

## **WARUNKI TERMICZNO-TLENOWE JEZIORA CHARZYKOWSKIEGO W LATACH 2014-2016**

Jerzy K. Garbacz, Jacek Cieściński, Jerzy Ciechalski, Ryszard Dąbkowski, Jolanta Cichowska

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Katedra Ekoinżynierii i Fizykochemii Środowiska

### **STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono analizę warunków termiczno-tlenowych Jeziora Charzykowskiego w latach 2014-2016 w okresie od maja do sierpnia. Pomiary prowadzono raz w miesiącu, w punktach reprezentujących trzy odmienne baseny w misie badanego jeziora. Wyniki pomiaru temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie rejestrowano co 1m od powierzchni do dna w najgłębszym miejscu każdego basenu. Poddano analizie zmiany temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego w każdym z reprezentatywnych punktów pomiarowych dla poszczególnych pól jeziora. Wykazano, że deficyt tlenu rozpuszczonego w wodzie warstw naddennych występuje już na początku okresu stagnacji letniej, a w jego szczycie (sierpień) strefa beztlenowa obejmuje hypolimnion i część metalimnionu. Potwierdzono hipotezę zakładającą, że miąższość warstw termicznych jest zróżnicowana w obrębie misy jeziornej. Wykazano także, że krzywa zawartości tlenu w punktach reprezentatywnych, we wszystkich latach w których prowadzono badania, ewoluuje do postaci klinogrody w szczycie stagnacji letniej, gdzie stężenie tlenu rozpuszczonego maleje wraz z głębokością.

**Słowa kluczowe:** stratyfikacja wód, deficyt tlenu, Jezioro Charzykowskie.

---

### ARTICLE INFO

---

PolHypRes 201 Vol. 62 Issue 1 pp. 85 - 96

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2018-0007

Strony: 12, rysunki: 4, tabele: 1

page **www** of the periodical: [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

**Typ artykułu: oryginalny**

**Termin nadesłania: 14.12.2017 r.**

**Termin zatwierdzenia do druku: 03.02.2018 r.**

### **Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



## WSTĘP

Warunki termiczno-tlenowe obok przezroczystości, zasolenia, zawartości pierwiastków biogennych należą do podstawowych wskaźników charakteryzujących warunki abiotyczne w ocenie i klasyfikacji ekosystemów jeziornych [1,2,3,4,5,6,7]. W strefie klimatu umiarkowanego, w okresie letnim, między względnie ciepłą dobrze natlenioną i prześwietloną warstwą epilimnionu i chłodnym dysfotycznym hipolimnionem, wykształca się przejściowa warstwa skoku termicznego.

Różnice gęstości między chłodną wodą zalegającą od okresu wiosennego przy dnie, a ciepłą warstwą powierzchniową utrwalają rozwarstwienie, aż do ponownego wymieszania jesienią wskutek schłodzenia warstw powierzchniowych [8,9,10]. Pojawianie się termicznych warstw stratyfikacyjnych jest zjawiskiem cyklicznym i związane jest z wymianą ciepła między jeziorem i jego otoczeniem w różnych porach roku. Jeziora stymulują w ten sposób przepływ energii i obieg materii w ekosystemach śródlądowych [11]. Lustro wody jest naturalną granicą wymiany energii i masy między zbiornikiem i jego otoczeniem, strefą absorpcji promieniowania słonecznego mającej podstawowe znaczenie dla bilansu cieplnego całego zbiornika [12].

Mieszanie warstw powierzchniowych poza wymianą energii cieplnej dostarcza tlen, który rozpuszcza się w wodzie tym lepiej, im niższa jest jej temperatura. Równie ważnym źródłem tlenu w wodzie, jest proces fotosyntezy. W sprzyjających warunkach może pojawić się lokalnie przesycenie wody tlenem w warstwach powierzchniowych akwenu, co najczęściej interpretowane jest jako skutek przeżyźnienia ekosystemu. Wyznaczenie w tym okresie profili termiczno-tlenowych poza ustaleniem zasięgu i miąższości warstw stratyfikacyjnych, ułatwia zidentyfikowanie stref; trofogenicznej i trofalitycznej w ekosystemie [9,17].

Następstwem przeżyźnienia jest „produkcja” nadmiernej biomasy fitoplanktonu, który ostatecznie w znacznej części sedymentuje w postaci obumarłych szczątków w kierunku dna zbiornika. Rozkład związków organicznych zachodzi w całym ekosystemie, z tą jednak różnicą, że w hipolimnionie i części metalimnionu ubytki tlenu nie są uzupełniane od początku do końca stagnacji letniej w jeziorach strefy klimatu umiarkowanego.

W konsekwencji stan ten przyczynia się do powstania deficytów tlenowych, a nawet jego całkowitego wyczerpania w tych warstwach. Ponowne dotlenienie całej masy wody zdarzyć się może w efekcie jej mieszania i kontaktu z atmosferą po wyrównaniu temperatury i gęstości wody od powierzchni do dna. Poza autochtoniczną materią organiczną, której źródłem w ekosystemie są żywe organizmy i ich szczątki, zbiorniki wodne zasilane są materią allochtoniczną z obszaru zlewni.

Już sama obecność (bytowanie) ludzi w zlewni, generuje znaczący ładunek zanieczyszczeń organicznych. W obliczeniach dotyczących oczyszczania ścieków komunalnych przyjmuje się, że przeliczeniowy statystyczny mieszkaniec gospodarstwa domowego „produkuje” w ciągu doby taki ładunek substancji organicznych, którego biologiczny rozkład (BZT<sub>5</sub>) wymaga zużycia 60 gramów tlenu (art. 43. 1., prawo wodne).

Z tych względów wydaje się oczywiste, że jeziora stratyfikowane nie powinny być bezpośrednim odbiornikiem nieoczyszczonych ścieków komunalno-bytowych. Jednak Jezioro Charzykowskie, położone na granicy Parku Narodowego „Bory Tucholskie” za pośrednictwem małej rzeki o nazwie „Struga Jarcewska”, do 1990 roku, zasilane było niemczyszczonymi ściekami komunalnymi z czterdziestotysięcznego miasta Chojnice.

Pomimo znacznego zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń jakie dopływają do jeziora od czasu oddania do użytku oczyszczalni ścieków, struga ta w dalszym ciągu należy do głównych źródeł zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. Skutkiem wieloletniego użyźniania jeziora były nie tylko zmiany w strukturze biocenotycznej [18,19,20,21], ale także pogłębiające się deficyty a w konsekwencji brak tlenu rozpuszczonego w stagnujących warstwach wody [22,23,24,25].

W ostatnich latach jezioro zostało objęte również programem EUKALKES dla Europy Środkowej w celu wsparcia zrównoważonego zarządzania jeziorem oraz oceny czystości [26].

Celem badań była analiza zmian temperatury i natlenienia wody w miejscach największych przegłębień, trzech głównych basenów Jeziora Charzykowskiego w okresie po przemieszaniu wiosennym do szczytu stagnacji letniej.

Realizację powyższego celu podporządkowano następującej hipotezie badawczej:

1. W każdym punkcie pomiarowym w całym okresie badawczym obserwuje się statystycznie istotną korelację pomiędzy temperaturą a zawartością tlenu rozpuszczonego w wodzie.
2. Istnieje zróżnicowanie miąższości warstw stratyfikacyjnych i zawartości tlenu rozpuszczonego w głównych basenach Jeziora Charzykowskiego, odmiennych pod względem cech morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych.

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI JEZIORA CHARZYKOWSKIEGO

Jezioro Charzykowskie jest największym naturalnym zbiornikiem wodnym w zlewni rzeki Brdy, o czym świadczą wartości następujących podstawowych parametrów morfometrycznych:

- powierzchnia lustra wody- 1363,8 ha,
- objętość wody w jeziorze- 134533,2 tys. m<sup>3</sup>,
- maksymalna długość zbiornika- 10025 m,
- maksymalna szerokość zbiornika- 2425 m,
- całkowita długość linii brzegowej- 31925 m
- maksymalna głębokość zbiornika- 30,5 m,
- średnia głębokość zbiornika- 9,8 m.

Jezioro wypełnia południową część rynny glacialnej o przebiegu NS od miejscowości Charzykowy do miejscowości Małe Swornegacie, natomiast najszerszym miejscem jest środkowa część zbiornika (okolice Funki). Misa zbiornika składa się z trzech wyraźnie oddzielonych części, nazwanych odpowiednio: misą południową, środkową i północną. W obszarze progów

istnieją dwie niewielkie wyspy. Najgłębszą jest misa południowa, i tu około 200 m od półwyspu nazywanego "Górą Zamkową", znajduje się maksymalna głębokość jeziora.

Nieco płytsza jest środkowa część jeziora, która ma dwa głęboczki, każdy o głębokości 25 m. Północna część jeziora ma odmienny charakter niż południowa i środkowa, gdyż jest znacznie płytsza (maksymalna głębokość: ok. 12m), charakteryzuje się płaskimi i niskimi brzegami, a płycizna przybrzeżna łączy się bezpośrednio z dnem. Przez to płośno przepływa rzeka Brda, która silnie oddziałuje na tę część jeziora.

Pod względem administracyjnym jezioro położone jest w województwie pomorskim. Jest to obszar należący do makroregionu Pojezierza Południowopomorskiego, a dokładniej mezoregionu Równina Charzykowska i Bory Tucholskie. Zlewnia bezpośrednia, i częściowo czterech głównych dopływów zasilających ten zbiornik, położona jest w obrębie Zaborskiego Parku Krajobrazowego, a od północnego wschodu jezioro graniczy z Parkiem Narodowym „Bory Tucholskie”.

W obszarze zlewni jeziora dominują krajobrazy młodoglacjalne, charakteryzujące się występowaniem mniej lub bardziej głębokich jezior, powstałych w wyniku stopienia brył lodu u schyłku epoki lodowcowej na terenie istniejącej tutaj pierwotnie równiny akumulacyjnej. Erozyjna działalność wód glacialnych najlepiej wykształciła rynny Strugi Siedmiu Jezior i samego Jeziora Charzykowskiego. Na ewolucję i urozmaicenie tego krajobrazu miały i mają wpływ również liczne rzeki, które zasilają jeziora. Dobrym tego przykładem może być Struga Siedmiu Jezior, której zlewnia determinuje krajobraz wspomnianego Parku Narodowego [28].

Całkowita powierzchnia zlewni Jeziora Charzykowskiego wynosi 913,5 km<sup>2</sup>, z czego na zlewnię Brdy przypada aż 667,2 km<sup>2</sup>, natomiast pozostałe 246,3 km<sup>2</sup> to:

- zlewnia Czerwonej Strugi 78,8 km<sup>2</sup>,
- zlewnia Strugi Jarcewskiej 52,0 km<sup>2</sup>,
- zlewnia Strugi Siedmiu Jezior 54,6 km<sup>2</sup>,
- obszar spływu bezpośredniego 60,9 km<sup>2</sup>.

**Rzeka Brda** jest największym dopływem, a za jej początek uznaje się Jezioro Smołowe na wysokości 181 m. n.p.m. Rzeka uchodzi do Jeziora Charzykowskiego na wysokości 120 m. n.p.m. z niewielkim spadkiem, a swój bieg kończy kilka kilometrów na wschód od Bydgoszczy, gdzie wpływa do Wisły na poziomie 31 m. n.p.m. Charakterystyczną cechą tej rzeki jest stosunkowo duża liczba zbiorników wodnych, przez które przepływa, z wyraźnym wyodrębnieniem górnego biegu, gdzie jej wody zasilają dziesięć, różnej wielkości, naturalnych jezior oraz dolnego odcinka, w którym wybudowano w okresie powojennym kaskadę jezior zaporowych różnej wielkości. Największym jeziorem naturalnym, przez które przepływa Brda, jest właśnie Jezioro Charzykowskie.

**Struga Czerwona**, znana także pod nazwą Kopernica, jest niewielkim ciekim naturalnym o długości 16,9 km, przepływającym w początkowym swym biegu przez obszary użytkowane rolniczo, a potem przez obszary leśne. Początek rzeki stanowi jezioro Kłodzko Małe na wysokości 152 m. n.p.m. a uchodzi do Jeziora Charzykowskiego na wysokości 120 m. n.p.m.

**Struga Siedmiu Jezior**, o długości 13 km, wypływa z jeziora Ostrowite i przepływa przez teren Parku Narodowego "Bory Tucholskie" przez następujące jeziora: Zielone, Jeleń, Bełczak, Płesno, Skrzynka i Mielnica. Zlewnią rzeki jest praktycznie w całości zalesiony obszar Parku Narodowego.

**Struga Jarcewska** jest jego lewobrzeżnym dopływem południowej części Jeziora Charzykowskiego. Odwadnia północno-wschodnią część Wysoczyzny Krajeńskiej, a jednocześnie jest odbiornikiem ścieków przemysłowych i komunalnych z miasta Chojnic. Jej źródła znajdują się na południe od Chojnic, na wysokości 150 m. n.p.m. Przepływa, częściowo zakryta, przez miasto i odwadnia mokradła na odcinku między miejscowościami Igły i Jarcewo. Tereny leśne stanowią mniej niż 25% całości obszaru zlewni. Na wysokości 120,3 m. n.p.m., w okolicy osady Stary Młyn, wpada do Jeziora Charzykowskiego. Długość Strugi Jarcewskiej wynosi 12 km.

## MATERIAŁ I METODY

Pomiary temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego wykonano w miejscu największego przegłębienia w trzech punktach reprezentatywnych dla każdego z basenów jeziora. Badania prowadzone były w latach 2014, 2015 i 2016 od maja do sierpnia – jednorazowo w każdym z tych miesięcy. Sondowania wykonano w ciągu jednego dnia w celu odzwierciedlenia warunków termiczno-tlenowych w obrębie całego jeziora przy praktycznie niezmiennych warunkach meteorologicznych. Punkty pomiarowe zlokalizowano na podstawie planów batymetrycznych Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie i przy pomocy GPSMap 60 CSx firmy Garmin. Dokładną głębokość dla danego punktu wyznaczono echosondą HUMMINBIRD MATRIX27.

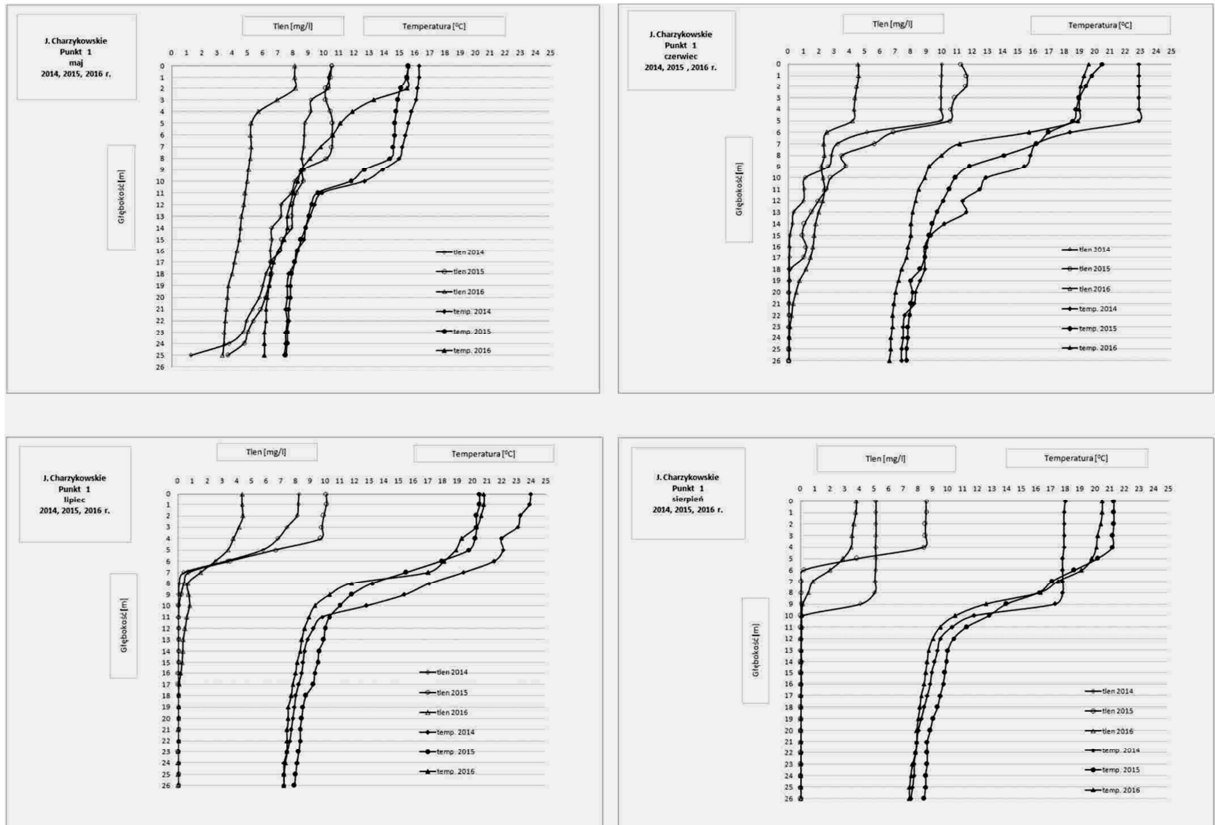
Pomiarów temperatury oraz zawartości tlenu w wyznaczonych punktach pomiarowych dokonano z łodzi przy użyciu sondy tlenowej typu OXI 196 WTW w przekroju pionowym co 1 metr od lustra wody do dna. W każdym punkcie pomiarowym przekroju odnotowano temperaturę w °C, zawartość tlenu rozpuszczonego w mg/dm<sup>3</sup> oraz procentowe nasycenie wody tlenem.

Uzyskane wyniki zaprezentowano w postaci wykresów zależności temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego od głębokości. Wykresy te ilustrują wyżej podane zależności dla każdego z trzech wyznaczonych punktów reprezentatywnych jeziora, w miesiącach od maja do sierpnia w latach 2014, 2015 i 2016.

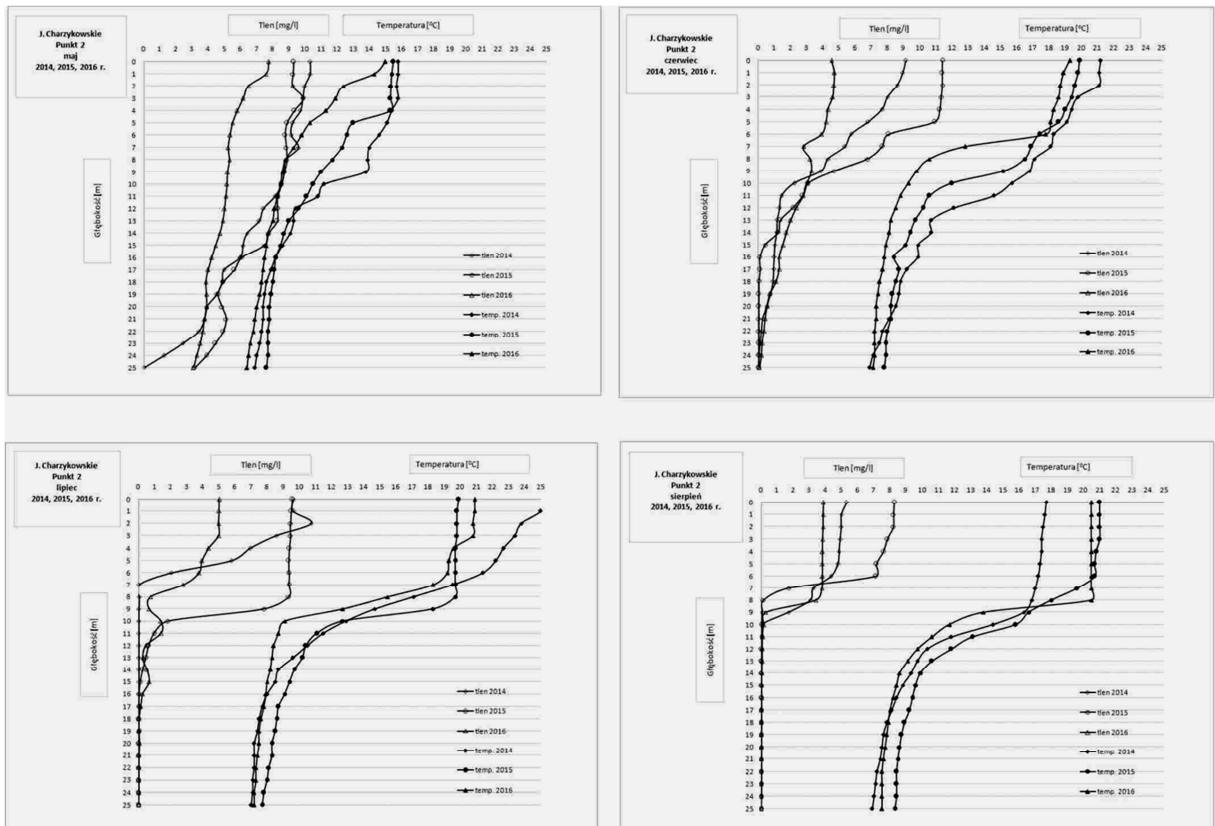
Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na Rysunku 1.



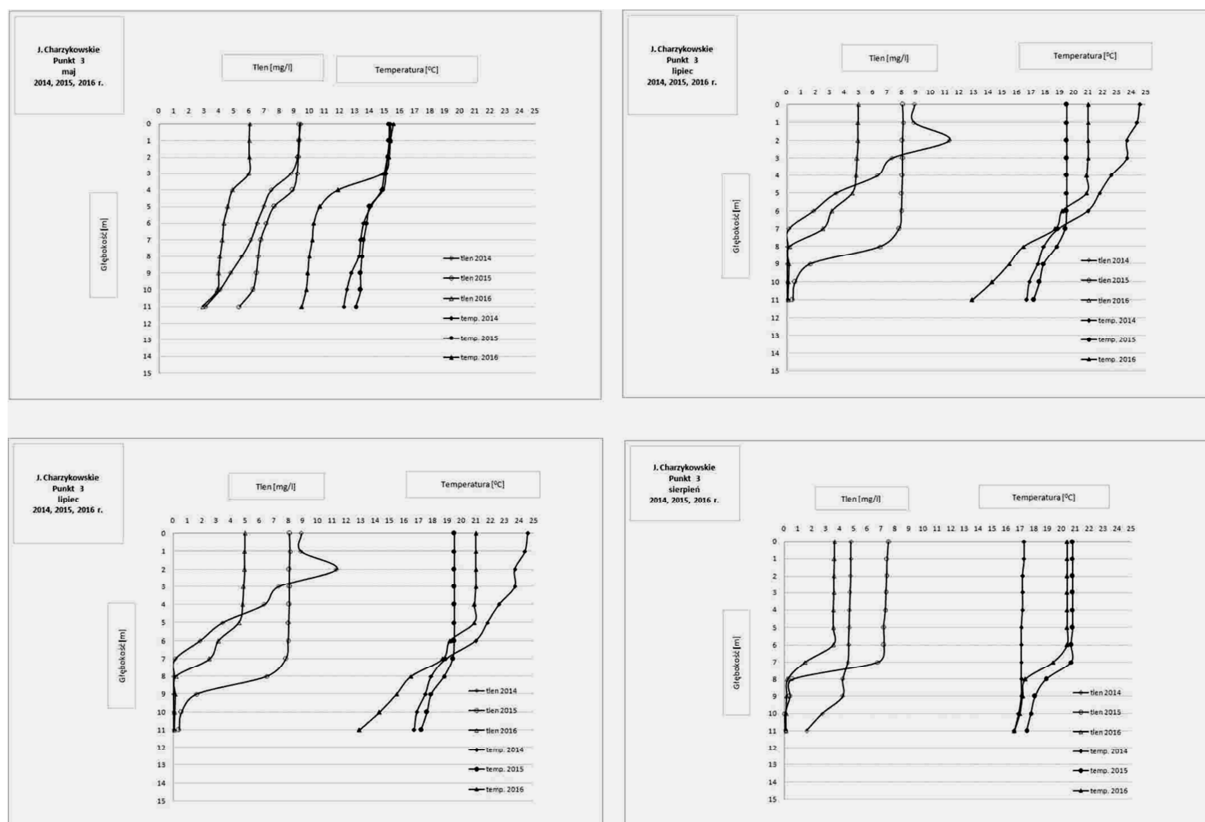
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych.



Rys. 2. Zależność temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego od głębokości miesiącach maj, czerwiec, lipiec i sierpień w latach 2014, 2015, 2016 w punkcie pomiarowym 1.



Rys. 3. Zależność temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego od głębokości miesiącach maj, czerwiec, lipiec i sierpień w latach 2014, 2015, 2016 w punkcie pomiarowym 2.



Rys. 4 Zależność temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego od głębokości miesiącach maj, czerwiec, lipiec i sierpień w latach 2014, 2015, 2016 w punkcie pomiarowym 3.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

W celu weryfikacji punktu 1 hipotezy badawczej obliczono dla każdego punktu pomiarowego w każdym miesiącu badawczym każdego roku wartości współczynnika korelacji liniowej pomiędzy temperaturą i zawartością tlenu rozpuszczonego w wodzie. Rezultaty obliczeń zamieszczono w Tabeli 1. Dla przyjętego w niniejszej pracy poziomu istotności 0,05 i ze względu na dwustronny charakter testu krytyczne wartości współczynnika korelacji wynoszą odpowiednio: 0,3809 dla punktu 1 (27 pomiarów), 0,3893 dla punktu 2 (26 pomiarów) oraz 0,5760 dla punktu 3 (12 pomiarów).

Na podstawie danych Tabeli 1 można stwierdzić, bez jakichkolwiek wyjątków, że wszystkie zamieszczone tam liczby przekraczają ze znacznym nadmiarem warunek minimum istotności statystycznej, przy czym spośród 36 wartości zaledwie 6 mieści się w przedziale 0,8 – 0,9, natomiast pozostałe przekraczają 0,9 osiągając w czterech przypadkach praktycznie jedynkę. Uzyskany rezultat stanowi zatem silną przesłankę weryfikacji punktu 1 powyższej hipotezy badawczej.

W maju roku 2014, 2015 i 2016 w trzech punktach pomiarowych wartości temperatury i zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie wyraźnie wzrasta od warstw naddennych do powierzchniowych. Temperatura warstw powierzchniowych jeziora w tym okresie osiągnęła już 15°C, a na głębokościach poniżej 15 m przekroczyła 9°C. W roku 2016 pomimo podobnej temperatury przy powierzchni, głębsze warstwy były znacznie chłodniejsze niż w latach 2014 i 2015. Podobna tendencja charakteryzowała warunki tlenowe.

W punktach 1 i 2 (zwłaszcza w punkcie 1) w maju wyraźnie kształtuje się już warstwa skoku termicznego (metalimnionu). W niemieszającej się już chłodnej warstwie jeziora (poniżej 9°C) zawartość tlenu rozpuszczonego wyraźnie spada, a w roku 2014 poniżej 24 m występuje jego wyraźny deficyt. W czerwcu temperatura warstw powierzchniowych w obrębie całego jeziora wyraźnie wzrasta, zwłaszcza w roku 2014.

Wartości współczynnika korelacji liniowej w układzie: temperatura vs. zawartość tlenu rozpuszczonego, w poszczególnych punktach pomiarowych Jeziora Charzykowskiego.

| rok<br>punkt | 2014   | 2015   | 2016   |
|--------------|--------|--------|--------|
| Maj          | 0.8677 | 0.9331 | 0.9797 |
| Czerwiec     | 0.9702 | 0.9854 | 0.9250 |
| Lipiec       | 0.8762 | 0.9287 | 0.9759 |
| Sierpień     | 0.9816 | 0.8358 | 0.9252 |
| Maj          | 0.9058 | 0.8357 | 0.9652 |
| Czerwiec     | 0.9535 | 0.9907 | 0.9052 |
| Lipiec       | 0.8482 | 0.9922 | 0.9530 |
| Sierpień     | 0.9059 | 0.8466 | 0.9765 |
| Maj          | 0.9856 | 0.9893 | 0.9565 |
| Czerwiec     | 0.9972 | 0.9049 | 0.9922 |
| Lipiec       | 0.9293 | 0.9902 | 0.9616 |
| Sierpień     | 0.9485 | 0.9800 | 0.9785 |

W punkcie pomiarowym 1 (basen południowy) warstwa wody do głębokości 5 m osiągnęła temperaturę 23°C. W latach 2015 i 2016 miąższość tej warstwy jest porównywalna, choć temperatura niższa. Poniżej tej warstwy temperatura w całym jeziorze w tym okresie gwałtownie spada, a na głębokości od 5 do 7 metrów następuje jej spadek o kilka stopni, nawet w znacznie płytszym (11 m) basenie północnym.

W chłodnej warstwie od głębokości 15 m do dna pogarszają się warunki tlenowe zwłaszcza w roku 2015, gdzie w czerwcu odnotowano jego brak od głębokości 18 m (punkty pomiarowe 1 i 2). Słabe nasycenie tlenem (poniżej 5mg/dm<sup>3</sup>) charakteryzowało również warstwy powierzchniowe w obrębie całego jeziora w czerwcu, a także lipcu i sierpniu 2014 roku. W tych samych miesiącach w roku 2015 i 2016 w warstwie powierzchniowej, stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie miało wartość niemal dwukrotnie wyższą (w porównaniu do roku 2014).

Profile termiczne wykonane na podstawie pomiarów wykonanych w lipcu 2015 i 2016 roku mają już typowy kształt dla okresu stagnacji letniej jezior strefy klimatu umiarkowanego. Strefa skoku termicznego oddziela względnie ciepły epilimnion (około 23°C) o miąższości ponad 8 metrów (punkt 2) od hypolimnionu, który w roku 2016 zalega już od głębokości około 11 m. Najwyższą temperaturę warstw powierzchniowych w lipcu odnotowano w 2014 roku. W warstwach powierzchniowych całego jeziora, (1m pod powierzchnią), temperatura wody przekroczyła 24°C.

Przyczyną łagodnego, ale wyraźnego spadku temperatury w warstwie epilimnionu w trzech punktach pomiarowych może być względnie długotrwały, bezwietrzny okres, niesprzyjający mieszaniu wody jeziora. Wyniki pomiarów zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie w lipcu świadczą o jego deficycie już poniżej głębokości 8 m (nawet w punkcie 3), a warunki beztlenowe w hypolimnionie w trzech kolejnych latach (w punkcie 1 i 2) stwierdzono poniżej 16 m głębokości. W roku 2014 brak tlenu rozpuszczonego w wodzie stwierdzono już na głębokości 7 m.

W szczycie stagnacji letniej przypadającym na miesiąc sierpień warunki termiczno-tlenowe były porównywalne do obserwowanych w lipcu. Jedynie w sierpniu roku 2014 temperatura epilimnionu (w stosunku do pomiarów z lipca) wyraźnie spadła z 24°C do 18°C. Przyczyną tak gwałtownego spadku temperatury w miesiącach letnich może być intensywne przemieszanie ciepłych, przypowierzchniowych warstw z chłodniejszymi, zalegającymi w strefie metalimnionu. Krzywe profili termiczno-tlenowych wykonanych na podstawie przeprowadzonych pomiarów ilustrują powyższą interpretację uzyskanych wyników.

## WNIOSKI

1. Dominującą część wzajemnej zmienności zawartości tlenu rozpuszczonego i temperatury wyjaśnia liniowa korelacja pomiędzy tymi wielkościami. Jej miara, czyli kwadrat współczynnika korelacji, osiąga wartości przekraczające nawet 99% i nie spada poniżej 70%. Potwierdza to trafność punktu 1 hipotezy badawczej.
2. Na podstawie pomiarów temperatury potwierdzono przyjętą hipotezę o zróżnicowanej miąższości warstw stratyfikacyjnych w trzech głównych basenach Jeziora Charzykowskiego. Prawdopodobnymi przyczynami tych różnic są: odmienna budowa morfometryczna poszczególnych basenów jeziora i wpływ warunków klimatycznych, w tym szczególnie dominujący kierunek wiatrów.
3. Deficyty tlenu w warstwach naddennych zaobserwowano już od czerwca, a w kolejnych miesiącach strefa beztlenowa powiększała się, by w miesiącu sierpniu, (szczyt stagnacji letniej), osiągnąć granicę metalimnionu. Dotyczy to basenów południowego i środkowego (punkty 1 i 2), a w basenie północnym (punkt 3) pomimo niewielkiej, maksymalnej głębokości w miesiącach lipcu i sierpniu zaobserwowano wyraźne deficyty tlenu rozpuszczonego już poniżej głębokości 8 metrów.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Ramowa Dyrektywa Wodna.;
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych;
3. Kudelska D, Jabłoński J, Zakrzewska E. Metodyka pomiarów i oceny stanu czystości jezior – wytyczne, Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska. Warszawa; 1975: 59 s.;
4. Kudelska D, Cydzik D, Soszka H. Instrukcja wdrożeniowa systemu oceny jakości jezior. Instytut Kształtowania Środowiska, Zakład Użytkowania Wód; Warszawa: 1980;
5. Kudelska D, Cydzik D, Soszka H. System oceny jakości jezior. Instytut Kształtowania Środowiska; Warszawa: 1983:44 s.;
6. Kudelska D, Cydzik D, Soszka H. 1992, Wytyczne monitoringu podstawowego jezior, PIOŚ, Warszawa, 41 s.;
7. Kudelska D, Cydzik D, Soszka H. 1994, Wytyczne monitoringu podstawowego jezior, PIOŚ, Warszawa;
8. Choiński A; Jeziora kuli ziemskiej; Wyd. PWN; 2000 Warszawa;
9. Lampert W, Sommer U; Ekologia wód śródlądowych; Wyd. PWN; 1996 Warszawa;
10. Skowron R, 2008, Water thermal conditions during winter stagnation in the selected lakes in Poland, *Limnological Review*, 8 (3), 119-128;
11. Lange W, 1985, Ustroje termiczne jezior Pojezierza Kaszubskiego, *Zeszyty Naukowe BiNoZ UG, Geografia*, Gdańsk, 13, 57-77.];
12. Skowron R, 2011, Zróźnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego w jeziorach na Niżu Polskim (The differentiation and the changeability of chosen of elements the thermal regime of water in lakes on Polish Lowland), *Wydawnictwo Uniwersytetu M. Kopernika, Toruń*, 345 s;
13. Skowron R, 2007, The thermocline layer in the thermal water structure of selected Polish lakes, *Limnological Review* 7 (3), 161-169;
14. Jańczak J, Maślanka W, 2006, Cases of occurrence of secondary metalimnia in some lakes of the Elk Lakeland, *Limnological Review*, 6, 123-128;
15. Maślanka W, Nowiński K, 2006, Diversity of development of summer thermocline layer in Lake Upper Raduńskie, *Limnological Review*, 6, 201-206.];
16. Sobolewski W, Borowiak D, Borowiak „Skowron R, 2014, Baza danych jezior Polski i jej wykorzystanie w badaniach limnologicznych. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej. PICADOR Komunikacja Graficzna s.c. Lublin;
17. Kajak Z; Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych; Wyd. PWN; 1998 Warszawa;
18. Oleksowicz A, (1981) Ocena czystości powierzchniowych wód Jeziora Charzykowskiego dokonana na podstawie analizy fitoplanktonu. Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska. ATR w Bydgoszczy;
19. Wiśniewska M, (1994) Dynamika fitoplanktonu Jeziora Charzykowskiego w latach 1987-1990. Wydawnictwo UAM Poznań;
20. Wiśniewska M., (1996) Changes In the phytoplankton of Lake Charzykowskie In relation to the environmental factors. [in:] Bory Tucholskie – Biosphere Conservation. University of Łódź;
21. Wiśniewska M., Luścińska M., (2012) Long-term changes in the phytoplankton of Lake Charzykowskie. *Oceanological and Hydrobiological Studies. International Journal Of Oceanography and Hydrobiology. Volume 41, Issue3*;
22. Stangenberg M., i in., 1950. Morfometria i skład chemiczny wody Jeziora Charzykovo. Jezioro Charzykovo I. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa;
23. Solski A. 1964. Szkic limnologiczny jezior charzykowskich i jeziora Wdzydze. *Polskie Archiwum Hydrobiologiczne, TOM XII (XXV) Nr 2*;
24. Szulkowska-Wojaczek E., 1978. Eutrofizacja jezior i wskaźniki jej postępu (wpływ ścieków miasta Chojnice w okresie 30-lęcia na zanieczyszczenie Jeziora Charzykovo i postępowanie jego eutrofizacji. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu Nr 14. Wrocław*;
25. Cieściński J., Ciechalski J., Borsuk S., Dąbkowski R., Chodakowski K., Wiśniewska M., Evaluation of purity of 25 chosen lakes of the Zaborski Landscape Park on the basis of Physico-chemical parameters". *Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. Łódź 1996*;
26. Nowicka B., Nadolna A. Goszczyński J., Bojakowska I., Gliwicz T. Charzykowskie Lake, First report, Influence of stressors of Charzykowskie Lakes, program EULAKE, Warszawa 2011 r.;
27. Kondracki J., 2011, *Geografia regionalna Polski*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 468 s.

**prof. dr hab. Jerzy K. Garbacz**

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,  
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska,  
Katedra Ekoinżynierii i Fizykochemii Środowiska  
ul. Sucha 9, 85-789 Bydgoszcz  
(52) 340 84 40 / 340 84 45  
jerzy.garbacz@utp.edu.pl