

Tatrzański Park Narodowy
Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi – Oddział Krakowski

Nauka Tatrom

Tom I

Nauki o Ziemi



Redakcja
Anna Chrobak, Adam Kotarba

Materiały V Konferencji
PRZYRODA TATRZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO A CZŁOWIEK
Zakopane, 24–26 września 2015 roku

Przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia jezior na obszarze Tatr

Regional distribution of lakes in the Tatra Mountains

Paweł Franczak, Agnieszka Gajda, Joanna Pociask-Karteczka

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków,

e-mail: p.franczak@uj.edu.pl, agnieszka.gajda@uj.edu.pl, joanna.pociask-karteczka@uj.edu.pl

Streszczenie

Badania limnologiczne w Tatrach mają bogatą historię. Za ich prekursora uważany jest S. Staszic, duże zasługi położyli też L. Sawicki, J. Szaflarski, S. Lencewicz, A. Lityński i K. Śliwerski. Większość badań koncentrowała się na morfometrii mis jeziornych, fizycznych i chemicznych cechach wód oraz zagadnieniach hydrobiologicznych. Brakowało opracowań na temat rozmieszczenia jezior.

Celem niniejszej pracy jest analiza regionalnego rozmieszczenia jezior polodowcowych w Tatrach (polskich i słowackich) z uwzględnieniem typu zbiornika. Baza danych obejmuje następujące parametry jezior: wysokość bezwzględna, powierzchnię, głębokość maksymalną, długość linii brzegowej, szerokość średnią i maksymalną, wskaźnik wydłużenia, wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej, jeziorność zlewni. Uwzględniono także budowę geologiczną i skłon gór. W celu wyznaczenia działów wodnych na obszarze polskich Tatr posłużono się *Hydrograficzną mapą Polski*, natomiast dla słowackiej części działły wodne zostały wygenerowane z modelu SRTM przy użyciu Hydrology Tools dla ArcGIS 10.2.2. Dane przestrzenne dotyczące geometrii jezior pozyskano z baz danych TPN i TANAP, a następnie zaktualizowano. Baza wyjściowa zawiera informacje o 188 spośród 298 jezior występujących na obszarze Tatr. Z powodu braku parametrów limnologicznych nie uwzględniono bardzo małych zbiorników – w licznych przypadkach okresowych – o powierzchni nieprzekraczającej 0,01 km². Większość jezior w Tatrach Zachodnich leży na wysokości ponad 1400 m n.p.m., a w Tatrach Wysokich – powyżej 1600 m n.p.m. Nowoczesne techniki pozyskiwania i analizy danych przestrzennych oraz duży zasób informacji sprzed ponad 100 lat powinny posłużyć do identyfikacji przemian, jakim podlegały jeziora. Zmiany te polegają głównie na zmniejszaniu zasięgu zbiorników i spłycaaniu mis jeziornych – co prowadzi do zaniku jezior.

Słowa kluczowe: jeziora polodowcowe, góry wysokie, Karpaty

Abstract

Scientific limnological research in the Tatra Mountains were initiated by Stanislaw Staszic in the early XIX century. Considerable achievements on lake morphometric properties were gain by L. Sawicki, J. Szaflarski, A. Lityński, S. Lencewicz and K. Śliwerski. Most studies have focused on lake morphometry, physical and chemical characteristics of water and hydrobiological issues. There were no regional studies. The purpose of this study is to analyze the regional distribution of glacial lakes in the Tatra (Polish and Slovak), including their type. The database includes lakes parameters (altitude, area, maximum depth, shoreline length, average and maximum width elongation rate, the rate of development of the shoreline). The geological structure and the slope of the Tatra Mountains were also taken into consideration. Hydrographic Map of Poland were used to determine the watersheds in the Polish Tatra. Watersheds for the Slovak part were generated from SRTM model using Hydrology Tools for ArcGIS 10.2.2. Spatial data on the geometry of the lakes were obtained from databases of both – Polish and Slovak national parks authorities and then updated. The main database contains information on 188 of the 298 lakes located in the Tatra Mountains. The data base does not include very small lakes (mainly periodic) – with an area not exceeding 0.01 km². Most of the lakes in the Western Tatra lies at an altitude of over 1400 m.a.s.l., while in the High Tatra – at the elevation over 1600 m.a.s.l. Most of lakes in the Tatra Mountains are tarns and bedrock-moraine dammed lakes, and they are located at the elevation over 1400 m a.s.l. in the Western Tatra Mountains, and over 1600 m a.s.l. in the High Tatra Mountains. Some of them are paternoster lakes – a series of stair-stepped lakes formed in individual rock basins aligned down the course of a glaciated valley. Modern techniques of spatial data analysis (satellite images and aerial photos) and a lot of historical detailed information about lakes achieved during more than one hundred years should be used to identify the changes that have taken place. They refer mainly to reducing the extension of lakeshores and getting shallower – which leads to the disappearance of lakes.

Keywords: glacial lakes, high mountains, the Carpathians

Wstęp

Jeden z najwcześniejszych opisów tatrzańskich jezior można znaleźć w publikacji z 1643 r. pt. *Bibliothecae seu Cynosurae Peregrinantium...*, będącej podręcznikiem dla podróżujących. Autorem jest David Frölich (1595–1648), matematyk, astronom i geograf z Kieżmarku, który w 1625 r., jeszcze jako student, prawdopodobnie wszedł na Kieżmarski Szczyt. We wspomnianym dziele Frölich opisał swoją wysokogórską wyprawę i zawarł nazwy jezior w języku niemieckim. Pisał tak (Szaflarski, 1972):

Między grzbietami Karpat w partiach najgłębszych spotyka się jeziora; sławniejsze są: das Poppersee, Sztamp und Richtersee, Kaalbachersee, Polschese, Flocksee, Grunsee... Są to więc kolejno stawy: Popradzki, Kamienny (Stamp zapewne Steinbach), Lejkowy (Richter = Trichter), Spiski (jeden z Pięciu Spiskich), Polski, Kołowy (Flock = Plock) i Zielony Kieżmarski.

W tym samym stuleciu jezuita i profesor uniwersytetu w Tyrnawie Márton Szentiványi (1633–1705) opublikował encyklopedię *Curiosiora et selectiora variarum scientiarum miscellanea in tres partes divisa*. Pierwszy tom dzieła wydany w 1689 r. zawierał rozdział o wodach. Autor opisał w nim niezwykle jezioro tatrzańskie, które nazwał *oculus maris* (chodzi o Morskie Oko). Interesujące wzmianki o jeziorach można znaleźć w spiskach poszukiwaczy skarbów, przykładowo w datowanym na drugą połowę XVII w. rękopisie Michała Chrościńskiego *Opisanie ciekawe gór Tatrów...* (Siarzewski, 2014):

[...] obaczysz w głębokiej przepaścistej dolinie jedno wielkie jezioro, to nazywa się Rybi Staw, insi nazywają Morskie Oko, inni Biały Staw. Nad nim zaraz obaczysz między przepaścistymi skałami jezioro małe, to się nazywa Jezioro Czarne. Z niego wychodzi do tego wielkiego jeziora woda okrutnym spadem i hukiem, spadająca z wysokości łokci 100. Pod tym spadem teje studni lub dalej znajdują się drogie kamienie, dyamenty tylko drobne, perły bogate, tylko także potłuczone i inne kamienie, minerały złote i srebrne kamienie. To jezioro stąd nazywają Czarne i że jest między okrutnymi czarnymi skałami, słońce nigdy tam nie oświeci.

Ważne informacje zawierała też praca Georga Buchholza starszego (1643–1725). Ten nauczyciel, a później ewangelicki kaznodzieja i pastor w Wielkiej Łomnicy ukończył w 1719 r. rękopis *Das weit und breit erschollene Ziepscher-Schnee-Gebürg*, w którym znalazł się rozdział poświęcony hydrografii Tatr Wysokich. Autor wspomina o „wielkim polskim jeziorze [...] dwa razy większym jak miasto Lewocza, z którego dość duża rzeka płynie do Polski” (znów chodzi o Morskie Oko). Mniej więcej w tym samym czasie

ukazało się w Sandomierzu encyklopedyczne dzieło przyrodnicze o historii naturalnej i osobliwościach Królestwa Polskiego pt. *Historia naturalis curiosa Regni Poloniae...* (1721), napisane po łacinie przez jezuitę Gabriela Rzączyńskiego (1664–1737). Jest tam m.in. informacja o jeziorach w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, gdzie wody „wypływają z pierwszego jeziora do drugiego, z drugiego do trzeciego, etc., z ostatniego z wielką gwałtownością tworzą rzekę Białą”.

Sporo wiadomości na temat tatrzańskich jezior znalazło się w drugim tomie prac historyczno-geograficznych o komitatach Węgier *Notitia Hungariae novae historico-geographica*, wydanym w 1736 r. w Wiedniu. Autor – Matej Bel (1684–1749) czerpał informacje o wodach z materiałów dostarczanych przez Georga Buchholza młodszego (1688–1737). Wśród opisów kilkudziesięciu obiektów topograficznych znalazły się doniesienia o Morskim Oku i Rybim Stawie, jak wówczas nazwano Popradzki Staw (Siarzewski, 2014).

Jeziora – obok rzek i szczytów – pojawiały się również na najstarszych mapach Tatr. Warto tu wymienić *Mapę Starostwa Spiskiego* F. F. Czackiego z 1762 r. i mapę J. Liesganiga (1719–1799) w skali 1:72 000. Na uwagę zasługuje *Plan Sectionis seu Revir Bialczensis*, narysowany w skali ok. 1:12 000 przez geometrę królewskiego J. Wnentowskiego w 1787 r. Na podkładzie topograficznym wykonanym według zasad przyjętych na zdjęciu józefińskim, oprócz użytkowania gruntów przedstawiono sieć rzeczną i jeziora, wyróżnione kolorem niebieskim. Dużą wartość przedstawia mapa galicyjskiej części Tatr w skali ok. 1:300 000 B. Hacqueta (1740–1815), profesora historii naturalnej Uniwersytetu we Lwowie, dołączona do wydanego w 1796 r. dzieła *Neueste physikalisch-politische Reisen in den Jahren 1794 und 95 durch die Dacischen und Sarmatischen oder Nördlichen Karpathen* (Siarzewski, 2014).

Zainteresowanie naukowe jeziorami datuje się jednak dopiero na początek XIX w. Zostało zapoczątkowane przez S. Staszica (1755–1826), który w dziele z 1815 r. (II wydanie: 1955) *O ziemiorodztwie Karpatow, i innych gor i rownin Polski* zamieścił opis pomiarów wykonanych w „oku morskim”, czyli Czarnym Stawie pod Rysami, w lipcu 1804 r.:

Mimo nie dostatku w tem miejscu czółna, i wszelkiego na tutejszei wysokości drzewa; starałem się przeciw w kilku miejscach zmierzyć oka morskiego głębokość, i poznać jego wod naigłębszych stopnie ciepła lub zimna.

Rzucana kula ołowiana na sznurze, do pięć set ośmdziesiąt trzech stop naigłębiei spadła.

W zamiarze poznania w głębi wody ciepła, wzięłem prostą butelkę szklaną. Tę, dla przeszkodzenia zewnętrznem działaniom cieplinu, oblałem naiprzód w koło łojem, potem obsypałem grubo węglanym prochem; a na tym przyłożyłem desczułki drzenne, siarką oblane; a to wszystko razem obwinąłem woskowym płótnem. Jeden czopek odtykał butelkę zewnątrz a drugi, w niei będący, mógł ją zatykać, pociągnięty w gorę. Ciepłomierz Reaumura w butelce, tak zatknietei, wpuszczałem w gąb wody. Ciepłomierz znaczył na powietrzu

w cieniu 14 wyżej zero, a w samej powierzchni wody 12 5/4. Butelka w największej głębi, na którą zarzucić mogłem, zatrzymała się 496 stop. W ten czas sznurkiem wyciągnięty został czopek, co ją zewnątrz zamknął. W tej głębi otwarta stała godzin cztery. Po tym czasie, wewnętrznym czopkiem ją zamknawszy, wyciągnąłem spieszno do góry. Ciepłomierz znaczył 6 1/6 woda z głębi wydobyta nie różniła się niczem od wód wierzchnich. Różniła je tylko miara ciepła. Wody w głębi były od wierzchnich 6 stopniami zimniejsze.

Historię „post-Staszicowskich” badań limnologicznych w Tatrach oraz wyniki własnych pomiarów przedstawili dość szczegółowo L. Sawicki (1910, 1911, 1929), S. Lencewicz (1926) i J. Szaflarski (1932, 1936a, 1936b, 1972). Większość badań koncentrowała się na morfometrii mis jeziornych, fizycznych i chemicznych cechach wód oraz zagadnieniach hydrobiologicznych. Pierwsze plany batymetryczne tatrzańskich jezior stworzył W. Dziewulski, który w latach 1879–1881 pomierzył osiem największych jezior północnej strony gór. Następnie w 1907 r. M. Końca przesondował Zielony Staw Gąsienicowy. Dwa lata później L. Sawicki dokonał sondowania dziewięciu stawów (w tym pięciu po stronie polskiej). W 1910 r. poszerzył badania o Pięć Stawów Polskich; liczbę jezior w Tatrach ocenił na 120. Badania Sawickiego kontynuowane były przez Instytut Geograficzny UJ, który w 1929 r. zorganizował stację wysokogórską w Dolinie Pięciu Stawów Polskich pod kierunkiem W. Ormickiego. Wykonano pomiary batymetryczne kolejnych jezior, a zatem gdy wiosną 1934 r. przystąpił do badań Wojskowy Instytut Geograficzny (WIG), większość dużych jezior miała już właściwie kompletne plany batymetryczne. Pomiary WIG dostarczyły jednak bardziej szczegółowych danych, co wynikało głównie z zastosowania nowszych, ujednoliconych metod pomiarowych (Śliwowski, 1934; Szaflarski, 1936). Badania Szaflarskiego koncentrowały się na termice wód. Wcześniej zajmował się tą problematyką również Lityński (1914).

Na podstawie badań prowadzonych w okresie międzywojennym Szaflarski (1932) wydzielił siedem typów termicznych jezior:

1. wielkie zbiorniki podgórskie (do 1400 m n.p.m.) o powierzchni przeciętnie przez 6 miesięcy wolnej od lodu;
2. grupa stawków płytkich i młak (1000–1450 m n.p.m.) o silnych wahanach temperatury powierzchni w miesiącach letnich, w granicach 4–22°C;
3. płytkie stawki o średnim wzniesieniu (1450–1700 m n.p.m.) o dość silnych wahanach temperatury, od 4 do 17°C, w miesiącach letnich;
4. jeziora głębokie o średnim wzniesieniu (1500–1800 m n.p.m.) o powierzchni przez 3–5 miesięcy wolnej od lodu i temperaturze maksymalnej 8–14°C;
5. grupa płytkich stawów o wysokim wzniesieniu (1700–1900 m n.p.m.) o wahanach temperatury w lecie w granicach 4–14°C;
6. grupa jezior wysokich i zimnych (1800–2000 m n.p.m.) o powierzchni przez mniej niż 3 miesiące wolnej od lodu i temperaturze maksymalnej 6–8°C;

7. grupa zmarzłych stawów (2050–2180 m n.p.m.) o powierzchni rzadko wolnej od lodu i temperaturze maksymalnej nieprzekraczającej 6°C.

Problematyki typologii jezior oraz ich przestrzennego zróżnicowania nie poruszano zbyt często. Sawicki, biorąc pod uwagę genezę akwenów i rzeźbę terenu, wydzielił w Tatrach cztery grupy jezior (Lencewicz, 1926):

1. morenowe podgórskie (np. Smreczyńskie, Toporowy Staw);
2. morenowe międzygórskie (np. Morskie Oko);
3. cyrkowe (karowe) niższego pasa (1500–1600 m n.p.m., przykładowo Czarny Staw pod Rysami);
4. cyrkowe wyższego pasa (1900–2000 m n.p.m.).

Powyższa typologia jest zbieżna z poglądami A. Gadowskiego (1922). Ten bowiem wydziela:

1. jeziora morenowe podgórskie, wśród których wyróżnia stawy moren czołowych (np. Toporowy Staw), stawy moren bocznych (np. Stawek na Polanie pod Wołoszynem), stawki moreny dennej w zagłębieniach nierównomiernej akumulacji lodowcowej oraz stawki moren bocznych dwu lodowców (np. Smreczyński Staw);
2. jeziora międzygórskie morenowe, „przynależne do faz stadjalnych” (np. Morskie Oko, Popradzki Staw);
3. jeziora ryglowe („bulowe, stojące w związku z ryglami poprzecznymi w środkowych częściach dolin”, np. Wielki Staw Polski);
4. jeziora karowe (np. Zmarzły Staw pod Zawratem).

Jako osobną kategorię Gadowski (1922) traktuje stawy „upłaziańskie (upłazowe), położone na wysokich terasach (upłazach), stanowiących resztki den dolin lodowcowych z poprzednich okresów zlodowacenia”. Jako przykłady podaje stawy Rohackie, Staroleśniańskie, Świstowe (pod Polskim Grzebieniem) i małe stawki u stóp północnej ściany Mnicha. M. Klimaszewski (1988) wyróżnia także jeziora międzymutonowe (np. Stawki pod Mnichem) i egzaracyjno-wytopiskowe (np. Dwoisty Staw Zachodni).

Reasumując można stwierdzić, iż w Tatrach występują dwa typy jezior – polodowcowe oraz niezwiązane z aktywnością lodowców. Do tych drugich, bardzo nielicznych, należą jeziora krasowe (np. Litworowy Staw, Mokra Jama, Tiché pleso), rozlewiskowe (np. Rybie Stawki) i sztuczne (np. Nové Štrbské pleso, zbiornik na Bystrej, stawki w Dolinie Olczyńskiej). Do związanych z genezą glacialną zaliczają się jeziora: karowe, morenowe (moreny bocznej, dennej, środkowej, czołowej), karowo-morenowe, egzaracyjno-wytopiskowe, międzymutonowe. Jeziora leżące w obrębie utworów wietrzelinowych i morenowych można określić jako poligenetyczne (np. Anitino očko).

Problematyka rozmieszczenia jezior w całym paśmie tatrzańskim nie cieszyła się dotąd dużym zainteresowaniem badaczy, a większość opracowań z okresu po II wojnie światowej odnosiła się tylko do polskiej części Tatr.

Cel i metoda badań

Celem niniejszego opracowania jest analiza regionalnego rozmieszczenia jezior polodowcowych w Tatrach

polskich i słowackich z uwzględnieniem typu zbiornika. Analiza została przeprowadzona m.in. w nawiązaniu do wymogów międzynarodowego projektu PAGES, realizowanego w ramach International Geosphere-Biosphere Programme (U.S. and Swiss National Science Foundation, The National Oceanic and Atmospheric Administration; Pociask-Karteczka i in., 2014). Zgodnie z projektem wyróżniono cztery typy jezior:

- duże jeziora polodowcowe (1a),
- małe jeziora polodowcowe (1b),
- płytkie jeziora polodowcowe (2),
- torfowiska z lustrem wody (3).

Baza danych obejmuje takie parametry jezior, takich jak: wysokość bezwzględna, powierzchnia, głębokość maksymalna, długość linii brzegowej, szerokość średnia i szerokość maksymalna, wskaźnik wydłużenia, wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej, jeziorność zlewni (Pociask-Karteczka, 2003). Ponadto uwzględniono budowę geologiczną i skłon Tatr. Baza wyjściowa zawiera informacje o 188 spośród 298 jezior występujących na obszarze Tatr. Z powodu braku parametrów limnologicznych nie uwzględniono bardzo małych zbiorników – w wielu przypadkach okresowych – o powierzchni nieprzekraczającej 0,01 ha. Choć stanowią one aż 30% całkowitej liczby zbiorników na obszarze Tatr, ich łączna powierzchnia nie przekracza 0,3% całkowitej powierzchni jezior.

Każdy obiekt umieszczony w bazie przypisano do poszczególnych zlewni rzecznych i do pól siatki 500 × 500 m. W celu wyznaczenia działów wodnych na obszarze polskich Tatr posłużono się *Hydrograficzną mapą Polski* (Czarnecka, 2005), natomiast dla słowackiej części działły wodne zostały wygenerowane z modelu SRTM przy użyciu Hydrology Tools dla ArcGIS 10.2.2. (Jarvis i in., 2008). Dane przestrzenne dotyczące geometrii jezior pozyskano z baz danych TPN i TANAP, a następnie zaktualizowano.

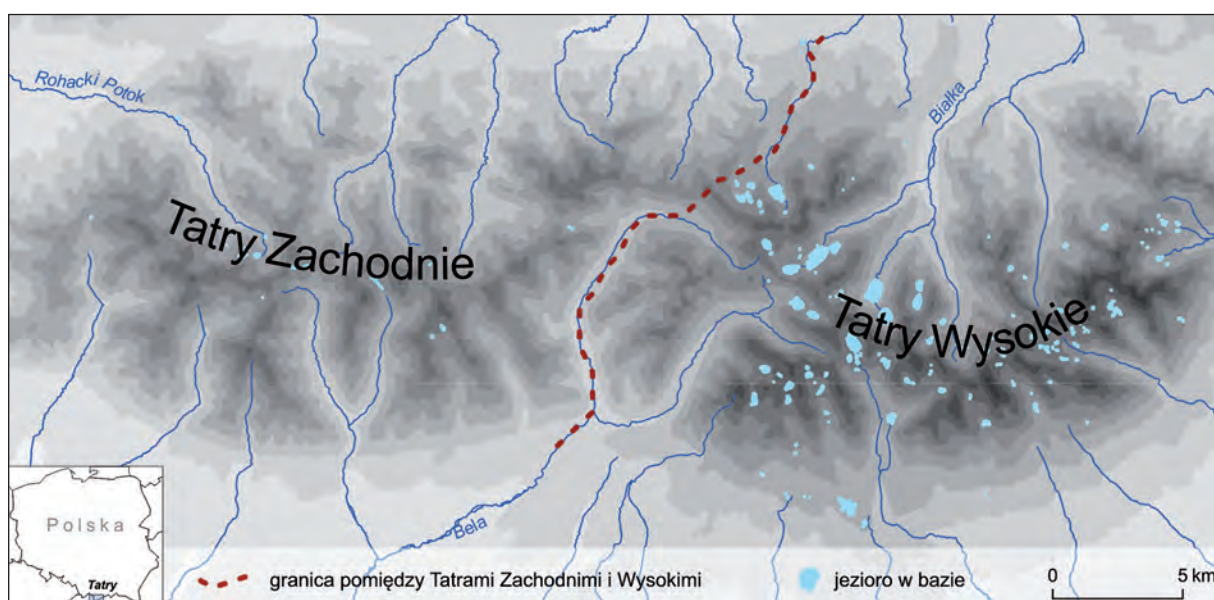
Wyniki

W Tatrach znajduje się 298 jezior o łącznej powierzchni ok. 3,23 km² (0,41% powierzchni Tatr). Obiekty te wykazują bardzo duże zróżnicowanie, m.in. pod względem rozmiarów (ryc. 1). Większość jezior to jeziora średnie i małe. Powierzchnia zaledwie siedmiu największych jezior stanowi 50% łącznej powierzchni wszystkich jezior tatrzańskich. Osiem jezior ma powierzchnię powyżej 0,1 km². Choć na terenie Polski leży zalewie 22,3% obszaru Tatr (175 km²), przeważająca część największych jezior znajduje się właśnie po stronie polskiej (tab. 1).

Aż 156 jezior (83%) leży w Tatrach Wysokich, reszta – w Tatrach Zachodnich (tab. 2). Największą jeziornością charakteryzują się doliny położone w centralnej części Tatr Wysokich, gdzie jeziorność wynosi od 2,7 do 5%. W wielu zlewniach w Tatrach Zachodnich jeziora nie występują (ryc. 2).

Analiza udziału jezior w polach podstawowych o szerokości 500 × 500 m wykazała, że największą jeziornością cechują się Dolina Pięciu Stawów Polskich i górna część zlewni Rybiego Potoku, gdzie jeziorność osiąga aż 64% (ryc. 3). Obszary o największej jeziorności biegną łukiem wygiętym ku południowi i obejmującym górne części zlewni potoków tatrzańskich. Rozciąga się on od zlewni Suche Wody po zlewnię Białej Wody Kieżmarskiej (ryc. 3).

W skali całych Tatr najliczniejszą grupę stanowią jeziora położone w przedziałach wysokości 1600–1799 i 1800–1999 m n.p.m., odpowiednio 62 i 58 (tab. 2). Sześćdziesiąt cztery procent jezior w Tatrach Wysokich znajduje się w obrębie dwóch stref wysokościowych: 1600–1799 i 1800–1999 m n.p.m. Ponadto znaczna ich liczba występuje w granicach 2000–2199 m n.p.m. (21% jezior Tatr Wysokich, tab. 2). Większość z nich reprezentuje typ polodowcowych jezior płytkich (54,5%). Z kolei w Tatrach Zachodnich naj-



Ryc. 1. Rozmieszczenie jezior w Tatrach

Fig. 1. Distribution of lakes in the Tatra Mountains

Tab. 1. Największe jeziora tatrzańskie**Tab. 1.** *The largest lakes in the Tatra Mountains*

Lp.	Nazwa	Wysokość [m n.p.m.]	Powierzchnia [ha]	Głębokość maks. [m]	Pojemność [m ³]
1	Morskie Oko	1395	34,39	50,8	9 904 300
2	Wielki Staw Polski	1665	34,35	79,3	1 296 700
3	Czarny Staw pod Rysami	1580	20,64	76,4	7 761 700
4	Wielki Hińczowy Staw	1946	20,08	53,2	4 138 700
5	Szczyrbskie Jezioro	1346	19,76	19,6	1 284 000
6	Czarny Staw Gąsiennicowy	1624	17,44	51	3 798 000
7	Czarny Staw Polski	1722	12,69	50,4	2 825 800
8	Niżny Ciemnosmreczyński Staw	1674	12,01	37,8	115 000
9	Wyżni Żabi Staw Białczański	1696	8,07	24,3	x
10	Przedni Staw Polski	1668	7,71	34,6	1 130 000

x – brak danych

Tab. 2. Liczba jezior w poszczególnych piętrach wysokościowych Tatr**Tab. 2.** *Number of lakes in altitudinal zones in the Tatra Mountains*

	Wysokość [m n.p.m.]								Suma
	800–999	1000–1199	1200–1399	1400–1599	1600–1799	1800–1999	2000–2199	≥ 2200	
Tatry Wysokie		2	9	12	48	51	33	1	156
Duże jeziora polodowcowe			1	3	10	6	3		23
Małe jeziora polodowcowe		1	1	3	6	11	11		33
Płytkie jeziora polodowcowe			2	4	26	33	19	1	85
Jeziora zarastające		1	5	2	6	1			15
Tatry Zachodnie	1		2	8	14	7			32
Duże jeziora polodowcowe						1			1
Małe jeziora polodowcowe				1	3				4
Płytkie jeziora polodowcowe	1		2	5	8	5			21
Jeziora zarastające				2	3	1			6
Suma	1	2	11	20	62	58	33	1	188

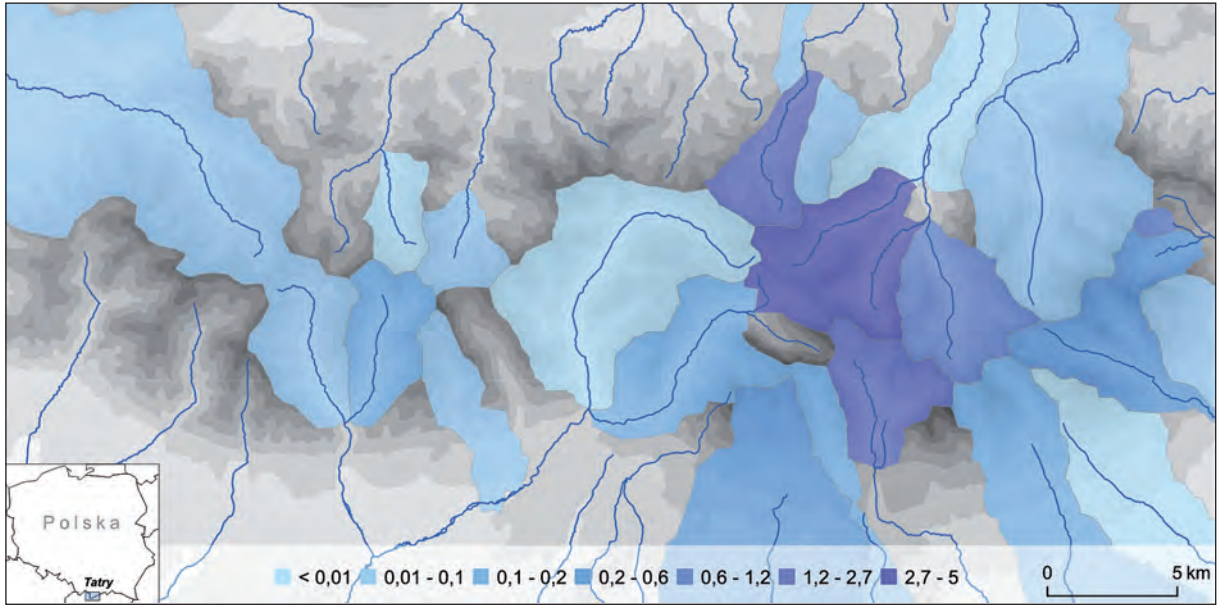
więcej jezior (44%) leży w przedziale wysokościowym 1600–1799 m n.p.m. W piętrach wysokościowych poniżej i powyżej (1400–1599 i 1800–1999 m n.p.m.) znajduje się odpowiednio 25 i 22% jezior (tab. 2). W tych przedziałach leży przeważająca część największych tatrzańskich jezior. Jeziora małe (do 2,5 ha) występują we wszystkich przedziałach wysokościowych, a te o powierzchni powyżej 10 ha – w przedziale wysokości od 1395 m n.p.m. (Morskie Oko) do 1946 m n.p.m. (Velké Hincovo pleso, ryc. 4).

Większość jezior tatrzańskich to płytkie jeziora polodowcowe (typ 2, tab. 2), które w Tatrach Wysokich stanowią 55% obiektów, a w Tatrach Zachodnich – 62%. Liczba dużych jezior polodowcowych (1a) w Tatrach Wysokich wynosi 23, w Tatrach Zachodnich zaś – tylko 1. Znaczna dysproporcja występuje też w przypadku małych jezior

polodowcowych (1b), których udział wynosi odpowiednio 13 i 21%. Ponadto w Tatrach Zachodnich leżą niewielkie zbiorniki zachowane w obrębie torfowisk.

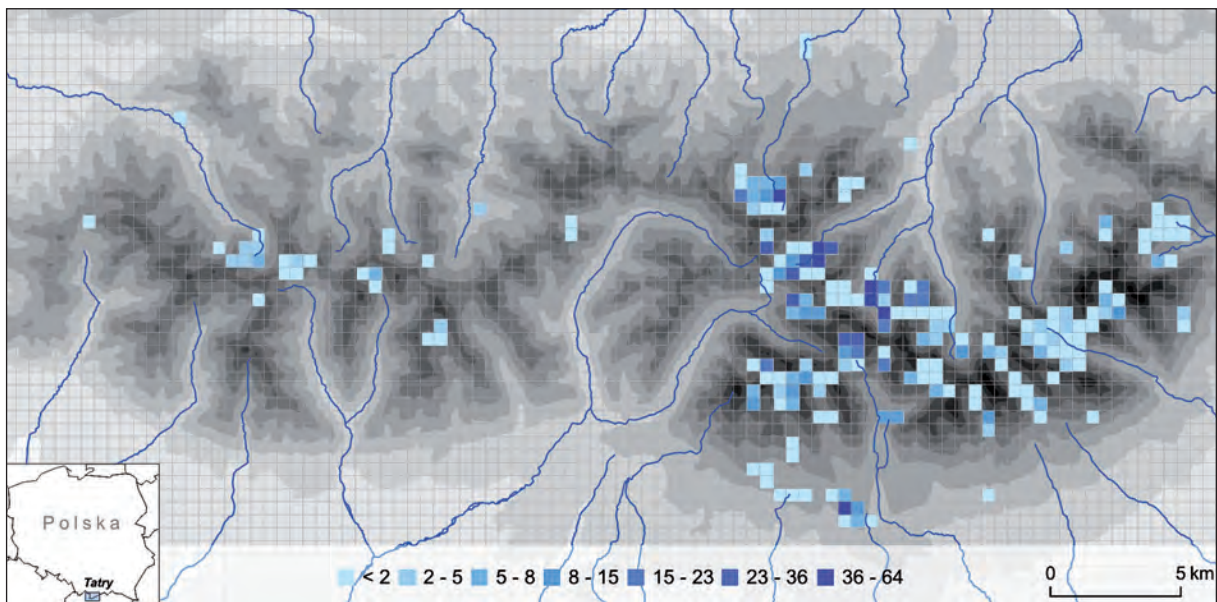
Spośród jezior tatrzańskich największym zróżnicowaniem linii brzegowej charakteryzują się małe i płytkie jeziora polodowcowe (1b, 2) – średni współczynnik rozwinięcia ich linii brzegowej wynosi 1,4 (tab. 3). Oba typy jezior charakteryzują się również największym wydłużeniem misy jeziornej. Maksymalny wskaźnik wydłużenia osiąga Toporowy Staw Niżni (4,014), z kolei najdłuższą linię brzegową ma Wielki Staw Polski (2612 m).

Najbardziej nieregularny kształt linii brzegowej wykazują jeziora najmniejsze, o czym świadczy wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej przyjmujący wartości zarówno ok. 1 (zarys linii brzegowej jeziora zbliżony do koła),



Ryc. 2. Jeziorność w zlewniach rzek tatrzańskich [%]

Fig. 2. Share of lakes [%] in river catchments in the Tatra Mountains



Ryc. 3. Jeziorność w siatce kwadratów 500 × 500 m na obszarze Tatr

Fig. 3. The share of lakes in the 500 × 500 m grid squares in the Tatra Mountains

jak i prawie 3 (ryc. 5). Najsilniej rozbudowaną linią brzegową (2,7) charakteryzuje się Trójkątny Staw (Trojuhlovnikové pleso), płytki (1,2 m) i silnie zarastający akwen. Zbliżoną wartość (2,4) ma Wołoszyński Stawek, akwen o podobnym charakterze. Z kolei wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej jezior średnich (1b) i dużych (1a) nie przekracza 1,5.

Podsumowanie i wnioski

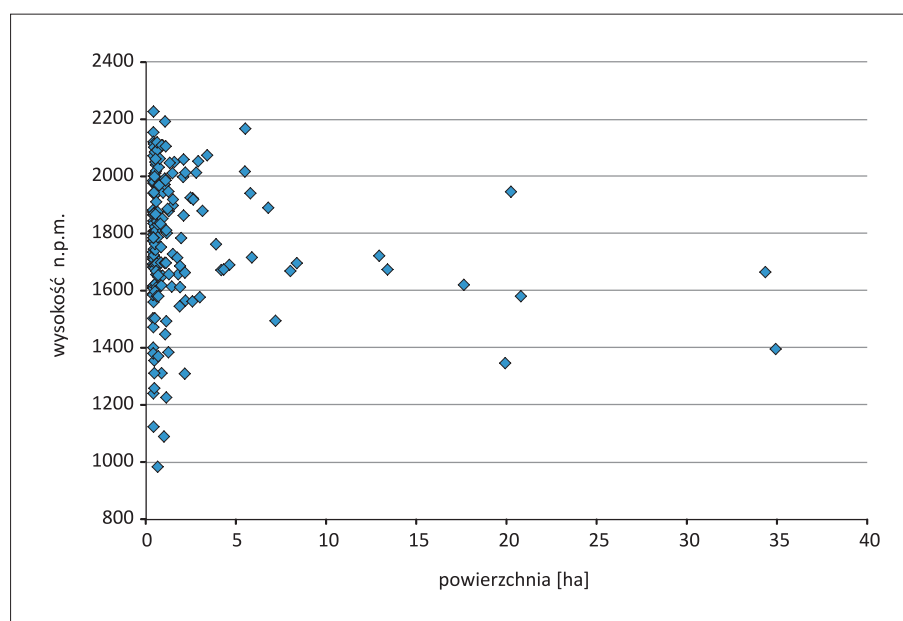
W Tatrach Wysokich i Zachodnich przeważają płytkie jeziora polodowcowe (typ 2) w dwóch piętrach wyso-

kościowych: 1600–1799 i 1800–1999. Odnaczają się one bardzo urozmaiconą linią brzegową. Nowoczesne techniki pozyskiwania i analizy danych przestrzennych dostępnych dzięki obrazom satelitarnym i zdjęciom lotniczym mogłyby posłużyć do identyfikacji zmian, jakim podlegały jeziora w minionym stuleciu. Zmiany te polegają głównie na zmniejszaniu zasięgu linii brzegowej i spłycaaniu mis jeziornych. Czynniki te prowadzą lub wręcz doprowadziły do zaniku niektórych jezior. Najbardziej narażone na zmiany są jeziora płytkie występujące w najniższych piętrach wysokościowych, zwykle w piętrze regła górnego i kosówki.

Tab. 3. Parametry morfometryczne jezior tatrzańskich

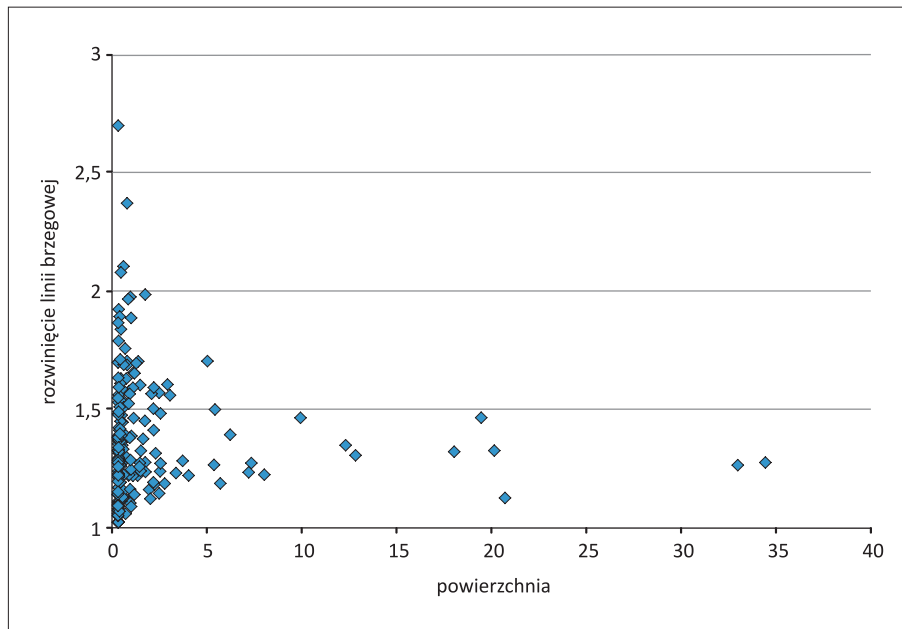
Tab. 3. *Morphometric parameters of lakes in the Tatra Mountains*

	Duże jeziora polodowcowe	Małe jeziora polodowcowe	Płytke jeziora polodowcowe	Jeziora zarastające
Długość [m]				
Średnia	498	184	61	26
Maksymalna	993	347	250	145
Minimalna	244	42	7	11
Szerokość średnia [m]				
Średnia	221	69	27	22
Maksymalna	419	178	92	64
Minimalna	44	13	4	3
Szerokość maksymalna [m]				
Średnia	299	104	32	16
Maksymalna	527	173	122	49
Minimalna	158	18	4	3
Wskaźnik wydłużenia				
Średni	1,695	1,908	1,877	1,546
Maksymalny	2,727	4,014	3,923	2,790
Minimalny	1,119	1,013	1,000	1,000
Długość linii brzegowej [m]				
Średnia	1262	565	181	88
Maksymalna	2612	1640	735	370
Minimalna	380	108	23	10
Wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej				
Średni	1,3	1,4	1,4	1,2
Maksymalny	1,7	2,0	2,7	2,4
Minimalny	1,1	1,1	1,0	1,0



Ryc. 4. Pionowe rozmieszczenie jezior w Tatrach

Fig. 4. *Altitudinal distribution of lakes in the Tatra Mountains*



Ryc. 5. Związek rozwinięcia linii brzegowej z powierzchnią jezior w Tatrach
 Fig. 5. Rate of development of shoreline versus the area of lakes in the Tatra Mountains

Literatura

- Czarnecka H., 2005, *Atlas podziału hydrograficznego Polski*, Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Gadomski A., 1920–1922, *O nowym typie stawów płazowych*, „Przegląd Geograficzny”, 2: 150–152.
- Jarvis A., Reuter H. I., Nelson A., Guevara E., 2008, *Hole-filled seamless SRTM data V4*, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), srtm.csi.cgiar.org.
- Klimaszewski M., 1988, *Rzeźba Tatr Polskich*, Warszawa, PWN.
- Lencewicz S., 1926, *Badania jeziorne w Polsce*, „Przegląd Geograficzny”, 5: 1–70.
- Lityński A., 1914, *O temperaturze stawów tatrzańskich*, „Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego”, 35: 69–73.
- Lukniš M., 1973, *Relief Vysokych Tatier a ich predpolia*, Bratislava, SAV.
- Lukniš M., 1985, *Príspevok ku geografii tatranských jazier*, „Acta FRNUC – Geographica”, 25: 113–135.
- Pociask-Karteczka J. (red.), 2006, *Zlewnia. Właściwości i procesy*, Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ.
- Pociask-Karteczka J. (red.), 2013, *Z badań hydrologicznych w Tatrach*, Zakopane, Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego.
- Pociask-Karteczka J., Gajda A., Franczak P., 2014, *Regional distribution and relevance in paleoenvironmental studies of lakes in the Tatra Mts. (Western Carpathians)*, „Georeview”, Spec. Issue: 137–143.
- Sawicki L., 1910, *Jakie są nasze stawy tatrzańskie*, „Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego”, 31: 45–47.
- Sawicki L., 1911, *Badania jezior w Polsce*, „Wszecławiat”, 30(14): 210–213.
- Sawicki L., 1929, *Atlas jezior tatrzańskich*, „Prace Komisji Geograficznej Polskiej Akademii Umiejętności”, Kraków.
- Siarzewski W., 2014, *Najstarsze dzieje poznania Morskiego Oka* [w:] Choiński A., Pociask-Karteczka J. (red.), *Morskie Oko – przyroda i człowiek*, Zakopane, Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego: 292–317.
- Staszic S., 1815, *O Ziemiorkodztwie Karpatow, i innych gor i rownin Polski*, reprint, Warszawa, 1955, Wydawnictwo Geologiczne.
- Śliwerski K., 1934, *Pomiar batymetryczny jezior w Tatrach*, „Wiadomości Służby Geograficznej”, 3: 387–412.
- Szaflarski J., 1932, *Z badań nad termiką jezior tatrzańskich*, „Przegląd Geograficzny”, 12: 181–184.
- Szaflarski J., 1936a, *Morfometria jezior tatrzańskich. Cz. I: Jeziora Tatr Polskich*, „Prace Instytutu Geograficznego UJ”, 17.
- Szaflarski J., 1936b, *Nouvelles études sur le régime thermique des lacs de la Haute Tatra*, „Revue de Géographie Alpine”, 24(2): 369–380.
- Szaflarski J., 1972, *Poznanie Tatr. Szkice o rozwoju wiedzy o Tatrach do połowy XIX wieku*, Warszawa, Sport i Turystyka.