

**Stanisław Niewolak\*, Wiesława Rodziewicz\*, Radosław Czajka\*,  
Wojciech Rodziewicz\***

**BAKTERIOLOGICZNE WSKAŹNIKI STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA  
I STANU SANITARNEGO DROBNYCH ZBIORNIKÓW ŚRÓDLEŚNYCH  
W OKOLICY OLSZTYNA**

**BACTERIOLOGICAL INDICATORS OF POLLUTION AND SANITARY  
STATE OF MID-FOREST WETLANDS NEAR OLSZTYN**

**Słowa kluczowe:** bakterie wskaźnikowe, zbiorniki śródleśne, woda, zanieczyszczenie.

**Key words:** bacteria, indicator bacteria, water reservoirs, pollution.

*The degree of bacteriological contamination of water of five mid-forest reservoirs near Olsztyn was studied in the annual cycle. Reservoirs differed in size, width, nature of the transition zone and the location. Reservoirs 1 and 5 were located near housing estates, while reservoirs 2, 3, 4 were located away from the residential buildings. In the majority of water samples from the investigated reservoirs, the number of the indicator bacteria of the degree of contamination (TVC 22°C, TVC 37°C) and sanitary state (TC, FC, FS) corresponded to the values accepted to the uncontaminated water or only slightly contaminated (I and/or II water purity class). Only 14-34% of water samples collected from the reservoirs 1, 3, 4, 5 corresponded to the more contaminated water (III water purity class). The majority or all water samples collected from the mid – forest reservoirs near Olsztyn contained a number of TVC 22°C, TVC 37°C, TC, FC, FS and Clostridium perfringens disqualifying them for consumption by humans and animals.*

## 1. WPROWADZENIE

Wśród rezerwuarów wody na Pojezierzu Mazurskim przeważają zbiorniki małe o powierzchni do 1 ha. Zbiorniki śródleśne odgrywają szczególną rolę w magazynowaniu

---

\* *Prof. dr hab. Stanisław Niewolak, mgr inż. Radosław Czajka, mgr inż. Wiesława Rodziewicz, mgr inż. Wojciech Rodziewicz – Katedra Mikrobiologii Środowiskowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Prawocheńskiego 1, 10-957 Olsztyn-Kortowo; tel.: 89 523 45 32; e-mail: rodziew@uwm.edu.pl*

wód roztopowych, są również źródłem wody pitnej dla zwierzyny leśnej. Stanowią miejsce bytowania ptactwa wodnego i okresowo wędrownego.

Zagrożeniem dla czystości oczek wodnych mogą być odchody zwierzęce wprowadzane ze zlewni. Stanowią one potencjalne źródło biogenów i drobnoustrojów o znaczeniu sanitarnym [Gwiazda 1996; Janta 1993].

Nie bez znaczenia jest również liczebność i aktywność ptactwa żerującego w wodzie (dzikie kaczkę, gęsi, łabędzie, cyranki), w szczególności mew [Alderisio, De Luca 1999, Kuhn i in. 2002, Lévesque i in. 1993, 2000, Seymour i in. 1994]. Według Lévesque i in. [2000] obecność 30 mew na niewielkim akwenu zwiększa liczbę bakterii *coli* typu kałowego (*Escherichia coli*), powodując wzrost zanieczyszczenia kałowego do wartości nieakceptowalnych dla wód rekreacyjnych (powyżej 200 NPL 100·cm<sup>-3</sup>). Tak więc stan czystości bakteriologicznej małych zbiorników uwarunkowany jest przede wszystkim liczbą zwierząt tam żerujących, ale również wpływem zanieczyszczeń ze zlewni.

Czynnikiem ograniczającym przedostawanie się bakterii, wraz ze spływami powierzchniowymi, są zwarte kompleksy leśne, ściółka leśna i roślinność przybrzeżna. Pasy zielone otaczające oczka wodne stanowią naturalny filtr ograniczający dopływ zanieczyszczeń, w tym też odzwierzęcych [Åström i in. 2006].

W dostępnej literaturze brak jest danych dotyczących stopnia zanieczyszczenia bakteriologicznego i stanu sanitarnego drobnych zbiorników śródlęśnych na Pojezierzu Mazurskim oraz przydatności i bezpieczeństwa takich wód dla zwierzyny leśnej.

## 2. OBIEKT BADAŃ

Badane zbiorniki śródlęgowe położone są na południowy zachód od Olsztyna na terenie Starego Dworu części dzielnicy administracyjnej Kortowo w Olsztynie (między 20°60' a 20°64' długości geograficznej wschodniej i między 53°56' a 53°60' szerokości geograficznej północnej). Badaniami objęto zbiorniki wodne różniące się usytuowaniem w terenie, głębokością, wielkością powierzchni, szerokością strefy roślinności szuwarowej:

- 1) zbiornik 1 o powierzchni 0,2 ha i głębokości 1,2 m (okresowo wysychający), położony w bezpośrednim sąsiedztwie osiedla mieszkaniowego, otoczony jest niewielkimi wzniesieniami, dolną część wzniesień porastają wierzby (*Salix* sp.);
- 2) zbiornik 2 położony w zagłębieniu terenu; dookoła lustra wody rozciągają się tereny podmokłe, wiosną całkowicie zalewane; ma powierzchnię 0,7 ha i głębokość 6,4 m; wzgórza są porośnięte lasem mieszanym, a litoral – trzciną pospolitą (*Phragmites communis*) i pałąk wodną (*Typha latifolia*); oczko wodne;
- 3) zbiornik 3 ma charakter kanału o szerokości ok. 2 m i powierzchni 0,9 ha; głębokość jego zależy od stanu wód gruntowych i opadowych (płytki, okresowo wysychający); dominującą roślinność na tym terenie stanowią trawy i skrzypy (*Equisetum* sp.); w sąsiedztwie kanału rośnie wierzba (*Salix* sp.);

- 4) zbiornik 4, największy, o powierzchni 20 ha i głębokości 5–6 m – zbiornik przepływowy zasilany wodami powierzchniowymi i podziemnymi; wioną cały obszar w jego obrębie zalewany jest wodami roztopowymi; od strony wschodniej znajduje się duże wzniesienie porośnięte lasem mieszanym; na pozostałej części terenu rozciąga się las iglasty i rośnie wierzba (*Salix* sp.); dominującą roślinnością są turzyce (*Carex* sp.) i sity (*Juncus* sp.), naokoło zbiornika rośnie trzcina pospolita (*Phragmites communis*) i pałka wodna (*Typha latifolia*);
- 5) zbiornik 5 o powierzchni 1,6 ha i głębokości 2,6 m, położony w zagłębieniu terenu jest całkowicie zalesiony sosną; zbiornik zarybiany (często odwiedzany przez wędkarzy).

### 3. METODY BADAŃ

Próbki wody do badań pobierano w odstępach miesięcznych od maja 1992 r. do kwietnia 1993 r., z głębokości 0,3 m pod powierzchnią wody i w najgłębszych miejscach zbiorników w pelagialu, do jałowych naczyń szklanych. Schłodzone próby transportowano do laboratorium i poddawano analizie mikrobiologicznej.

Badania obejmowały oznaczenie liczebności bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia (TVC 22°C, TVC 37°C) i stanu sanitarnego (TC, TC, FS) oraz bakterii beztlenowych redukujących siarczyny. W celu dokonania oceny jakości wody pod względem mikrobiologicznym określono:

- 1) liczbę bakterii heterotroficznych ( $\text{jtk} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) (TVC 37°C) po 24 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C i (TVC 22°C) po 72 godzinach inkubacji w temperaturze 22°C, na agarze odżywczym;
- 2) najbardziej prawdopodobną liczbę ( $\text{NPL} \cdot 100\text{cm}^{-3}$ ) bakterii z grupy coli (TC) po 48 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C i bakterii coli typu kałowego (FC) (*Escherichia coli*) po 24 godzinach inkubacji w temperaturze 44,5°C, na pożywce Eijkmana;
- 3) najbardziej prawdopodobną liczbę ( $\text{NPL} \cdot 100\text{cm}^{-3}$ ) paciorkowców kałowych (FS), na pożywce bulionowej z błękitem metylenowym i azydkiem sodowym po 72 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C;
- 4) liczbę ( $\text{jtk} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) beztlenowych bakterii zarodnikujących, redukujących siarczyny na podłożu Wilson-Blaira (po uprzedniej pasteryzacji prób wody przez 10 minut w temperaturze 80°C), po 18 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w 3 równoległych powtórzeniach z tej samej próby i oznaczano zgodnie z przyjętą w kraju techniką bakteriologicznego badania wody pitnej i zgodnie z wytycznymi zawartymi w Standard Methods [APHA, 1992].

Podczas poboru prób każdorazowo mierzono temperaturę wody termometrem rtęciowym. W dniu badań i do 7 dni przed poborem prób prowadzone były obserwacje meteorologiczne dotyczące temperatury powietrza, sumy opadów atmosferycznych i siły wiatru.

Uzyskane wyniki badań liczebności bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia i stanu sanitarnego w wodzie zbiorników śródlęśnych porównywano z danymi rozporządze-

nia Ministra Środowiska i Leśnictwa [2004] oraz zawartymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia [2007] dotyczącymi jakości wody oraz jej przydatności do spożycia dla ludzi. Przyjmuje się, że takim samym rygorom powinna odpowiadać woda do picia dla zwierząt gospodarskich i innych.

#### 4. WYNIKI BADAŃ

W wodzie badanych zbiorników śródlęśnych liczba bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia (TVC 22°C, TVC 37°C) i stanu sanitarnego (TC, FC, FS) w okresie badawczym wahała się w zakresie od jednego (zbiornik 2) do kilku rzędów wielkości (zbiornik 1, 4 i 5). Maksymalne liczebności tych bakterii występowały w miesiącach letnich, wyjątkowo zimą w lutym (pod lodem) najwyższe liczby TC stwierdzono w zbiornikach 2, 3 i 5. Beztlenowe bakterie zarodnikujące, redukujące siarczyny (*Clostridium perfringens*), występowały sporadycznie. Z reguły najmniej bakterii występowało w wodzie zbiornika 2, a najwięcej w wodzie zbiorników: 1 (TVC 37°C), 3 (TVC 22°C, TC, FC, FS) oraz 4 i 5 (TVC 22°C) (tab. 1).

**Tabela 1.** Zakres i średnia liczba bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia (TVC 22°C i TVC 37°C) i stanu sanitarnego (TC, FC, FS, *Clostridium perfringens*) w wodzie drobnych zbiorników śródlęśnych w okolicy Olsztyna

**Table 1.** Range and average number of indicator bacteria of pollution state (TVC 20°C, TVC 37°C) and sanitary state (TC,FC,FS, *Clostridium perfringens*) on the water of a small interforested reservoirs in the region Olsztyn

Zbiornik Nr	<sup>1</sup> TVC 22°C	<sup>2</sup> TVC 37°C	<sup>3</sup> CP	<sup>4</sup> TC	<sup>5</sup> FC	<sup>6</sup> FS
	jtk · cm <sup>-3</sup>			NPL · 100 cm <sup>3</sup>		
1	3440 <sup>a</sup>	10350	-	720	18	425
	1780-6350 <sup>b</sup>	30-30600	0	3-2400	<3-39	23-1400
2	470	32	0,2	455	24	41
	10-2050	10-200	0-5	3-1100	<3-460	<3-75
3	13120	4175	-	1495	602	688
	2500-32000	130-12080	0-5	70-2400	0-2400	23-2400
4	3590	7850	-	430	30	180
	400-11500	10-50000	0	30-2400	4-75	<3-2400
5	3230	1060	-	535	80	50
	475-11500	10-6500	0	11-2400	<3-460	<3-210

**Objaśnienia:**

<sup>1</sup> liczba bakterii heterotroficznych psychrofilnych, <sup>2</sup> liczba bakterii heterotroficznych mezofilnych,

<sup>3</sup> liczba *Clostridium perfringens*, <sup>4</sup> liczba bakterii grupy coli, <sup>5</sup> liczba bakterii coli typu kałowego,

<sup>6</sup> liczba paciorkowców kałowych, <sup>a</sup> – nad kreską podano wartości średnie; <sup>b</sup> – pod kreską zakres liczebności, jtk – jednostki tworzące kolonie; NPL – najbardziej prawdopodobna liczba bakterii.

Na podstawie ilorazu TVC 22°C do TVC 37°C określono stopień zanieczyszczenia wody badanych zbiorników materią organiczną łatwo rozkładalną. Najwyższy procentowy udział próbek niezanieczyszczonych stwierdzono w zbiornikach 2, 3 i 4, a najniższy ich procentowy udział – w dwóch pozostałych (tab. 2). We wszystkich przebadanych próbkach wyliczono iloraz FC do FS wskazujący na rodzaj kałowego zanieczyszczenia badanych zbiorników. W największej liczbie próbek wody stwierdzono odzwierzęcy rodzaj zanieczyszczenia, mieszany (od ludzi i zwierząt) – w ok. 30% próbek. Zanieczyszczenia fekalnego pochodzenia ludzkiego nie wykazano w wodzie zbiorników 1 i 3 (tab. 2).

**Tabela 2.** Procent prób wody zbiorników śródleśnych w okolicy Olsztyna o stosunku liczbowym TVC 22°C:TVC 37°C i FC:FS

**Table 2.** Percentage distribution of water samples of interforested reservoirs near Olsztyn with the ratio TVC 22°C:TVC 37°C and FC:TC

Zbiornik nr	Stosunek liczbowy TVC 22°C:TVC 37°C		Stosunek liczbowy FC:FS			
	<10 <sup>a</sup>	>10 <sup>b</sup>	> 4 <sup>c</sup>	0,7–4 <sup>d</sup>	0,043–0,7 <sup>e</sup>	< 0,043 <sup>f</sup>
1	66	34	0	20	80	0
2	28	72	30	30	40	0
3	33	63	0	25	75	0
4	43	57	30	30	40	0
5	70	30	12	25	63	0
Zanieczyszczenie materią organiczną: <sup>a</sup> wody zanieczyszczone <10 <sup>b</sup> wody niezanieczyszczone >10			Kałowe zanieczyszczenie: <sup>c</sup> pochodzenia ludzkiego >4 <sup>d</sup> pochodzenie mieszane 0,7–4 <sup>e</sup> zwierzęcy charakter zanieczyszczeń 0,043–0,7 <sup>f</sup> pochodzące od drobnych zwierząt <0,043			

Zgodnie z danymi rozporządzenia Ministra Środowiska i Leśnictwa z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji wód powierzchniowych, na podstawie maksymalnie dopuszczalnej liczby TC i FC dla poszczególnych klas czystości, większość próbek wody pobieranej w zbiornikach 1, 2, 4 i 5 nie przekroczyła odpowiednio 500 i 200 NPL·100 cm<sup>-3</sup> podawanej dla wody dobrej, a nawet bardzo dobrej jakości, zaś pobieranej w zbiorniku 3 zadowalającej jakości (odpowiednio 5000 i 2000 NPL·100 cm<sup>-3</sup>). Tylko pojedyncze próbki wody z tego zbiornika zawierały bakterie w ilościach podawanych dla wody złej jakości (do 2·10<sup>4</sup> NPL·100 cm<sup>-3</sup> FC). Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi tylko 10% próbek wody pobieranej w zbiorniku 1 i 4% próbek wody pobieranej w zbiorniku 2 spełniała odpowiednie wymagania (poniżej 100 jtk·cm<sup>-3</sup> TVC 22°C i poniżej 20 jtk·cm<sup>-3</sup> TVC 37°C, oraz brak TC, FC, FS i *Clostridium perfringens* w 100 cm<sup>3</sup> wody). Ponieważ woda do spożycia dla zwierząt powinna odpowiadać takim samym rygorom bakteriologicznym jak dla ludzi, można zatem przypuszczać, iż woda badanych zbiorników śródleśnych nie była bezpieczna dla zwierzyny leśnej.

## 5. Dyskusja

Liczba bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia (TVC 22°C, TVC 37°C) i stanu sanitarnego (TC, FC, FS) w wodzie badanych zbiorników śródlęśnych w analizowanym okresie badawczym była co najmniej 10-krotnie większa od stwierdzanych w wodzie większych jezior (śródlęśnych) na obszarze Wigierskiego Parku Narodowego i na Pojezierzu Suwalsko-Augustowskim [Kuczyńska, Niewolak 2004]. Stosunkowo mniejsze liczebności tych bakterii stwierdzane w wodzie zbiornika 2 można tłumaczyć jego usytuowaniem w trudno dostępnym terenie. Zbiornik ten jest otoczony szerokim pasem roślinności bagiennej, spełniającym rolę filtru zatrzymującego zanieczyszczenia antropogeniczne. Miarą czystości wody tego zbiornika może być 72% próbek o stosunku TVC 20 do TVC 37 wyższym od 10 (tab. 2).

Według Ministry of Health [1969] stosunek liczbowy TVC 22°C:TVC 37°C w wodach czystych jest wyższy od 10, w wodach zanieczyszczonych jest niższy od 10. Ewentualnym źródłem zanieczyszczenia pozostałych 28% próbek wody tego zbiornika mogły być kaczki krzyżówki (*Anas platyrhynchos* L.) i cyranki (*Anas querquedula*) tam żerujące.

Maksymalne liczebności odpowiednich TVC 22°C, TVC 37°C, TC, FC, FS stwierdzane w wodzie zbiornika 3, związane było zapewne z jego usytuowaniem w terenie otwartym, łatwo dostępnym dla ludzi i zwierząt dziko żyjących (łosi, saren) oraz mew.

Wahania liczebności bakterii wskaźnikowych w wodzie zbiorników śródlęśnych w okolicy Olsztyna (maksymalną liczebność późną wiosną i latem oraz okresowo jesienią i zimą) były zapewne związane z warunkami atmosferycznymi (temperatura wody, roztopy i opady, intensywność promieni światła słonecznego) oraz aktywnością ptactwa wodnego i zwierzyzny leśnej. Wzrost liczebności bakterii heterotroficznych od maja do lipca 1992 r. mógł być związany z dopływem zanieczyszczeń podczas wiosennych roztopów w kwietniu i, lub opadów deszczu późną wiosną i wczesnym latem. Z opadami deszczu mogło być związane liczniejsze występowanie bakterii heterotroficznych w wodzie zbiorników 2, 4 i 5 oraz bakterii grupy coli i coli typu kałowego w wodzie zbiornika 5, kiedy suma opadów deszczu za 2 i 7 dni przed poborem prób wynosiła odpowiednio 5 i 17 mm.

Czynnikiem modyfikującym sezonowe wahania liczebności bakterii w wodzie badanych zbiorników śródlęśnych mogło być ptactwo wodne. Odchody ptactwa wodnego są nie tylko źródłem N i P [Janta 1993] dla bakterii heterotroficznych, odpowiedzialnych za mineralizację azotowej substancji organicznej, ale również bakterii z grupy pałeczki okrężnicy (TC, FC) i paciorkowców kałowych (FS) oraz bakterii chorobotwórczych przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt.

Według danych literaturowych [Alderisio, De Luca 1999] tylko w 1 g odchodów mewy delawarskiej (*Larus delawarensis* L.) znajduje się do  $3,68 \cdot 10^7$  bakterii coli typu kałowego (*Escherichia coli*), zaś w 1 g odchodów kaczki krzyżówki (*Anas platyrhynchos* L.) – do  $5,6 \cdot 10^{10}$ – $4,9 \cdot 10^{11}$  bakterii coli typu kałowego (*Escherichia coli*) i do  $8,3 \cdot 10^7$ – $6,3 \cdot 10^8$  paciork-

kowców kałowych (FS). Aktywnością ptactwa wodnego można tłumaczyć maksymalne liczebności paciorkowców kałowych (FS) w wodzie zbiorników 2, 4 i 5 w sierpniu 1992 r. Liczebności bakterii TC, FC, FS wnoszonych przez to ptactwo mogą być równoważone bakteriobójczym oddziaływaniem promieni UV światła słonecznego [Bourrouet i in. 2001, Burkhardt i in. 2000, Chang i in. 1985, Davies i in. 1995], wyjadaniem przez pierwotniaki oraz w wyniku lizy wirusowej [Brettar, Höfle 1992, Simek i in. 2001].

Znaczenie mieć mogą również okresy rozwoju i obumierania fitoplanktonu [Guixa-Boixereu i in. 1999]. Podczas zakwitu zielenic i sinic uwalniane są substancje toksyczne, które mogą ograniczać rozwój i wzrost bakterii przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt [Fallowfield i in. 1996, Niewolak 1980]. Zimą (pod lodem) większe liczebności bakterii grupy coli TC w wodzie zbiorników 2, 3 i 5 mogły być związane z okresowymi roztopami i przedostawaniem się zanieczyszczeń odłożonych przez zwierzynę leśną. Ten charakter zanieczyszczenia potwierdza stosunek liczbowy FC:FS niższy od 0,7, właściwy dla zanieczyszczeń odzwierzęcych [Geldreich 1976]. Poza tym zimą przy niskiej temperaturze wody aktywność organizmów konkurencyjnych dla bakterii jelitowych jest mniejsza niż w innych porach roku. Niewykluczone jest też przedostawanie się tych bakterii z powierzchniowej warstwy osadów dennych, gdzie występują wielokrotnie liczniej [Niewolak i in. 2011].

## 6. WNIOSKI

1. W większości próbek wody badanych zbiorników śródlęśnych w okolicy Olsztyna liczba bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia i stanu sanitarnego odpowiadała wartościom podawanych dla czystych lub tylko nieznacznie zanieczyszczonych wód powierzchniowych.
2. Najmniejszy procent próbek wody czystej (I klasy czystości) stwierdzono w zbiorniku 3, największy – w zbiorniku nr 2.
3. Większość lub wszystkie próbki wody badanych zbiorników nie spełniały wymagań stawianych wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi i zwierzęta.
4. Stopień zanieczyszczenia bakteriologicznego wody badanych zbiorników śródlęśnych podlegał wahaniom w ciągu roku i był wypadkową wielorakich czynników środowiskowych.
5. Stosunek liczbowy FC:FS niższy od 0,7 w większości próbek wody badanych zbiorników sugeruje przeważający udział w ich zanieczyszczeniu dzikich zwierząt i ptactwa wodnego.

## PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- ALDERISIO K. A., DE LUCA N. 1999. Seasonal enumeration of fecal coliform bacteria from the feces of ring-billed gulls (*Larus delawarensis*) and Canada geese (*Branta canadensis*). *Appl. Environ. Microbiol.* 65(12): 5628–5630.
- Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18 ed. 1992. Eds. G. E. Greenberg, L.S. Cloesceri, A. D. Eaton Publ. Office American Public Health Association, Washington, D.C. 9-1-9-147.
- ÅSTRÖM J., CARLANDERA., SAHLÉN K., STENSTRÖM T.A. 2006. Fecal indicator and pathogens reduction in vegetation microcosms. *Water, Air, and Soil Pollution*, 176: 375–387.
- BOURROUET A., GARCIA J., MUJERIEGO R., PENUELAS G. 2001. Fecal bacteria and bacteriophage inactivation in a full-scale UV disinfection systems used for wastewater reclamation. *Wat. Sci. Tech.* 43(10): 187–194.
- BRETTAR I., HÖFLE M.G. 1992. Influence of ecosystematic factors on survival of *Escherichia coli* after large-scale release into lake water mesocosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 58(7): 2201–2210.
- BURKHARDT III W., CALCI K.R., WATKINS W.D., RIPPEY S.C., CHIRTEL S.J. 2000. Inactivation of indicator microorganisms in estuarine waters. *Wat. Res.* 34: 2207–2214.
- CHANG J.C., OSSOFF S.F., LOBE D.C., DORFMAN M.H., DUMAIS C.M., QUALLS R.G., JOHNSON J.D. 1985. Inactivation of pathogenic and indication microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 49(6): 1361–1365.
- DAVIES C.M., LONG G.A., DONALD M., ASHBOLT N.J. 1995. Sunlight and survival of enteric bacteria in natural waters. *J. Appl. Bacteriol.* 70: 265–274.
- FALLOWFIELD H. J., CROMER L. M., EVISON L. M. 1996. Federal Water Pollution Control Administration, US Dept. of Interior, 1968. Water Quality Criteria: Report of the Canada on water quality criteria. Washington, D.C. 1–12.
- GELDREICH E.E. 1976. Fecal coliforms and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving water. *CRC Critical Reviews In Environmental Control.* 6: 349–366.
- GUIXA-BOIXEREU N., LYSNES K., PEDRÓS-ALIÓ C. 1999. Viral lysis and bacterivory during a phytoplankton bloom in coastal water microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(5): 1949–1958.
- GWIAZDA R. 1996. Contribution of water birds to nutrient loading to the ecosystem of mesotrophic reservoir. *Ekol. Pol.* 44: 289–297.
- JANTA A. 1993. Rola ptaków w krążeniu materii i przepływie energii w ekosystemie jeziora Drużno. *Przegląd Zoolog.* 37: 291–298.
- KUCZYŃSKA A., NIEWOLAK S. 2004. Ocena stopnia zanieczyszczenia i stanu sanitarno-bakteriologicznego wody jezior dystroficznych na obszarze Wigierskiego Parku Narodowego. *Rocznik Suwalsko-Augustowski* 4: 205–216.



- KUHN R.C., ROCK C.M., OSHIMA K.H. 2002. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in wild ducks along the Rio Grande River valley in southern New Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(1): 161–165.
- LÉVESQUE B., BROUSSEAU P., SIMARD P., DEVAILLY E., MEISELS M., RAMSAY D., JOLY J. 1993. Impact of the ring-billed gull (*Larus delawarensis*) on the microbiological quality of recreational water. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 1128–1230.
- LÉVESQUE B., BROUSSEAU P., BERMER F., DEVAILLY E., JOLY J. 2000. Study of the bacterial content of ring-billed gull droppings in relation to recreational water quality. *Wat. Res.* 34: 1089–1096.
- MINISTRY OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. 1969. The bacteriological examination of water supplies 4 Ed. London, 1–390.
- NIEWOLAK S. 1980. Badania porównawcze nad przeżywalnością niektórych bakterii jelitowych w wodzie i osadach dennych jezior różnych typów. *Zesz. Nauk: ART Olsztyn* 10: 71–83.
- NIEWOLAK S., RODZIEWICZ W., CZAJKA., RODZIEWICZ W. 2011. Drobnoustroje czynne w obiegu pierwiastków biogenych w wodzie i osadach dennych zbiorników śródlądowych w okolicy Olsztyna (w przygotowaniu).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska i Leśnictwa z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód** (Dz.U. z 2004 r. Nr 32, poz. 284).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. dotyczące wymagań jakości wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi** (Dz.U. z 2007 r. Nr 61, poz. 417).
- SEYMOUR C., LEWIS R. G., KIM M., GAGNON D. F., FOX J. G., DEWHIRSON F. E., PASTER B. J. 1994. Isolation of helicobacter strains from wild bird and swine feces. *Appl. Environ. Microbiol.* 60(3): 1025–1028.
- SIMEK K., PERNHALER J., WEINBAUER M. G., HORNAK K., DOLAN J. R., NEDOMA J., MASIN M. AMANN R. 2001. Changes in bacterial community composition and dynamic and viral mortality rates associated with enhanced flagellate grazing in a mesoeutrophic reservoir. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(6): 2723–2733.