

ZWIĄZKI BIOGENNE A PROCES EUTROFIZACJI WÓD JEZIORA RACZYŃSKIEGO

Ewelina Janicka¹, Jolanta Kanclerz¹, Katarzyna Wiatrowska², Małgorzata Makowska³

¹ Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94E, 60-649 Poznań, e-mail: ejanicka@up.poznan.pl, jkanclerz@up.poznan.pl

² Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94E, 60-649 Poznań, e-mail: kawiatr@up.poznan.pl

³ Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94E, 60-649 Poznań, e-mail: mmak@up.poznan.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań jakości wody Jeziora Raczyńskiego w okresie od sierpnia 2012 do czerwca 2013 oraz oceniono podatność jeziora na degradację. Analizy laboratoryjne próbek wody obejmowały oznaczenia wskaźników biogennych (form azotu i fosforu). Jezioro Raczyńskie to naturalny i stosunkowo płytki zbiornik, z którego początek bierze rzeka Kamionka. Jezioro jest pierwszym z ośmiu jezior rynny kórnicko-zaniemyskiej. Położony jest on w bezpośrednim sąsiedztwie gruntów ornych oraz lasów, a dodatkowo (ze względu na znakomitą lokalizację) narażony jest na duże obciążenie rekreacyjne. Przeprowadzone badania terenowe oraz analizy laboratoryjne wykazały, podwyższoną zawartością ortofosforanów zarówno w wodach jeziora jak i w ciekach je zasilających. A przeprowadzona ocena podatności zbiornika na degradację pozwoliła zakwalifikować zbiornik do III kategorii co wskazuje, że jezioro Raczyńskie jest zbiornikiem podatnym na degradację.

Słowa kluczowe: jezioro, eutrofizacja, zanieczyszczenie, związki biogenne, rekultywacja

BIOGENIC COMPOUNDS AND AN EUTROPHICATION PROCESS OF RACZYŃSKIE LAKE

ABSTRACT

This paper presents the results of water quality analysis of Raczyńskie Lake in the period between August 2012 and June 2013 with the assessment of reservoir susceptibility to degradation. Water quality was evaluated on the basis of biogenic indicators (various form of nitrogen and phosphorus). Raczyńskie Lake is a natural and rather shallow reservoir, which is a spring of the Kamionka River. This is a first lake from eight ribbon lakes of the Kórnicko-Zaniemyski region, situated in a close vicinity of forest and arable land. Additionally this lake is under strong pressure of recreation activity due to its excellent localisation. Research conducted showed increased values of phosphates both in a lake body and in the supplying watercourses. The reservoir was classified to the IIIrd category of susceptibility to degradation indicating that Raczyńskie Lake is vulnerable to a degradation process.

Keywords: lake, eutrophication, pollution, biogenic compounds, remediation

WSTĘP

Eutrofizacją nazywamy wzrost żyzności ekosystemów wodnych, przejawiający się zwiększoną koncentracją związków biogennych (azotu i fosforu), a później silnym rozwojem fitoplanktonu i roślin wyższych. Głównymi przyczynami tego procesu są spływy powierzchniowe, a także punktowe źródła zanieczyszczeń. Prawo wod-

ne z dnia 18.07.2001 definiuje eutrofizację jako: „wzbogacanie wody biogenami, w szczególności związkami azotu lub fosforu, powodującymi przyspieszony wzrost glonów oraz wyższych form życia roślinnego, w wyniku którego następują niepożądane zakłócenia biologicznych stosunków w środowisku wodnym oraz pogorszenie jakości tych wód” [Prawo Wodne 2001].

Z punktu widzenia geologii jest to proces naturalny, który polega na wypełnianiu się misy jeziora osadem dennym, a co za tym idzie zmniejszeniem się objętości zbiornika. Proces ten ulega przyspieszeniu w wyniku działalności człowieka, a za główne źródło owego stanu uważa się ścieki komunalne i przemysłowe, jak również rozwój rolnictwa [Lampert i in. 2001]. Duże tempo eutrofizacji oraz wysoki poziom trofii jezior stanowi obecnie problem światowy. Polska jest krajem bogatym w jeziora, ale niestety większość z nich należy do zbiorników w mniejszym lub większym stopniu eutroficznych. Ochrona tych zbiorników wodnych polega przede wszystkim na znalezieniu sposobów spowolnienia i zahamowania procesów eutrofizacji lub minimalizowania jej ujemnych następstw, poprzez ograniczenie spływu biogenów ze zlewni do zbiornika.

Przeprowadzona w roku 2014 przez WIOŚ w Poznaniu ocena wód jeziornych wykazała, że z 26 przebadanych jezior aż 21 jezior sklasyfikowano jako zbiorniki o złym stanie wód. Stan tych wód jeziornych w województwie wielkopolskim związany był z: punktowymi źródłami zanieczyszczeń, zanieczyszczeniami z obszarów rolniczych, poborem wody na potrzeby ludności i przemysłu, rozwojem istniejących i powstawaniem nowych terenów rekreacyjnych oraz niewystarczającą sanitacją wsi [Pułyk 2015].

Azot jako jeden z głównych pierwiastków budulcowych, jest podstawowym składnikiem białek, a także podstawowym pierwiastkiem bardzo istotnym dla organizmów [Stańczykowska 1997]. Azot pojawia się w wodach powierzchniowych za sprawą ścieków miejskich, przemysłowych oraz spływów powierzchniowych, a także opadów atmosferycznych które przedostają się do wody [Balcerzak 2009]. Związki azotu mogą mieć pochodzenie nieorganiczne jak i organiczne, jednak najczęściej występują nieorganiczne formy azotu m.in. azot amonowy, azot azotanowy (V) [Chróst 2012]. Znajdujący się w wodzie azot amonowy pochodzi głównie ze zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych, ale także z biochemicznego rozkładu materii organicznej [Pawełek i in. 2005]. Z kolei azotany (V), które również przyczyniają się do procesu eutrofizacji, zazwyczaj znajdują się w wodzie w niewielkich stężeniach. W większych stężeniach do wód powierzchniowych przedostają się za sprawą ścieków komunalnych i przemysłowych, ale także wskutek spływów z pól uprawnych [Bielak 2005]. Duży wpływ na proces eutrofizacji mają również związki fosforu, których źródłem są

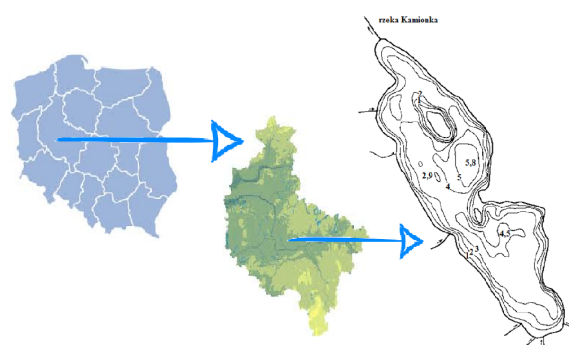
przede wszystkim ścieki komunalne oraz nawozy i środki ochrony roślin wymywane z gleby [Kiryłuk i in. 2011]. Obecność fosforu umożliwia rozwój fitoplanktonu, glonów i drobnoustrojów, gdyż jest on pierwiastkiem limitującym wzrost w wodach śródlądowych [Balcerzak 2009]. Do zbiorników wodnych fosfor może przedostać się wraz z opadami atmosferycznymi, z dopływającymi wodami, a także poprzez dopływ wód gruntowych, spływy powierzchniowe lub w wyniku rozkładu organizmów żywych. Związki fosforu ulegają akumulacji w osadach dennych, skąd mogą być uwalniane w warunkach deficytu tlenu [Stańczykowska 1997].

Celem niniejszej pracy była ocena jakości wód Jeziora Raczyńskiego i cieków zasilających jezioro oraz ocena podatności jeziora na degradację.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO

Jezioro Raczyńskie o powierzchni 84,4 ha położone jest w miejscowości Zaniemyśl (35 km na południe od Poznania) w zlewni rzeki Kamionki, która w unijnym systemie kodowania jednostek hydrograficznych otrzymała kod 185748 [Czarnecka 2005] (rys.1). Jezioro Raczyńskie to zbiornik odpływowy, który jest źródłem rzeki Kamionki (zwanej inaczej Głuszynką). Jest ono pierwszym z ośmiu jezior rynnowych przepływowych, które połączone ze sobą tworzą rynnę kórnicko-zaniemyską [Pułyk i in. 1997].

Długość linii brzegowej jeziora wynosi 6225 m, z czego do ponad 60% jej długości przylega do zabudowy rekreacyjnej. Kształt jeziora jest silnie wydłużony, a jego obrzeża otacza bujna roślinność, głównie są to zadrzewienia liściaste, wśród których dominującym gatunkiem jest olsza. Wo-



Rys. 1. Lokalizacja Jeziora Raczyńskiego
Fig. 1. Localisation of Raczyńskie Lake

kół jeziora zauważyć można także rośliny takie jak trzcina pospolita (*Phragmites Australis*), krowiec wodny (*Oenanthe aquatica* (L.) Poir) czy pałka wodna (*Typha L.*). Dno zbiornika jest zróżnicowane, przy brzegu dno jest twarde i piaszczyste, natomiast pozostałą część dna pokrywają osady denne gromadzące się tam od wielu lat. Na jeziorze znajduje się Wyspa Edwarda Raczyńskiego o powierzchni 3,1 ha. Brzegi wyspy porośnięte są tatarakiem (*Acorus sp.*). Na wyspie znajdują się ponad 300 drzew, z których 17 zostało uznanych za pomniki przyrody oraz drewniany domek szwajcarski (zbudowany w XIX wieku).

Z uwagi na złą jakość wody, już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku opracowano i wdrożono program odnowy jeziora Raczyńskiego, który polegał na zamontowaniu dwóch grup aeratorów, w najgłębszych miejscach zbiornika. [Pułyk i in. 1997].

METODY I MATERIAŁY

W celu scharakteryzowania stanu ekologicznego i jakości wody w kąpieliskach wykonano analizy fizykochemiczne wód pobieranych z 10 punktów pomiarowo – kontrolnych (ppk) zarówno z jeziora (4 punkty: A-D) jak i cieków zasilających zbiornik (6 punktów: P1-P6) (rys. 2). Analizy laboratoryjne próbek wody zostały wykonane w laboratorium analitycznym Katedry Inżynierii Wodnej i Sanitarnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Analizy te obejmowały oznaczenie wybranych wskaźników fizykochemicznych takich jak: azot azotanowy (V), azot amonowy i ortofosforany. Na podstawie wielkości stężeń w/w parametrów biogennych oceniono stan ekologiczny wód jeziora i cieków zasilających według Rozporządzenia Ministra Środowiska 2014 roku [poz. 1482] oraz przy-



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych – kontrolnych
Fig. 2. Localisation of the control points

datność do kąpielii wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2002 roku [Dz. U. nr 183, poz. 1530]. Próbkę wody pobierano w czterech terminach: 09.08.2012; 04.12.2012; 17.04.2013; 12.06.2013.

W pracy oceniono również podatności zbiornika na degradację według metodyki Kudelskiej i in. [1994] według 7 parametrów morfometrycznych (tab.1).

WYNIKI BADAŃ

Ocena jakości wód cieków zasilających jezioro

Ocenę jakości wód cieków zasilających Jezioro Raczyńskie wykonano na podstawie wartości granicznych dla danych klas wg załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22.10.2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [poz. 1482].

Analiza stężeń azotu azotanowego (V) w wodach cieków zasilających Jezioro Raczyńskie wykazała, że najwyższe stężenia (wynoszące w kwietniu 2013 r. 8 mg N-NO₃·dm⁻³) tego wskaźnika zanotowano w ppk P1 i przekraczało ono wartość graniczną dla II klasy czystości (5 mg N-NO₃·dm⁻³). Również wiosną 2013 roku wysokie stężenie tego biogenu wynoszące 5,8 mg N-NO₃·dm⁻³ notowano w ppk P5. Wysokie stężenia azotu azotanowego (V) w ciekach zasilający spowodowane mogło być spływem substancji biogenych z pól odwadnianych przez te cieki. Natomiast najniższe stężenia nie przekraczające wartości granicznej dla I klasy (2,2 mg N-NO₃·dm⁻³) notowano w ppk P2, P3 i P4 zlokalizowanych na obszarach leśnych (rys.6).

Natomiast analiza stężeń azotu amonowego w wodach cieków zasilających Jezioro Raczyńskie wykazała, że najwyższe stężenia (w grudniu 2012 r. nawet 7 mg N-NH₄·dm⁻³) tego wskaźnika zanotowano w ppk P2 i przekraczało ono wartość graniczną dla II klasy czystości (1,56 mg N-NH₄·dm⁻³). Również latem 2012 roku w ppk P2 i P4 notowano wysokie stężenia wynoszące ponad 4 mg N-NH₄·dm⁻³. Wysokie stężenia azotu amonowego w ciekach zasilający spowodowane mogło być nielegalnym zrzutem ścieków. Natomiast najniższe stężenia nie przekraczające wartości granicznej dla I klasy (0,78 mg N-NH₄·dm⁻³) notowano w ppk P1 i P6 (rys.4).

Analiza stężeń ortofosforanów w wodach cieków zasilających Jezioro Raczyńskie wykazała, że najwyższe stężenia (wynoszące w grudniu 2012 r. 1,9 mg PO₄³⁻·dm⁻³) tego wskaźnika zanotowano w ppk P6 i przekraczało ono wartość graniczną dla II klasy czystości, która wynosi 0,31 mg PO₄³⁻·dm⁻³. Również latem 2013 roku w ppk P1 notowano wysokie stężenie wynoszące 1,7 mg PO₄³⁻·dm⁻³. Wysokie stężenia ortofosforanów w ciekach zasilający spowodowane mogło być spływem substancji biogenych z pól odwadnianych przez te cieki. Natomiast najniższe stężenia nie przekraczające wartości granicznej dla I klasy (0,2 mg PO₄³⁻·dm⁻³) notowano w ppk P3, P4, P5 i P6 latem 2012 r. oraz wiosną 2013 r. w ppk P5. Cieki zasilające Jezioro Raczyńskie w większości osiągają zawartości ortofosforanów przekraczające dopuszczalne normy dla II klasy jakości wód. (rys. 5).

Ocena przydatności wód jeziora raczyńskiego do kąpielii

Na podstawie uzyskanych w okresie badań wyników stężeń parametrów biogenych (azotu azotanowego (V) i amonowego oraz ortofosforanów) oceniono przydatność wód jeziora do kąpielii.

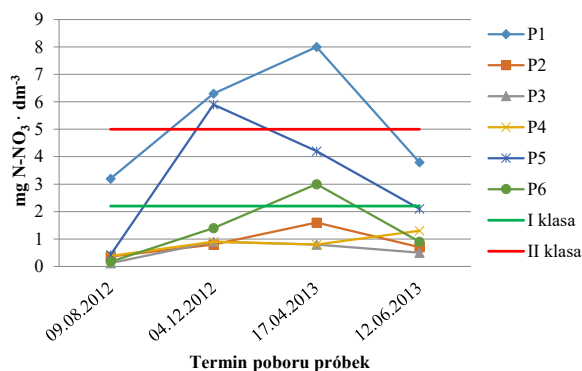
Według Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 2002 roku [Dz. U. nr 183, poz. 1530] wartościami dopuszczalnymi jakim powinna odpowiadać woda do kąpielii to:

- azotu azotanowego (V) do 6,0 mg ·dm⁻³,
- zotu amonowego do 3,0 mg ·dm⁻³,
- ortofosforanów do 0,6 mg ·dm⁻³.

Stężenia azotu azotanowego (V) w wodach jeziora wynosiły od 0,16 mg N-NO₃ ·dm⁻³ w ppk C do 1,30 mg N-NO₃ ·dm⁻³ w ppk A oraz B i nie przekraczały wartości dopuszczalnej jakim powinny odpowiadać wody w kąpieliskach (rys. 6).

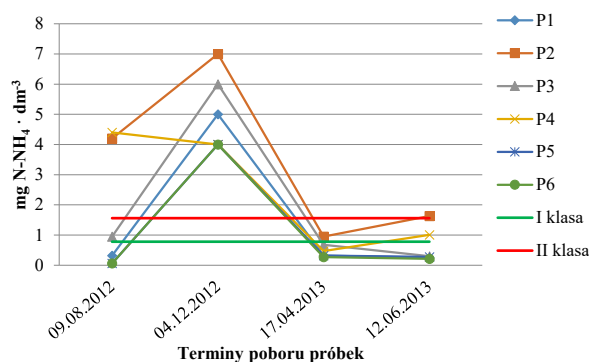
Najwyższe stężenia notowano w terminach 17.04.2013 i 12.06.2013, w ppk A i B (punkty znajdujące się najbliżej głęboczka).

Pod względem zawartości azotu amonowego wartości dopuszczalne zostały przekroczone tylko w jednym terminie jesienno-zimowym (04.12.2012 r.) we wszystkich punktach pomiarowo – kontrolnych, co spowodowane mogło być nielegalnym zrzutem ścieków i zatrzymaniem aktywnego wzrostu roślin (rys. 7). W pozostałych terminach stężenia wynosiły od 0,06 mg N-NH₄ ·dm⁻³ w ppk A do 1,02 mg N- NH₄ ·dm⁻³ w ppk C



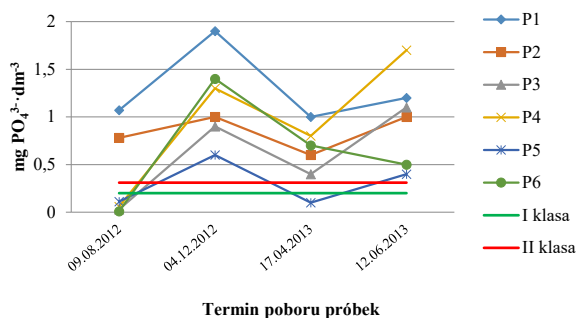
Rys. 3. Przebieg stężeń azotu azotanowego w ciekach zasilających jezioro w okresie badań

Fig. 3. Changes of nitrate nitrogen concentrations in the supplying watercourses during a study period.



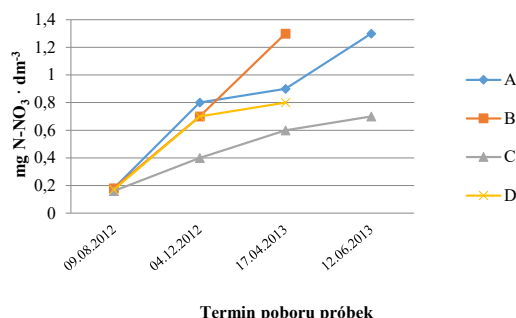
Rys. 4. Przebieg stężeń azotu amonowego w ciekach zasilających jezioro w okresie badań

Fig. 4. Changes of ammonia nitrogen concentration in the supplying watercourses during a study period.



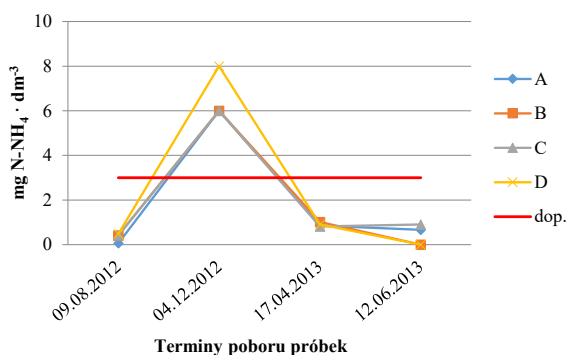
Rys. 5. Przebieg stężeń ortofosforanów w ciekach zasilających jezioro w okresie badań

Fig. 5. Changes of phosphates concentration in the supplying watercourses during a study period.



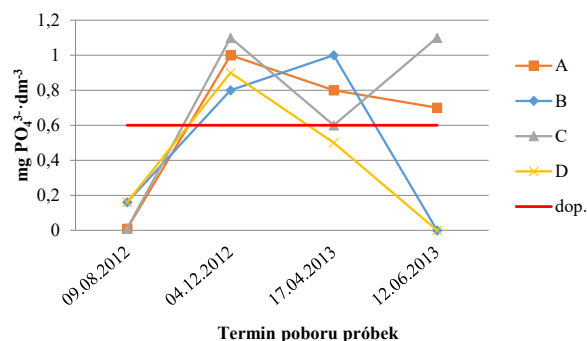
Rys. 6. Porównanie zawartości azotu azotanowego w wodach Jeziora Raczyńskiego z wartością dopuszczalną wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2002 r.

Fig. 6. Comparison of nitrate nitrogen concentration with threshold value according to the ordinance of Minister of the Health since 2002



Rys. 7. Porównanie zawartości azotu amonowego w wodach Jeziora Raczyńskiego z wartością dopuszczalną wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2002 r.

Fig. 7. Comparison of ammonia nitrogen concentration with threshold value according to the ordinance of Minister of the Health since 2002



Rys. 8. Porównanie zawartości ortofosforanów w wodach Jeziora Raczyńskiego z wartością dopuszczalną wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2002 r.

Fig. 8. Comparison of phosphate concentration with threshold value according to the ordinance of Minister of the Health since 2002

i nie przekraczały wartości dopuszczalnej jakim powinny odpowiadać wody w kąpieliskach.

Analiza stężeń ortofosforanów wykazała, że wody jeziora Raczyńskiego nie odpowiadają dopuszczalnym normom, o których mowa w Rozporządzeniu aż w trzech terminach badawczych (rys. 8). Tylko latem 2012 roku (w sierpniu 2012) stężenie ortofosforanów w wodzie nie przekraczało dopuszczalnej wartości dla wód w kąpieliskach. Najwyższe wartości stężeń ortofosforanów występowały w grudniu 2012 r. i przekraczały wartość dopuszczalnych norm dwukrotnie.

Ocena podatności na degradację

Na podstawie siedmiu wskaźników: głębokości średniej jeziora, stosunku objętości jeziora do długości linii brzegowej, procentu stratyfikacji wód i wymiany wody, stosunku powierzchni dna czynnego do objętości epilimnionu, współczynnika Schindlera oraz sposobu zagospodarowania zlewni bezpośredniej przeprowadzona została ocena podatności na degradację jeziora Raczyńskiego, która pozwoliła sklasyfikować zbiornik do III kategorii co wskazuje, że jezioro Raczyńskie jest zbiornikiem podatnym na degradację (tab. 1).

Najbardziej niekorzystnymi dla jeziora parametrami są przede wszystkim: mała głębokość średnia i związany z nią brak stratyfikacji wód, a także wysoki stosunek powierzchni dna czynnego do objętości epilimnionu, co prowadzi do wyższej produktywności zbiornika i spadku jakości wody.

Niekorzystny jest również stosunek długiej linii brzegowej w stosunku do objętości jeziora.

PODSUMOWANIE

Analizy stężeń substancji biogenych zarówno w Jeziorze Raczyńskim jak i w ciekach zasilających jezioro wykazały podwyższone stężenia ortofosforanów prawie we wszystkich terminach badawczych, ale najwyższe wartości tego biogenu zaobserwowano w grudniu 2012 r. W terminie tym w wodach jeziora i w ciekach zanotowano również wysokie stężenia azotu amonowego. W jeziorze stężenia azotu amonowego osiągały wartości niemal trzykrotnie wyższe, niż wartość dopuszczalna jakiej powinna odpowiadać woda przydatna do kąpielii wg Rozporządzenie Ministra Zdrowia. Natomiast w ciekach zasilających zbiornik stwierdzono dwukrotne a nawet czterokrotne przekroczenia wartości granicznej dla II klasy czystości wód wg Rozporządzenie Ministra Środowiska.

Natomiast stężenia azotu azotanowego (V) w wodach jeziora i ciekach zasilających zbiornik w większości punktów pomiarowo-kontrolnych były niskie i nie przekraczały wartości dopuszczalnej wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia oraz wartości granicznej dla I klasy czystości wg Rozporządzenia Ministra Środowiska.

Według oceny podatności jeziora na degradację, Jezioro Raczyńskie zakwalifikowano do III kategorii jako jezioro charakteryzujące się dużą podatnością na degradację. Jakość wód jeziora Raczyńskiego pomimo zabiegów rekultywacyjnych z roku na rok pogarsza się. Ze względu na brak naturalnych mechanizmów obronnych jeziora oraz dużej podatności jeziora na degradację należy zapobiegać dalszemu pogarszaniu się jakości wody poprzez modernizację istniejącego

Tabela 1. Ocena podatności Jeziora Raczyńskiego na degradację

Table 1. Evaluation of susceptibility of Raczyńskie Lake to degradation process

Wskaźnik	Wartość wskaźnika	Punktacja
Głębokość średnia, m	2,80 ⁽¹⁾	4
Objętość jeziora / długość linii brzegowej, tys. m ³ ·m ⁻¹	0,44 ⁽¹⁾	4
Stratyfikacja wód, %	0,00 ⁽²⁾	4
Powierzchnia dna czynnego / objętość epilimnionu, m ² ·m ⁻³	0,36 ⁽²⁾	4
Wymiana wody w ciągu roku, %	35,00 ⁽²⁾	2
Współczynnik Schindlera pow. zlewni + pow. jeziora / objętość, m ² ·m ⁻³	3,90 ⁽²⁾	2
Sposób zagospodarowania zlewni bezpośredniej	Różnorodność	2
Wynik punktacji i sumaryczna kategoria podatności na degradację		3,14 = III kategoria

⁽¹⁾ – wg Jańczak 1996.

⁽²⁾ – wg Pułyk i in. 1997.

systemu rekultywacji, przez napowietrzanie oraz wprowadzenie barier biologicznych. Należy również uporządkować gospodarkę wodno-ściekową na terenie zlewni jeziora aby wyeliminować punktowe źródła zanieczyszczeń.

LITERATURA

1. Balcerzak W. 2009. Eutrofizacja wód stojących – prognozowanie i wpływ na technologię uzdatniania wody. Politechnika Krakowska. Kraków.
2. Bielak S. 2005. Zagrożony raj. Eutrofizacja wód powierzchniowych Biebrzańskiego Parku Narodowego. Zielona Polska, 92–101.
3. http://www.sebastianbielak.pl/uploads/pdf/Eutrofizacja_wod_powierzchniowych_Biebrzanskiemu_Parku_Narodowego_S_Bielak.pdf [10.04.2016].
4. Chróst R.J. 2012. Ocena aktualnego stanu jakości ekologicznej wód oraz analiza zagrożeń eutrofizacyjnych systemu jeziora Śniardwy. Zakład Ekologii Mikroorganizmów UW. Lokalna Grupa Działania „Mazurskie Morze”. http://www.zemuw.pl/pl/files/docs/JM_Raport_Sniardwy.pdf [02.04.2016].
5. Jańczak J. 1996. Atlas jezior Polski. IMGW oddz. w Poznaniu. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań.
6. Kiryluk [HYPERLINK „http://yadda.icm.edu.pl/yadda/contributor/6ae53aea41d622d9dddc88fda5e013f5”](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/contributor/6ae53aea41d622d9dddc88fda5e013f5), A. Rauba [HYPERLINK „http://yadda.icm.edu.pl/yadda/contributor/4a4bec017221888ed810de0143423efb”](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/contributor/4a4bec017221888ed810de0143423efb), M. 2011. Wpływ rolnictwa na stężenie fosforu ogólnego w wodach powierzchniowych zlewni rzeki Śliny. Inżynieria Ekologiczna, nr 26.
7. Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. 1994. Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. Państwowa Inspekcja Środowiska. Warszawa.
8. Lampert W., Sommer U. 2001. Ekologia wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
9. Pawełek J., Spytek M. 2005. Substancje biogenne w dopływach Zbiornika Dobczyckiego. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4. 99–113.
10. Pułyk M. 2015. Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2014. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań.
11. Pułyk M., Buczyńska E. 1997. Stan czystości wód powierzchniowych w zlewni rzeki Kopli na podstawie badań monitoringowych. Państwowa Inspekcja Ochrony środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Poznań.
12. Prawo Wodne, z dnia 18 lipca 2001 r., Dz.U. 2001 Nr 115 poz. 1229.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych.
14. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach.
15. Stańczykowska A. 1997. Ekologia naszych wód. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.



Pracę dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.