wypłykania mis jeziornych analiza planów batymetrycznych, ze względu na koszty i pracochłonność, jest bardziej racjonalna niż metody oparte na poborze rdzeni. Szczególnie jeśli pod uwagę weźmiemy zestawienie takich danych dla dużej liczby jezior. Jednocześnie należy podkreślić, że dzięki datowaniu osadów uzyskanych z wierceń istnieje możliwość bardziej precyzyjnego określenia wielkości akumulacji, wyżej przedstawione argumenty mogą jednak stanowić barierę w jego stosowaniu. Z kolei przedstawiony sposób analizy doskonale prezentuje interesujące nas zagadnienie, czyli zmianę pojemności mis jeziornych, pozwalając ocenić jej tendencję i tempo.

Drugim etapem pracy było określenie zmian powierzchni badanych jezior. Tutaj jako źródło informacji posłużyły dane z czterech okresów: koniec XIX w. (Halbfass 1901), przełom lat 50. i 60. XX w. (IRŚ), połowa lat 70. XX w. (Choiński 2006) oraz początek XXI w. (mapy topograficzne w skali 1: 50000). Pomiary powierzchni na mapach z początku XXI w. wykonano w programie MapInfo 6.0. Zestawione dane pozwoliły na ich analizę w stuletnim przedziale czasowym. Jako 100% powierzchni jezior przyjęto stan z końca XIX w.

Wyniki

Dane dotyczące zmian powierzchni i zasobów wodnych zestawiono w tabeli 1.

Na tej podstawie możliwe było określenie interesujących nas zagadnień, tj. kierunku i tempa ewolucji naturalnych zbiorników wodnych.

Sumując powierzchnię dla wszystkich jezior ujętych w tab. 1 dla okresu wyjściowego, uzyskano powierzchnię 31 744,5 ha. Zestawiając powierzchnię tych samych jezior w drugim przekroju czasowym, uzyskano wartość 30 606,8 ha, co oznacza, że w okresie ponad 60 lat (do 1960 r.) nastąpiło zmniejszenie areалу o 5,4%. Każdego zatem roku powierzchnia stawała się średnio mniejsza o 0,09%. Zmniejszeniem swojej powierzchni charakteryzowały się 53 jeziora, wśród nich najbardziej Jezioro Dołgie (-38,1%). Wzrost powierzchni odnotowano z kolei dla 14 jezior – największy dla Jeziora Rekowskiego (+51,8%). W czterech przypadkach miało to związek z podniesieniem poziomu zwierciadła wody, w pozostałych decydowały inne przyczyny – prawdopodobnie związane ze zmniejszeniem pasa roślinności przybrzeżnej.

Powierzchnia jezior zmalała w okresie ponad stu lat, tj. od końca XIX do początku XXI w., o 29 228,0 ha, i była mniejsza w stosunku do danych wyjściowych o 7,9%. Oznacza to, że uśrednione tempo zaniku analizowanych jezior w XX w. wynosiło blisko 0,08% na rok. Najbardziej podatne na zanik są jeziora najmniejsze, płytkie, w których cała masa wodna uczestniczy w większości procesów energetycznych (Lange 1993). Dlatego przeanalizowano zanik jezior ze względu na ich wielkość. Największy zanik powierzchni lustra wody nastąpił w jeziorach z klasy wielkości 5–50 ha (-13,4%), a najniższy w jeziorach największych o powierzchni 1000 ha i więcej (-5,6%). Jeziora o klasie wielkości 50–100 ha, 100–500 ha oraz 500–1000 ha cechowały się takim samym odsetkiem zaniku powierzchni i wynosił on odpowiednio -12,0%, -12,0% oraz -12,1%.

Całkowita objętość zasobów wodnych była równa 2189,9 mln m³. Łączna objętość mis jeziornych zestawionych przez IRŚ wynosiła 1904,3 mln m³, co oznacza, że w okresie ponad 60 lat (do 1960 r.) nastąpiło zmniejszenie tej wielkości o 13,1%. Uśredniając tę wartość, można ocenić, że każdego roku zmniejszenie zasobów wodnych wynosiło 0,22%. Zmniejszeniem objętości swoich mis charakteryzowały się aż 57 jezior (tj. 85% wszystkich rozpatrywanych), dla jednego akwenu (1,5% wszystkich jezior) objętość misy nie zmieniła się, a wzrost objętości odnotowano dla 9 jezior (12% wszystkich). Największe zmniejszenie objętości odnotowano dla jezior: Chociwel (-53,1%) i Liwia Łuża (-52,5%). Największy wzrost objętości mis nastąpił z kolei w jeziorach: Rekowskie (+114,3%) i Studnica (+34,4%). Trudno jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie o przyczyny takiego stanu. Ustalenie, co wpłynęło na zwiększenie zasobów wodnych, jest szczególnie skomplikowane w przypadku czterech jezior, w których mimo zmniejszenia wysokości zwierciadła wody nastąpił wzrost objętości. Przymuszczalnie fakt ten można wiązać z odpływem

Tab. 1. Dane morfometryczne analizowanych jezior w latach 1900–2000
 Table 1. Morphometric data for analyzed lakes from the years 1900–2000

Lp	Jezioro	Objętość [mln m ³]		Powierzchnia [ha]					Zwierciadło wody [m n.p.m.]		Zmiana objętości [%]		Zmiana powierzchni [%]	
		1900	1960	1900	1960	1975	2000	1900	1960	1900/1960	1900/2000	1900/1960	1900/2000	
1	Chociwel	3,2	1,5	68	59,2	63,5	55,8	68	68	-53,1	-12,9	-17,9		
2	Liwia Luża	4	1,9	250	211	171,5	171,9	0,2	0,2	-52,5	-15,6	-31,2		
3	Dotgie	3,4	2	97	60	66,0	61,2	120	120	-41,2	-38,1	-36,9		
4	Niecino	1,8	1,1	42	35,8	35,0	34,4	131	130,4	-38,9	-14,8	-18,1		
5	Trzebiechowo	5	3,1	100	89,2	82,5	77,6	139	137,5	-38,0	-10,8	-22,4		
6	Resko Przymorskie	12	7,7	620	577	559,0	552,7	0,3	0,3	-35,8	-6,9	-10,9		
7	Wiłże	2,9	1,9	40	28,1	27,5	29,1	97	96	-34,5	-29,8	-27,3		
8	Male Dotgie	5,4	3,7	80	54,7	51,5	51,2	106	106,5	-31,5	-31,6	-36,0		
9	Ciemno	20,5	14,3	264	242	222,5	227,8	143	142	-30,2	-8,3	-13,7		
10	Jamno	45	31,5	2290	2240	2231	2201	0,1	0,1	-30,0	-2,2	-3,9		
11	Mądrzechowskie	1,7	1,2	56	52,4	52,5	47,6	124	123,4	-29,4	-6,4	-15,0		
12	Sarbsko	11	8	677	652	614	607,1	0,5	0,5	-27,3	-3,7	-10,3		
13	Nobliny	12,7	9,3	152	153	149,0	146,8	136	135,8	-26,8	0,7	-3,4		
14	Łębsko	160	117,5	7530	7140	7020	6998	0,3	0,3	-26,6	-5,2	-7,1		
15	Głębokie	16,6	12,3	113	108	96	97,0	92	91,2	-25,9	-4,4	-14,2		
16	Czarne Dąbrówno	6,6	4,9	42	40,4	43,5	40,1	160	160,1	-25,8	-3,8	-4,5		
17	Kaleńskie	16,4	12,2	113	106	104,0	110,0	140	140	-25,6	-6,2	-2,7		

Lp	Jezioro	Objętość [mln m ³]		Powierzchnia [ha]				Zwierciadło wody [m n.p.m.]		Zmiana objętości [%]	Zmiana powierzchni [%]	
		1900	1960	1900	1960	1975	2000	1900	1960		1900/1960	1900/2000
18	Głęboczko	3,2	2,4	23	22	20,5	19,8	156	165,7	-25,0	-4,3	-13,9
19	Przytonko	11,2	8,4	120	110	111,0	106,1	122	121,7	-25,0	-8,3	-11,6
20	Jelenie	4,4	3,3	66	60	60,0	58,2	99	98,1	-25,0	-9,1	-11,8
21	Woświn	101	75,8	832	810	767,5	720,5	79	78,9	-25,0	-2,6	-13,4
22	Bucierz Duży	20,8	15,9	154	150	146,0	145,7	98	98,5	-23,6	-2,6	-5,4
23	Dłużec	6,7	5,2	125	85,2	70,0	69,8	45	46,8	-22,4	-31,8	-44,2
24	Przytonskie	6,3	5	69	65,8	66,0	66,0	86	85,9	-20,6	-4,6	-4,3
25	Dębno	3,4	2,7	77	68	62,5	61,9	141	140,9	-20,6	-11,7	-19,6
26	Komorze	62	49,3	492	417	386,0	386,7	135	131,1	-20,5	-15,2	-21,4
27	Kłęckie	6	4,8	105	86,6	89,0	89,0	129	129	-20,0	-17,5	-15,2
28	Dębno	3	2,4	62	61,1	61,0	60,2	114	114,7	-20,0	-1,5	-2,9
29	Wielimie	50	40,1	1830	1755	1637	1634	133	132,7	-19,8	-4,1	-10,7
30	Rymierowo	6,6	5,3	90	94,7	85,0	84,1	142	141,3	-19,7	5,2	-6,6
31	Irńsko	80	65,1	596	589	529,0	522,9	122	122	-18,6	-1,2	-12,3
32	Czaple Duże	8,2	6,7	104	103	56,0	97,4	97	97,4	-18,3	-1,0	-6,3
33	Cieszęcino	16,6	13,7	115	102	106,0	104,3	156	154,2	-17,5	-11,3	-9,3
34	Bobięcińskie Wielkie	59,2	48,9	535	525	487,5	486,0	177	176,4	-17,4	-1,9	-9,2
35	Duże Jezioro	0,6	0,5	48	45,1	40,0	35,2	110	109,6	-16,7	-6,0	-26,7
36	Lubie	203	169,8	1485	1439	1487	1419	96	95	-16,4	-3,1	-4,4
37	Dotęgie Wielkie	2,6	2,2	44	44,4	38,5	37,4	138	136,7	-15,4	0,9	-15,0

Lp	Jezioro	Objętość [mln m ³]		Powierzchnia [ha]				Zwierciadło wody [m n.p.m.]		Zmiana objętości [%]		Zmiana powierzchni [%]	
		1900	1960	1900	1960	1975	2000	1900	1960	1900/1960	1960/2000	1900/1960	1900/2000
38	Długie	17	14,4	350	343	355,5	347,0	47	47,3	-15,3	-2,0	-2,0	-0,9
39	Witczkowo	27,5	23,3	304	300	290,0	279,1	123	123	-15,3	-1,3	-1,3	-8,2
40	Krosino	14,8	12,7	190	177	175,0	177,0	123	123	-14,2	-6,8	-6,8	-6,8
41	Ostrowiec	1,5	1,3	107	75,1	69,0	67,0	120	120,1	-13,3	-29,8	-29,8	-37,4
42	Chołkowskie	3,4	3	57	56,7	52,5	53,0	122	122,5	-11,8	-0,5	-0,5	-7,0
43	Okra	4,3	3,8	52	50,5	50,0	45,1	103	103,2	-11,6	-2,9	-2,9	-13,3
44	Mąkowskie	26	23,1	178	171	163,5	160,1	80	79,6	-11,2	-3,9	-3,9	-10,1
45	Duża Boruja	3,7	3,3	62	65,1	66,0	62,8	162	162,6	-10,8	5,0	5,0	1,3
46	Płoń	25	22,3	830	791	738,5	725,1	17	16,8	-10,8	-4,7	-4,7	-12,6
47	Łętowskie	37	33,1	400	402	402,5	393,1	37	37,2	-10,5	0,5	0,5	-1,7
48	Jasień	53,6	48	587	577	575,0	561,4	113	112,6	-10,4	-1,7	-1,7	-4,4
49	Brzeźno	2	1,8	102	92,5	87,5	81,2	74	73,7	-10,0	-9,3	-9,3	-20,4
50	Somińskie	12,4	11,3	462	433	422,5	430,6	144	144	-8,9	-6,3	-6,3	-6,8
51	Ostrowiec	2,6	2,4	88	74,1	79,0	76,9	101	101,3	-7,7	-15,8	-15,8	-12,6
52	Łączno	1,4	1,3	49	44,9	45,0	42,9	140	138,5	-7,1	-8,4	-8,4	-12,4
53	Siecino	111,4	104,4	776	730	740,0	712,5	129	129	-6,3	-5,9	-5,9	-8,2
54	Brody	6,5	6,1	72	66,6	67,5	65,7	130	130,2	-6,2	-7,5	-7,5	-8,8
55	Miedwie	726	681,6	3600	3527	3491	3458	14	14,1	-6,1	-2,0	-2,0	-3,9
56	Zarańskie	13	12,7	188	174	149,5	154,8	115	115	-2,3	-7,4	-7,4	-17,7
57	Wertyńskie	14	13,9	370	310	277,5	269,7	27	26,6	-0,7	-16,2	-16,2	-27,1
58	Resko	1,3	1,3	54	50,7	52,5	50,9	146	145,4	0,0	-6,1	-6,1	-5,7

Lp	Jezioro	Objętość [mln m ³]		Powierzchnia [ha]				Zwierciadło wody [m n.p.m.]		Zmiana objętości [%]		Zmian powierzchni [%]	
		1900	1960	1900	1960	1975	2000	1900	1960	1900/1960	1900/2000	1900/1960	1900/2000
59	Żerdno	29,5	31,2	192	205	206,5	199,2	128	128,5	5,8	3,8	6,8	3,8
60	Gardno	28	30,9	2300	2468	2337	2260	0,3	0,3	10,4	-1,7	7,3	-1,7
61	Wisła	9,4	10,6	160	182	156	158,1	112	112,2	12,8	-1,2	13,8	-1,2
62	Śnadowo	6,5	7,4	127	130	122,0	117,4	140	140	13,8	-7,6	2,4	-7,6
63	Skotawskie Duże	2,8	3,2	77	80	68,5	62,3	109	108,8	14,3	-19,1	3,9	-19,1
64	Czaplino	11	13,3	98	108	106,0	100,5	133	133	20,9	2,6	10,2	2,6
65	Wąsosze	8,5	11,3	308	326	361,0	305,9	125	124,1	32,9	-0,7	5,8	-0,7
66	Studnica	6,1	8,2	90	102	96,0	89,5	141	139,6	34,4	-0,6	13,3	-0,6
67	Rekowskie	0,7	1,5	8,5	12,9	10,0	7,7	164	163,9	114,3	-9,4	51,8	-9,4

Opracowano na podstawie: Halbfass 1901, danych IRŚ, Choiński 2006, nowych map topograficznych 1 :50 000.
 Elaborated on the base: Halbfass 1901, IRŚ data, Choiński 2006, new topographical maps 1 :50 000.

półpłynnych osadów lub zmniejszeniem powierzchni zajętych przez makrofity. Uwzględniając wielkość jezior, przeważający odsetek stanowiło zmniejszenie objętości, a wzrost tego parametru odnotowano w czterech klasach wielkości jezior: 0–50 ha (zwiększenie objętości dla 12,5% jezior), 50–100 ha (16,6%), 100–500 ha (14,8%), 500–1000 (0%) oraz powyżej 1000 ha (16,6%).

Pochodną zmiany objętości niecek jeziornych jest zmiana innych parametrów, m.in. głębokości średniej, ważnej w kontekście odporności na zanieczyszczenia. Dla wszystkich analizowanych jezior głębokość średnia uległa zmniejszeniu o 0,6 m wynosząc w pierwszym przekroju czasowym 7,1 m, a na początku lat 60. XX w. wartość ta była równa 6,5 m. Oznacza to, że średnie tempo wypłykania wynosiło ok. $1\text{cm}\cdot\text{rok}^{-1}$. Najmniej stabilne pod względem zmniejszania powierzchni i objętości były jeziora z klasy 0–5 m głębokości średniej. Na 26 takich akwenów zmniejszenie powyższych wartości odnotowano aż w 23 przypadkach.

Dyskusja i wnioski

Przedstawione w opracowaniu dane dotyczące powierzchni i objętości mis jeziornych, na przykładzie 67 zbiorników Pojezierza Pomorskiego, pokazują jednoznacznie, że na drodze ewolucji podlegają one szybkiemu procesowi zaniku. Dotyczy to należących do wszystkich typów genetycznych jezior, a co za tym idzie różniących się zarówno wielkością, jak i innymi parametrami (np. głębokość średnia). Odnotowane przypadki wzrostu powierzchni i objętości jezior należy traktować jako jednostkowe, niedecydujące o tendencji tego zjawiska dla szerszej analizowanej grupy.

Za powyższymi przemianami stoją dwa czynniki, tj. warunki naturalne oraz działalność człowieka. Warunki naturalne decydujące o bilansie wodnym tego regionu można ocenić jako dobre (Stachy 1987). Dla większości Pojezierza Pomorskiego bilans pionowego krążenia wody jest dodatni – opad przewyższa wartość parowania z powierzchni wody. Negatywnie natomiast w kontekście zaniku jezior należy ocenić wzrost aktywności człowieka od XIX w. Osuszanie terenów i regulacja rzek, powodujące obniżanie poziomu wód, oraz intensyfikacja rolnictwa to główne przyczyny szybkiego zaniku jezior (Choiński i in. 2011).

Wyłesienia oraz prace melioracyjne doprowadziły do zmniejszenia powierzchni lub całkowitego zaniku wielu jezior na terenie Polski (Churski 1983; Kaniecki 1997; Marszelewski i in. 2011; Choiński i in. 2012). Skutki takiej działalności można odnaleźć w wielu rejonach świata (Lemma 2003; Peng i in. 2005; Bakoariniaina i in. 2006; Liu i in. 2006; Micklin 2010; Du i in. 2011; Gao i in. 2011). Na Pojezierzu Pomorskim prace melioracyjne były intensywnie prowadzone przez Niemców co najmniej od końca XIX w. Ekstremalnym objawem tych działań może być chociażby zanik Jeziora Jelenino (495,2 ha) w ciągu 100 lat (Ptak i in. 2013). Na podstawie

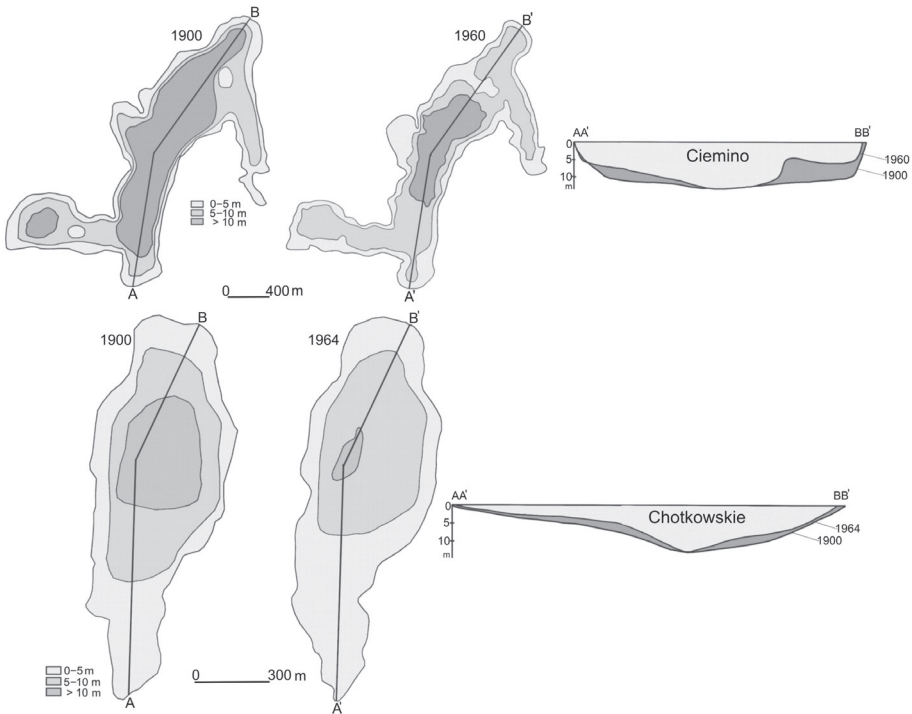
kolejnych wydań *Rocznika Statystycznego* (1959–1974) ustalono wielkość obszarów zmeliorowanych w latach 1959–1974 dla województwa szczecińskiego i koszalińskiego. Wielokrotność reform administracyjnych w Polsce nie pozwoliła na analizę dłuższego okresu oraz uwzględnienie większego obszaru, ale dane dla powyższych województw (znajdujących się w całości na terenie Pojezierza Pomorskiego) pozwalają określić wielkość prac osuszających. W obu przypadkach powierzchnia terenów zmeliorowanych wzrosła o ponad 200 000 ha. Skala tych przemian jest duża i decyduje o szybszym odprowadzaniu wody ze zlewni, obniżeniu wód gruntowych, a w dalszej konsekwencji wpływa na zwierciadło wód jeziornych. Odnotowano to m.in. w Jeziorze Trzebiechowo, gdzie w okresie ok. 60 lat nastąpiło obniżenie zwierciadła wody o 1,5 m.

Przyspieszenie eutrofizacji jest następstwem prac rolniczych, a także przemysłowych, co powoduje intensywny wzrost glonów i roślinności wodnej (Aten, Easson 2005). Wskutek nadmiernego nawożenia nadwyżka związków azotu i fosforu jest wymywana z gleby i trafia, poprzez spływ powierzchniowy i podziemny, m.in. do wód jeziornych. Wartość wzrostu dostawy fosforu i azotu wypłukiwanych do wód oszacował Lossow (1995); wynosi ona odpowiednio od 1% do 5% oraz od 10% do 20%. Jeziora mogą być ponadto obciążone wewnętrznymi ładunkami fosforu, znajdującymi się na dnie (Kowalczywska-Madura i in. 2010abc). Badacze (Qin i in. 2006) podkreślają znaczącą rolę wiatru i wywołanego przez niego falowania, które uwalnia powyższe związki zdeponowane w osadach. Wysoka dostawa substancji biogennych wpływa na spadek jakości wody, a co ważne w kontekście ewolucji jezior – także na przyspieszenie zarastania płytszych części zbiorników (strefy litoralnej) oraz wzrost tempa sedimentacji obumarłych roślin.

Podobnie jak w przypadku terenów zmeliorowanych określono na podstawie danych zawartych w kolejnych wydaniach *Rocznika...* (1959–1974) wielkość nawożenia pól w latach 1959–1974 dla województw szczecińskiego i koszalińskiego. Dla pierwszego z nich nastąpiło zwiększenie nawożenia nawozami azotanowymi z $15,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $72,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla drugiego także odnotowano intensyfikację nawożenia tymi nawozami z $13,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $65,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W przypadku nawozów fosforowych zwiększono nawożenie nimi w województwie szczecińskim z $9,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $53,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w województwie koszalińskim z $8,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $49,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Dla wybranych jezior zmiany batymetrii zobrazowano na ryc. 2, a znaczne ubytki powierzchni – na ryc. 3.

W obu przypadkach widoczne są przesunięcia izobat do środka zbiorników. Szczególnie interesująca sytuacja nastąpiła w północno-zachodniej części Jeziora Ciemino, przy ogólnym odsunięciu wszystkich izobat od brzegów akwenu. Znaczne wypłylenie należy wiązać z rozbudową sieci melioracyjnej nad jego brzegami. Wskutek postępującego przesuszenia dotychczasowych terenów podmokłych nastąpiło zwiększenie podatności gleb na erozję i akumulacja erodowanego materiału w misie jeziornej.



Ryc. 2. Przykłady zmian batymetrii

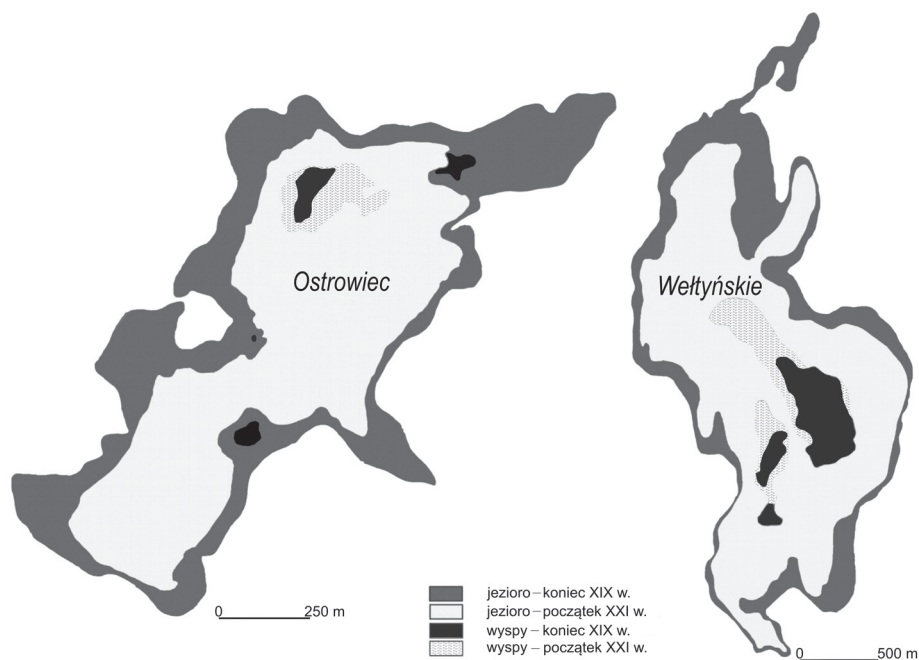
Fig. 2. Examples of bathymetric changes

Opracowano na podstawie: Halbfass 1901, danych IRŚ, Choiński 2006, nowych map topograficznych 1 :50 000.

Elaborated on the base: Halbfass 1901, IRŚ data, Choiński 2006, new topographical maps 1 :50 000.

W Jeziorze Chotkowskim największe przesunięcie izobaty o wartości 5 m nastąpiło w południowej części zbiornika, gdzie dopływają cieki odwadniające użytki zielone. W porównaniu z poprzednim przykładem wypłylenie przyjmuje charakter bardziej powierzchniowy (w Jeziorze Ciemino „odsunięcie” izobaty było miejscowe). Świadczyć to może o deponowaniu substancji biogennych, docierających do jeziora z nawożonych terenów rolniczych i o szybkim przyroście biomasy w tej części zbiornika.

Przedstawione przykłady znacznych ubytków powierzchni jezior są wynikiem niekorzystnej (bo sprzyjającej rozrostowi makrofitów) morfometrii misy jeziornej oraz obniżenia zwierciadła wody na skutek prac melioracyjnych.



Rys.3. Przykłady zmian powierzchni jezior

Fig.3. Examples of lake area changes

Opracowano na podstawie: Halbfass 1901, danych IRŚ, Choiński 2006, nowych map topograficznych 1 :50 000.

Elaborated on the base: Halbfass 1901, IRŚ data, Choiński 2006, new topographical maps 1 :50 000.

W wyniku takich działań nastąpiło obniżenie poziomu wody o 0,8 m w Jeziorze Ostrowiec oraz o 1,0 m w Jeziorze Wełtyńskim. Prace hydrotechniczne w rejonie tego ostatniego spowodowały m.in. całkowite osuszenie jezior w pobliżu Mieleńka Gryfińskiego (*Kl. Mollener See*). Nowo powstałe grunty zostały zajęte przez użytki zielone.

Wypełnianie mis jeziornych osadami z jednoczesnymi zmianami powierzchni nie tylko prowadzi do ubożenia zasobów wodnych, lecz także wpływa negatywnie na ich jakość. Jednym z parametrów uwzględnianym przy ocenie podatności jezior na degradację jest współczynnik Schindlera, wyrażony stosunkiem powierzchni zlewni jeziora do jego objętości. Odnotowane zmniejszenie objętości wód jeziornych mogących rozcieńczyć ewentualne zanieczyszczenia dopływające z obszaru zlewni wpływa negatywnie na naturalną odporność tych akwenów na degradację. Dobrym wskaźnikiem przemian mis jeziornych jest głębokość średnia jeziora. Jej obniżenie

powoduje spadek odporności jezior na zanieczyszczenia. W trzech przypadkach (jeziora: Trzebiechowo, Woświn i Bobięcińskie Wielkie) nastąpił spadek o jedną klasę kategorii podatności na degradację.

Działania mogące poprawiać stan czystości wód jeziornych (a konsekwencji spowolnić tempo ewolucji jezior) są trudne do realizacji. Należałoby bowiem zmniejszyć skalę aktywności człowieka w zlewni oraz wyeliminować związki zagrażające jakości wody zdeponowane w osadach. Wydaje się to więc niemożliwe, tym bardziej że brzegi jezior od zawsze były i są dla człowieka bardzo atrakcyjne z wielu względów (Ostendorp i in. 2004, Schmieder 2004). Działania rekultywacyjne dotyczą więc tylko pojedynczych przypadków.

Uzyskane wyniki dla grupy 67 jezior pokazują ważną rolę procesów związanych w wypłycaaniem mis jeziornych na ich zanik – traktowany jako ubożenie zasobów wodnych. Szczególnie dobrze obrazują to przykłady kilku jezior (Nobliny, Rymierowo, Dołgie Wielkie, Duża Boruja oraz Łętowskie), w których pomimo zwiększenia ich arealu nastąpiło zmniejszenie ich zasobów wodnych. Interesujący przypadek stanowi Jezioro Resko, gdzie odnotowano spadek i wzrost powierzchni przy jednocześnie niezmienną objętości. Można przypuszczać, że odpowiedzialne za to są procesy związane z obniżeniem bazy erozyjnej jeziora przy jednoczesnym odpływie pólplłynnych osadów.

Wartość zmniejszenia powierzchni jezior potwierdza wyniki uzyskane dla innych analiz tego typu (prowadzonych dla grupy co najmniej kilkudziesięciu akwenów w różnych przedziałach czasowych itd.). Co prawda notowany jest w ostatnich latach wzrost powierzchni jezior, zarówno większych (w wyniku podpiętrzania), jak i mniejszych (związany głównie z realizacją programu małej retencji). Ogólna tendencja jest jednak spadkowa. Wielkość zmniejszenia zasobów wodnych dla wszystkich analizowanych jezior wynosi kilkanaście procent, co jest zbieżne z rezultatami odnotowanymi we wcześniejszych opracowaniach dla mniejszej grupy jezior. Zaprezentowane wyniki pokazują jednoznacznie, że analizy dotyczące ewolucji naturalnych zbiorników wodnych powinny się skupiać na wertykalnej składowej procesy zaniku, co z uwagi na mały zbiór materiałów porównawczych (plany batymetryczne) jest rzadkością.

Literatura

- Aten M.L., Easson G., 2005, *Lake eutrophication change detection for the management of water resources*, Proceedings of the Third International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images 2005, 153–155.
- Bakoariniaina L.N., Kusky T., Raharimahefa T., 2006, *Disappearing Lake Alaotra: Monitoring catastrophic erosion, waterway silting, and land degradation hazards in Madagascar using Landsat imagery*, Journal of African Earth Sciences, 44(2), 241–252.

- Choiński A., 1995, *Zarys limnologii fizycznej Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Choiński A., 2002, *Przykłady współczesnego zaniku jezior w Polsce*, [w:] Ciupa T., Kupczyk E., Suligowski R. (red.), *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*, Pr. Inst. Geogr. AŚ, 7, 1–15.
- Choiński A., 2006, *Katalog jezior Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Choiński A., 2007, *Limnologia fizyczna Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Choiński A., Ławniczak A.E., Ptak M., Sobkowiak L., 2011, *Causes of lake area changes in Poland*, *Journal of Resources and Ecology*, 2 (2), 175–180.
- Choiński A., Ptak M., 2009, *Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance*. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(3), 347–352.
- Choiński A., Ptak M., Strzelczak A., 2012, *Examples of lake disappearance as an effect of reclamation works in Poland*, *Limnological Review*, 12(4), 161–167.
- Churski Z., 1983, *Eutrophication and the disappearance of lakes in the Brodnica Lake District, Northern Poland as a result of human interference*, *Hydrobiologia*, 103(1), 165–168.
- Czaja K., Jańczak J., 2010, *Zanikanie jezior w dorzeczu Raduni w ostatnim stuleciu*, [w:] Choiński A. (red.) *Przemiany jezior i zbiorników wodnych, Woda – Środowisko – Zmiany*, Seria: Studia i Prace z Geografii i Geologii nr 10, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 55–67.
- Czarnecka H. (red.), 2005, *Podział hydrograficzny Polski*. IMGW, Warszawa.
- Du Y., Xue H.-P., Wu S.-J., Ling F., Xiao F., Wei X.-H., 2011, *Lake area changes in the middle Yangtze region of China over the 20th century*, *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1248–1255.
- Galon R. 1954, *Wstępna wiadomość o opracowaniu dotyczącym jezior w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 26, 81–91.
- Gao H., Bohn T.J., Podest E., McDonald K.C., Lettenmaier D.P., 2011, *On the causes of the shrinking of Lake Chad*, *Environmental Research Letters*, 6(3), art. no. 034021.
- Gradke M., 2009, *Zmiany powierzchni jezior Breńskie i Białe-Miatkie (Pojezierze Sławskie) w latach 1778–2008*, *Studia Limnologia et Telmatologica*, 3(1), 3–24.
- Halbfass W., 1901, *Beiträge zur Kenntnis der Pommerschen Seen*, Gotha, Justus Perthes.
- Kalinowska K., 1961, *Zanikanie jezior połodowcowych w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 33(3), 511–518.
- Kaniecki A., 1997, *The influence of anthropopressure on water relations in the Wielkopolska Lowland*, *Geographia Polonica*, 68, 78–80.
- Kondracki J., 2000, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Konatowska M., Rutkowski P., 2008, *Zmiany powierzchni i poziomu lustra wody Jeziora Kamińskiego (nadleśnictwo Doświadczalne Zielonka) na przestrzeni ostatnich 150 lat*. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 2 (18), 205–217.
- Kowalczevska-Madura K., Gołdyn R., Dondajewska R., 2010a, *Phosphorus release from the bottom sediments of Lake Rusałka (Poznań, Poland)*, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 39(4), 135–144.
- Kowalczevska-Madura K., Gołdyn R., Dondajewska R., 2010b, *Internal phosphorus loading in selected lakes of the Cybina River valley*, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 39(3), 35–45.

- Kowalczevska-Madura K., Gołdyn R., Dondajewska R., 2010c, *The bottom sediments of Lake Uzarzewskie. A phosphorus source or sink?*, Oceanological and Hydrobiological Studies, 39(3), 81–91.
- Lange W., 1993, *Jeziora jako obiekty badań geograficznych*, [w:] *Metody badań fizycznolimnologicznych*, (red. W. Lange), Uniwersytet Gdański, Gdańsk.
- Lemma B., 2003, *Ecological changes in two Ethiopian lakes caused by contrasting human intervention*, Limnologia, 33(1), 44–53.
- Liu C., Xie G., Huang H., 2006, *Shrinking and drying up of Baiyangdian Lake wetland: A natural or human cause?*, Chinese Geographical Science, 16(4), 314–319.
- Lossow K., 1995, *Zanikające jeziora*, Ekoprofit, 07/08, 40–45.
- Ławniczak A.E., Choiński A., Kurzyca I., 2011, *Dynamics of lake morphometry and bathymetry in various hydrological conditions*, Polish Journal of Environmental Studies, 20(4), 931–940.
- Marszelewski W., Adamczyk A., 2004, *Changes in the Area of the Mazurian Lakes in the Light of the Cartographic Materials at the scale 1:25 000*, Limnological Review, 4, 167–176.
- Marszelewski W., Ptak M., Skowron R., 2011, *Antropogenic and natural conditionings of disappearing lakes in the Wielkopolska–Kujawy Lake District*, Roczniki Gleboznawcze, 62(2), 283–294.
- Micklin P., 2010, *The past, present, and future Aral Sea*, Lakes and Reservoirs: Research and Management, 15(3), 193–213.
- Ostendorp W., Schmieder K., Jöhnk K., 2004, *Assessment of human pressures and their hydro-morphological impacts on lakeshores in Europe*, Ecohydrology and Hydrobiology, 4, 379–395.
- Peng M., Li Z., Xie Y., 2005, *Monitoring the shrinking lakes in Wuhan Municipality from 1986 to 2002*, Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, 6045 II, art. no. 604530.
- Ptak M., Ławniczak A.E., 2011, *Changes in water resources in selected lakes in the middle and lower catchment of the River Warta*, Limnological Review, 11(1), 25–32.
- Ptak M., Choiński A., Strzelczak A., Targosz A., 2013, *Disappearance of Lake Jelenino since the end of the XVIII century as an effect of anthropogenic transformations of the natural environment*, Polish Journal of Environmental Studies, 22(1), 191–196.
- Qin B., Yang L., Chen F., Zhu G., Zhang L., Chen Y., 2006, *Mechanism and control of lake eutrophication*, Chinese Science Bulletin, 51(19), 2401–2412.
- Rocznik Statystyczny*, 1959-1974, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Schmieder K., 2004, *European lake shores in danger – Concepts for a sustainable development*, Limnologia, 34(1–2), 3–14.
- Stachy J. (red.), 1987, *Atlas hydrologiczny Polski*, t. I, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Mariusz Ptak

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

ul. Dźwigielowa 27, 61-680 Poznań

e-mail :marp114@wp.pl