

Jakość wód powierzchniowych po rekultywacji na przykładzie Jeziora Głęboczek

*Adam Traczykowski, Krzysztof Berleć, Barbara Rzepczyk
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

1. Wstęp

Polska należy do krajów bogatych w jeziora. Ponad 9000 polskich jezior zajmuje powierzchnię większą niż 1 ha, stanowiąc łącznie 3179 km² (1% całego terytorium kraju). Powierzchnia ponad 50% jezior nie przekracza 5 ha, a tylko 34 jeziora są większe od 1000 ha [3].

Gwałtowny rozwój cywilizacji, wyrażającej się postępowaniem technicznym, rozwojem przemysłu, urbanizacji i motoryzacji niesie wiele zagrożeń dla naturalnego środowiska. Jednym z nich jest postępująca degradacja ekosystemów jeziornych, które są bardziej podatne na zanieczyszczenia niż wody płynące [4]. Następstwem tego jest występowanie niekorzystnego zjawiska eutrofizacji oraz czynników chorobotwórczych jak: wirusów, zjadliwych bakterii i grzybów oraz inwazyjnych form pasożytniczych pierwotniaków i helmintów [9]. W wodach stojących liczba drobnoustrojów zależy przede wszystkim od typu zbiornika, przy czym w największej ilości występują w zbiornikach płytkich, szybko nagrzewających się, gdzie decydującym czynnikiem jest obecność substancji organicznych niezbędnych dla ich rozwoju [12].

Największe znaczenie, z sanitarno-higienicznego punktu widzenia, mają mikroorganizmy dostające się do wód ze ściekami bytowo-gospodarczymi, szczególnie kałem ludzi i zwierząt stałocieplnych, takie jak pałeczki *Escherichia coli*, *Salmonella*, paciorkowce kałowe *Enterococcus faecalis* i laseczki przetrwalnikujące *Clostridium perfringens*, *Cl. novyi*, *Cl. septicum* [10, 12].

Celem przeprowadzonych badań mikrobiologicznych była ocena sanitarno-higieniczna wody jeziora Głęboczek, ze szczególnym uwzględnieniem bakterii mezofilnych, bakterii grupy coli oraz rodzajów *Streptococcus* i *Salmonella*.

2. Materiał i metody

Jeziro Głębocek położone jest na Pojezierzu Południowo-Pomorskim, na terenie miasta Tucholi. Ma powierzchnię 17,4 ha, a największa głębokość sięga 5,0 m, przy głębokości średniej 3,3 m. W skład roślinności wynurzonej wchodzi zbiorowiska szuwarowe i oczeretowe, które tworzą zwarte, jednogatunkowe płyty. Jezioro nie posiada dopływów powierzchniowych, a odpływ stanowi funkcjonujący okresowo ciek o nazwie Hozjanna, który jest prawobocznym dopływem Brdy. Podatność jeziora na degradację odpowiada słabej III kategorii [7].

Bezpośrednie otoczenie jeziora zajmuje zabudowa miejska, pola uprawne, ogródki działkowe oraz tereny rekreacyjne, w tym ośrodek sportu i rekreacji oraz kąpielisko miejskie. Od południa z jeziorem sąsiaduje miejskie ujęcie wody, które eksploatuje zasoby wód podziemnych z warstwy użytkowej, znajdującej się na głębokości od 37 do 60 m ppt.

Jeziro Głębocek jest zbiornikiem płytkim, a układy termiczne pozwalają zaliczyć je do zbiorników polimiktycznych z tendencją tworzenia się okresowej stratyfikacji termicznej w okresie wiosenno-letnim. Stąd też uległo ono silnej eutrofizacji, co przejawiało się występowaniem „zakwitów” glonów, szczególnie sinic. Spowodowało to konieczność podjęcia działań ochronnych i rekultywacyjnych, zapobiegających dalszej degradacji jeziora.

Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do października 2005 roku na wodach jeziora Głębocek. Wodę pobierano z 3 miejsc do szklanych sterylizowanych butelek laboratoryjnych o pojemności 1 litra, przez ich zanurzenie na głębokość 15 cm (rys. 1). Następnie próby schładzano do temperatury 4°C i transportowano do laboratorium. Czas od chwili pobrania prób wody do wykonania analiz nie przekraczał 4 godzin.

W badanej wodzie oznaczono ilościowe występowanie:

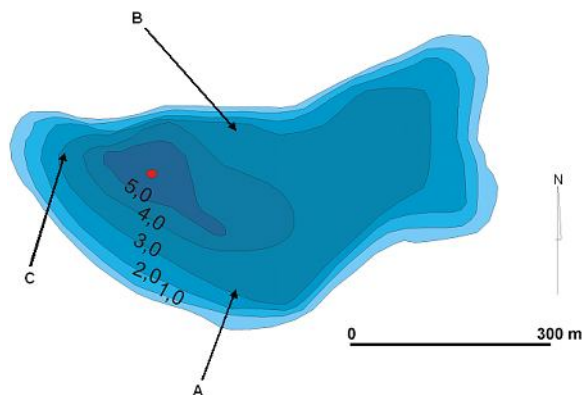
- bakterii mezofilnych,
- miano i liczbę bakterii grupy coli,
- *Streptococcus faecalis*,
- bakterii z rodzaju *Salmonella*.

Ogólną liczbę bakterii mezofilnych wykonano metodę seryjnych rozcieńczeń. Z przygotowanych 5 rozcieńczeń wykonano posiewy na agarze odżywym (Standard I – Nährgar), które inkubowano przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Policzono wyrosłe kolonie, wybierając płytki zawierające od 10 do 300 kolonii, a liczbę bakterii (L) z 1 ml wody obliczono wg wzoru:

$$L = \frac{C}{(N_1 + 0,1 \cdot N_2) \cdot d} \cdot 10$$

gdzie:

- C – suma kolonii na płytkach wybranych do liczenia,
- N_1 – liczba płytek z 1 liczonego rozcieńczenia,
- N_2 – liczba płytek z 2 liczonego rozcieńczenia,
- d – współczynnik rozcieńczenia mniejszego.



Rys. 1. Plan batymetryczny Jeziora Głęboćek [14]; A – stanowisko I (kąpielisko), B – stanowisko II (rów opaskowy), C – stanowisko III (okolice biostruktur)

Fig. 1. Bathymetric plan of Głęboćek Lake [14]; A – station I (bathing beach), B – station II (ditch), C – station III (biostructures area)

W badanej wodzie oznaczono ogólną liczbę bakterii, NPL bakterii grupy coli i paciorkowców kałowych oraz obecność drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella*. Analizę mikrobiologiczną wykonano w przeciągu 5 godzin od momentu pobrania próby. Metoda oznaczania najbardziej prawdopodobnej liczby paciorkowców kałowych (D-streptokoków) w badanej wodzie polegała na posianiu odpowiednich objętości próbek wody na pożywce płynnej namnażająco-selektywnej (bulion dla paciorkowców wzbogacający), która umożliwia selektywne wzbogacanie i izolację paciorkowców z różnych materiałów, szczególnie zanieczyszczonych drobnoustrojami towarzyszącymi. Obecny w pożywce azydek i siarczan (IV) hamują rozwój gram-ujemnych bakterii towarzyszących, a gram dodatnie są lekko hamowane niskimi stężeniami fioletu krystalicznego, natomiast paciorkowce nie ulegają działaniu tego związku w takim stężeniu. Wykonane w ten sposób posiewy inkubowano w temperaturze 37°C przez 48 godzin. Ze wszystkich dodatnich i wątpliwych hodowli w probówkach z pożywką namnażająco-selektywną z badania wstępnego wykonano posiewy na pożywkę stałą – agar z kanamycyną, eskuliną i azydkiem, na płytkach Petriego. Hodowlę prowadzono w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Końcowej identyfikacji wyizolowanych szczepów dokonano przy użyciu testów sero-

logicznych i biochemicznych. Liczbę bakterii oznaczono za pomocą metody NPL dla zestawu trzyprobówkowego, korzystając z tablic Mc Crady'ego.

Pałeczki *Salmonella* wykrywano stosując dwa podłoża płynne: zbuforowaną wodę peptonową (nieselektywne namnażanie) oraz pożywkę z zielenią malachitową i chlorkiem magnezu. Wstępną identyfikację wykonano wykorzystując dwa podłoża stałe: BPL (z zielenią brylantową, czerwienią fenolową i laktozą) oraz XLD (z ksylozą, laktozą i dezoksycholanem).

Bakterie grupy *coli* rozpoznawano w etapie wstępnym na bulionie laktozowym z purpurą bromokrezolową, w kolejnym etapie wykorzystano stałe podłoże wybiórcze – tergitol-7-agar (z laktozą, błękitem bromotymolowym, heptadecylo siarczanem sodowym i chlorkiem 2,3,5-trifenyloctetrazoliowym).

Ponadto dokonano pomiaru temperatury wody jeziornej za pomocą termometru momentalnego oraz pH cyfrowym pH-metrem Dramińskiego.

3. Wyniki badań i dyskusja

Stan mikrobiologiczny, zwłaszcza sanitarno-epidemiologiczny, jezior jest uzależniony od zanieczyszczeń wprowadzanych do zlewni punktowo, okresowo lub pasmowo i może ulegać zmianom pod wpływem różnych czynników środowiskowych [2]. Do najistotniejszych dla bakterii czynników fizycznych występujących w wodzie, zalicza się temperaturę oraz odczyn. Duża zmienność uwarunkowań meteorologicznych i środowiskowych powoduje ciągłą zmianę termicznej struktury wody, zwłaszcza od kwietnia do połowy września.

Jak wynika z tabeli 1, najniższą temperaturę wody odnotowano w kwietniu ($10 \div 11^\circ\text{C}$). W miesiącu tym nie odnotowano obecności bakterii grupy coli, *Streptococcus* i *Salmonella*, natomiast liczba bakterii mezofilnych wahała się w granicach $4,83 \cdot 10^3 \div 1,30 \cdot 10^4$ jtk/ml. Należy dodać, że odczyn wód jeziora Głęboćek w analizowanym miesiącu badań był najwyższy i wynosił $8,73 \div 8,86$.

W kolejnych miesiącach badań (maj-lipiec) odnotowano wzrost temperatury wody oraz nieznaczne obniżenie odczynowości wody (tab. 1). Konsekwencją pochłaniania energii słonecznej jest stratyfikacja termiczna w zbiorniku wodnym, a stymulujący wpływ temperatury na żywe organizmy uważa się za zjawisko powszechne w strefie klimatu umiarkowanego. Temperatura na tempo przemian metabolicznych u bakterii, oddziałuje w sposób bezpośredni oraz pośredni poprzez zmianę zawartości tlenu, stężenia soli mineralnych, pH, potencjału redukcyjnego itp. [13].

Jeziora województwa kujawsko-pomorskiego nie ulegają procesowi zakwaszania. W zdecydowanej większości odczyn wód jest słabo lub silnie alkaliczny, a średnia wartość pH wód w okresie letnim wynosiła 8,5 [5]. Zakwaszeniu jezior zapobiega dobre zbuforowanie wody, będące wynikiem znacznej zasobności wód w węglany wapnia i magnezu. W badaniach własnych odczyn wody charakteryzował się niewielkimi zmianami we wszystkich terminach ba-

dań. Wartości zawierały się w przedziale od 7,89 do 8,86, co może wskazywać na mało istotny wpływ pH na liczebność bakterii w badanym jeziorze. Należy jednak zaznaczyć, że najniższy odczyn występował w czerwcu na stanowisku I, a najwyższy w kwietniu na stanowisku II.

We wszystkich rodzajach wód występują mikroorganizmy pochodzące z różnych źródeł, a ocena ich ogólnej liczby może dostarczyć informacji dotyczących jej jakości. Wyniki badań mikrobiologicznych wody jeziora Głęboćek zestawiono w tabeli 1. Największą liczbę bakterii mezofilnych odnotowano w lipcu ($2,95 \cdot 10^6$ jtk/ml), natomiast najniższą w czerwcu ($4,28 \cdot 10^2$ jtk/ml). Na podwyższony poziom liczby tych bakterii w kwietniu mogły mieć wpływ zjawiska okresowej cyrkulacji pionowej wody, transportujące zawieszinę bakteryjną z warstw przydennych. Niższy stopień zanieczyszczenia jeziora tymi bakteriami w czerwcu mógł być wynikiem sedimentacji zanieczyszczeń zawierających bakterie. Smyła i wsp. [11] podają, że na zmniejszenie liczebności bakterii w wodzie znaczący wpływ mają organizmy odżywiające się bakteriami.

Wysoka liczebność bakterii w lipcu wskazuje na dopływ do jeziora zanieczyszczeń allochtonicznych. Wpływ na to mogło mieć wzmożone rekreacyjne wykorzystanie wód jeziora, a także większa ilość opadów deszczu notowana przed pobraniem prób. Wraz z wodą deszczową mogły być wyplukiwane do jeziora większe ilości zanieczyszczeń z pól i łąk, które stanowią aż 70% powierzchni zlewni jeziora Głęboćek.

Na liczebność wykrywanych bakterii ma także wpływ ich rozmieszczenie w wodzie. Korzeniewska i Gotkowska-Płachta [6] badając wody jeziora Wigry w okresie stagnacji letniej (sierpień), odnotowały maksymalne liczebności bakterii mezofilnych na głębokości od 1 do 2 m oraz poniżej 5 m.

W większości krajów, wskaźnikiem sanitarnym decydującym o klasyfikacji wody jest miano, indeks lub NPL bakterii grupy coli i bakterii grupy coli typu kałowego [12]. Z badań własnych wynika, że w przypadku najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL) bakterii grupy coli, występujących w 100 ml badanej wody jeziora Głęboćek, w kwietniu i maju, na żadnym stanowisku nie stwierdzono obecności bakterii z tej grupy. Maksymalne wartości bakterii grupy coli odnotowano w czerwcu na stanowisku III ($9,5 \cdot 10^3$ jtk/100 ml) oraz w lipcu na każdym z badanych miejsc ($4,0 \div 9,0 \cdot 10^2$ jtk/100 ml). Obecność w wodzie bakterii grupy coli świadczy o stosunkowo świeżym zanieczyszczeniu wody kałem, ściekami lub gnijącym materiałem roślinnym.

Podobne wartości w czerwcu uzyskali Markiewicz i wsp. [8], kiedy to NPL bakterii grupy coli wynosiła $3,13 \cdot 10^3$ jtk/100 ml. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 16.09.2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach, liczba bakterii grupy coli nie powinna przekraczać $5,0 \cdot 10^2$ jtk w 100 ml. Biorąc pod uwagę powyższą Ustawę, wody z jeziora Głęboćek, ze względu na ten parametr, można zaklasyfikować do I i II klasy czystości, natomiast w czerwcu na stanowisku III nawet do IV klasy.

Tabela 1. Wyniki badań wód powierzchniowych jeziora Głęboćzek**Table 1.** Results of the analysis lakes water of Głęboćzek

Miesiąc	Stanowisko	Temperatura [°C]	pH	Liczba bakterii mezofilnych [jtk/ml]	Liczba bakterii grupy coli [jtk/ml]	Liczba bakterii <i>Streptococcus</i> [jtk/ml]	Liczba bakterii <i>Salmonella</i> [jtk/ml]
Kwiecień	I	11,0	8,75	$1,30 \cdot 10^4$	n.s.	n.s.	n.s.
	II	10,0	8,73	$1,24 \cdot 10^4$	n.s.	n.s.	n.s.
	III	10,0	8,86	$4,83 \cdot 10^3$	n.s.	n.s.	n.s.
Maj	I	15,2	8,24	$4,32 \cdot 10^3$	n.s.	n.s.	n.s.
	II	14,5	8,34	$4,82 \cdot 10^4$	n.s.	n.s.	n.s.
	III	14,0	8,28	$6,27 \cdot 10^4$	n.s.	n.s.	n.s.
Czerwiec	I	22,0	7,89	$4,28 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.
	II	22,2	7,92	$6,67 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.	n.s.
	III	22,0	7,95	$1,00 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^3$	n.s.	n.s.
Lipiec	I	24,2	8,35	$3,00 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.
	II	24,1	8,41	$2,50 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.
	III	24,0	8,34	$2,95 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.
Październik	I	15,1	8,52	$2,68 \cdot 10^3$	n.s.	n.s.	n.s.
	II	14,5	8,42	$2,04 \cdot 10^3$	n.s.	n.s.	n.s.
	III	14,0	8,49	$1,77 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^2$	n.s.	n.s.

n.s. – nie stwierdzono

Uznany wskaźnikiem zanieczyszczenia bakteryjnego są bakterie pochodzenia jelitowego, tzn. grupy coli typu kałowego, paciorkowce kałowe oraz beztlenowe bakterie przetrwalnikujące *Clostridium perfringens*. W badaniach własnych, jak wynika z tabeli 1, w poszczególnych punktach pomiarowych jeziora Głębocek, przez cały okres badań nie stwierdzono występowania bakterii z rodzaju *Streptococcus* i *Salmonella*. Podobne wyniki uzyskali również Donderski i wsp. [1], którzy w okresie wiosenno–letnim nie odnotowali obecności paciorkowców kałowych w jeziorze Partęczyny Wielkie. Na taki stan mogło mieć wpływ promieniowanie słoneczne, a szczególnie promieniowanie UV, które zmniejsza liczebność mikroorganizmów w zbiornikach wodnych. Badania kąpieliska przeprowadzone przez Powiatową Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Grudziądzu w okresie od kwietnia do września 2004 i 2005 roku wykazały również brak obecności tego rodzaju bakterii chorobotwórczych.

4. Wnioski

1. Temperatura i pH wody kształtowały się na poziomie charakterystycznym dla badanych pór roku i nie miały znaczącego wpływu na liczebność analizowanych bakterii.
2. Pod względem wskaźników mikrobiologicznych wody jeziora Głębocek nie przekraczały dopuszczalnych wartości, zgodnie z Dz.U.Nr 183/2002, poz. 1530.
3. Największą liczbę bakterii mezofilnych stwierdzono w lipcu ($2,95 \cdot 10^6$ jtk/ml), czego prawdopodobną przyczyną były spływy powierzchniowe z pól oraz wzmożone rekreacyjne wykorzystanie zbiornika. Mogło to mieć również odzwierciedlenie w nieznacznym wzroście liczby bakterii grupy coli w czerwcu.
4. W całym okresie prowadzonych badań nie stwierdzono występowania bakterii z rodzaju *Salmonella* i *Streptococcus*.

Literatura

1. **Donderski W., Kunicki M., Stopiński M.:** *Occurrence of coliform and fecal streptococci bacteria groups in the Lake Wielkie Partęczyny*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Prace Limnol. Wyd. UMK Toruń, 18, 88, 45-53, 1993.
2. **Filipkowska Z., Gołaś I., Korzeniewska E., Lewandowska D., Zmysłowska I.:** *Mikrobiologia ogólna i środowiskowa*. Wydawnictwo UWM, Olsztyn, 2002.
3. **Graczyk M.:** *Czy zdążymy uratować jeziora?* Ekol. i Tech., 2, 4, 7-10, 1993.
4. **Guz K., Doroszkiewicz W.:** *Kontrola i ocena jakości wody w ochronie środowiska i zdrowia publicznego*. Ekol. i Tech., 11, 4, 23-31, 2003.
5. **Jutrowska E., Goszczyński J.:** *Stan czystości jezior województwa kujawsko-pomorskiego. V Konferencja Naukowo-Techniczna, nt. „Ochrona i rekultywacja jezior”*, Grudziądz, 77-80, 2004.

6. **Korzeniewska E., Gotkowska-Plachta A.:** *Pionowe rozmieszczenie drobnoustrojów wskaźnikowych oraz stosunki termiczno-tlenowe w wodzie pelagialu i profundalu Jeziora Wigry.* Arch. Ochr. Środ., 3, 30, 13-26, 2004.
7. **Lossow K., Gawrońska H., Łopata M., Jaworska B.:** *Efektywność rekultywacji polimiktycznego Jeziora Głęboćek w Tucholi metodą inaktywacji fosforu. Materiały Konferencyjne nt. „Ochrona i rekultywacja jezior”,* Grudziądz, 131-139, 2004.
8. **Markiewicz D., Deptuła W., Bączkowski M.:** *Wyniki badań mikrobiologicznych prób wody z wybranych jezior na terenie miasta Szczecina.* Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ochrona i rekultywacja jezior i zbiorników wodnych”, Międzyzdroje, 7-8 marca, 87-98, 1996.
9. **Niewolak S., Chrzanowska L., Golaś I., Pijorek A., Sadurska J.:** *Sanitary and Bacteriological Survey of an Artificially Aerated Eutrophic Lake Starodworskie, Poland.* Polish Journal of Environmental Studies, 6, 6, 33-45, 1997.
10. **Rheinheimer G.:** *Mikrobiologia wód.* PWRiL Warszawa, 1987.
11. **Smyła A., Głowacka K., Kostecki M.:** *Bakterie wskaźnikowe stanu sanitarnego i potencjalnie chorobotwórcze w wodzie zbiornika zaporowego Dzierżono Duże (województwo śląskie).* Arch. Ochr. Środ., 2, 28, 87-94, 2002.
12. **Smyła A.:** *Zagrożenia bakteryjne wód powierzchniowych.* www.ietu.katowice.pl, 2004.
13. **Walczak M., Donderski W.:** *Dynamizm of changes of bacterioneuston numer and activity.* Acta Universitatis Nicolai Copernici. Prace limnologiczne. Wyd. UMK Toruń, 25, 113, 173-185, 2005.
14. *Materiały Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Bydgoszczy*

Quality of Surface Water after Renaturalisation on the Example of Lake Głęboćek

Abstract

Taking a decision about a modification of elements making up the ecosystem requires thorough knowledge about the manipulated system and predicting all possible results of such interference. Turning back the effects of anthropopression demands taking immediate action not only within the lake basin in the form of technological remediation measures. Primarily, these should be protective action, involving the organization of water supply and sewage disposal in the basin and (which is much more difficult) reduction of biogenic substance flow to the lake. Remediation ventures have been applied throughout the world, not always with success. They are thought to be risky, long-term and demanding considerable financial outlays. For this reason, they must be carefully planned by a team of experts and conducted under permanent supervision. These conditions were not fully met in the case of Lake Głęboćek, whose remediation brought only a slight and, unfortunately, short-lived improvement.

The aim of the study carried out was to estimate the sanitary state of waters in Lake Głęboćek on the basis of selected groups of microorganisms.

In terms of microbiological gauges of the water of the lake Głęboćek didn't exceed permissible values, according to Dz.U.Nr 183/2002, poz. 1530. In the entire period of conducted examinations appearing of the bacterium wasn't stated from the kind *Salmonella* and *Streptococcus*. Probably cause of considerable polluting in the summer period were surface flows from fields and recreational using of the lake.

