INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/IV/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 79–87
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Magdalena Frąk, Agnieszka Karczmarczyk, Jarosław Nowosielski

STAN ZANIECZYSZCZENIA ZBIORNIKA NR II W SIEMIATYCZACH A JEGO WALORY UŻYTKOWE

STATE OF THE QUALITY AND UTILITARIAN VALUE OF RESERVOIR II IN SIEMIATYCZE

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących stopnia zanieczyszczenia Zbiornika nr II w Siemiatyczach oraz jego dopływów. Analizy wykazały niezadowalającą jakość wód oraz niemożność wykorzystania ich do celów kąpieliskowych i nawodnień. Znaczące ilości zanieczyszczeń (substancja organiczna, azot ogólny, azotany, fosfor ogólny) są wprowadzane do Zbiornika przez dopływy; rzeki Kamiankę i Mahomet. Kamianka jest odbiornikiem ścieków z oczyszczalni, a Mahomet zbiera zanieczyszczenia z terenów rolniczych. Ilość biogenów spływająca do wód zbiornika powoduje rokroczne występowanie silnych zakwitów sinicowych, co ogranicza możliwości użytkowe zbiornika. Przy obecnym stanie gospodarki wodno-ściekowej na obszarze zlewni zbiornika, może on pełnić jedynie funkcje retencyjne i przeciwpożarowe.

Słowa kluczowe: zbiornik, zanieczyszczenie wód, zakwity sinicowe, walory użytkowe

Summary

Quality of water in Reservoir II in Siemiatycze and its tributaries have been monitored before and after bathing season 2011. State of water quality appeared to be poor and insufficient to fit bathing and irrigation requirements. Two inflows: Kamianka River and Mahomet River are the important source of reservoir pollution (e.g. organics, total nitrogen, nitrates, total phosphorus). Kamianka River receives wastewater from municipal treatment plant and Mahomet River collects runoff from cultivated land. Biogens incoming with the inflows result in annually cyjanophyta bloom in the Reservoir II and depreciation its utilitarian value. At the

actual state of wastewater management and agricultural practices in the catchment area, Reservoir II can be use only for retention or fire protection purpose.

Key words: *reservoir, water pollution, cyjanophyta bloom, utilitarian value,*

WPROWADZENIE

W roku 1978 na terenie miasta Siemiatycze, w zlewni rzeki Kamianka, zbudowano 3 zbiorniki retencyjne, traktowane jako jeden obiekt wodny (rys. 1). Zbiorniki powstały poprzez przegrodzenie dolin rzek Kamianka (powierzchnia zlewni 98,1 km^2) i Mahomet (powierzchnia zlewni 60,8 km^2), od strony zachodniej i południowej zaporami ziemnymi, natomiast od strony wschodniej i północno – wschodniej wykorzystano naturalne zbocze wysoczyzny. Zbiornik dolny (zbiornik nr I) zajmuje 6,19 ha powierzchni, a jego pojemność wynosi 88 500 m^3, średnia głębokość 1,4 m, a wysokość piętrzenia 3,0 m. Powierzchnia zbiorników górnego (nr III, zlokalizowanego w miejscu ujścia rzeki Mahomet do Kamianki) i środkowego (nr II) łącznie wynosi 27,4 ha, objętość magazynowanej wody 548 000 m^3, długość zbiorników 1 km, średnia głębokość 3 metry (w najgłębszym miejscu 7 m), a wysokość piętrzenia 5,1 m. Zbiornik górny (nr III) traktowany jest jako wstępny przed zrzutem wód do zbiornika zasadniczego, nr II. [Poźniak, 2005; Program..., 2004].

Stopień uprzemysłowienia powiatu siemiatyckiego jest niski, a podstawową dziedziną gospodarki stanowi rolnictwo. W obecnych planach zagospodarowania zakłada się rozwój turystyki w tym regionie, w niej upatruje się przyszłość i źródło utrzymania dla mieszkańców [Program...., 2004]. Powiat siemiatycki, cenny przyrodniczo i bogaty w zabytkowe obiekty sakralne (m.in. sąsiadujące prawosławne sanktuaria Grabarka i Koterka), może stać się obszarem chętnie odwiedzanym przez turystów. Wolny dostęp do wodnych obiektów rekreacyjnych mógłby stanowić dodatkową atrakcję rejonu. Zbiornik nr 2 w Siemiatyczach zgodnie z założeniami miał pełnić funkcje rekreacyjne, ekologiczne i gospodarcze. Do dziś jest stale zarybiany i stanowi cenne łowisko dla wędkarzy [Propozycja..., 2011; Program..., 2004]. Ponadto przy jego brzegu od strony ul. Sportowej (punkt pomiarowy nr 4; rys. 1), zorganizowano kąpielisko miejskie. Jednak ze względu na rokrocznie występujące zakwity jego wykorzystanie rekreacyjne jest sezonowo mocno ograniczone. Obecne władze miasta Siemiatycze próbują szukać rozwiązań, pozwalających na poprawę stopnia zanieczyszczenia zbiornika [Propozycja..., 2011; Program..., 2004].

Celem podjętych w pracy badań było dokonanie oceny stanu jakościowego wód zbiornika nr II oraz określenie możliwości jego wykorzystania. Ponadto, wykonana analiza dostępnych danych (pochodzących z badań własnych oraz udostępnionych przez Urząd Miasta Siemiatycze, w tym także informacji o sposobie zagospodarowania zlewni) miała pomóc w określeniu przyczyn złego stanu zbiornika.

METODYKA BADAŃ

Analizy mające pomóc w ocenie stanu jakościowego zbiornika nr II w Siemiatyczach wykonano w roku 2011 dwukrotnie: przed rozpoczęciem sezonu kąpieliskowego 24. maja i w pełni sezonu 8. sierpnia. Poboru prób wody dokonano w 5 punktach pomiarowych: na rzece Kamiance powyżej Zbiornika nr II (nr 1), rzece Mahomet powyżej ujścia do Zbiornika nr III (nr 2), przepuście ze zbiornika nr III do zbiornika nr II (nr 3), kąpielisku zorganizowanym (nr 4) i odpływie ze zbiornika nr II do zbiornika nr I (nr 5). Dokładną lokalizację punktów zobrazowano na rys. 1.

Rysunek 1. Lokalizacja punktów poboru prób
Figure 1. Location of measurement points

Próby podpowierzchniowe pobrano do jałowych butelek, zgodnie z zaleceniami wg PN-EN ISO 5667-1:2007 i PN-ISO 5667-14:2004. W warunkach laboratoryjnych oznaczono liczebność bakterii psychrofilnych, metodą płytkową na agarze odżywczym zgodnie z PN-ISO 62222:2004 (wynik podano w jtk·cm^{-3}) oraz *Escherichia coli* metodą NPL wg PN-ISO 7251:2006 (wynik podano w NPL·cm^{-3}). Określono także poziom wybranych parametrów chemicznych, zgodnie z wytycznymi ISO 8245 EPA 415.1. Stężenia azotanów (NO_3^-, mg·dm^{-3}), azotynów (NO_2^-, mg·dm^{-3}) i amoniaku (NH_4^-, mg·dm^{-3}) oznaczone zostały metodą chromatografii cieczowej (Dionex ICS – 1000). Oznaczenie zawartości węgla organicznego (OWO, w mgC·dm^{-3}) oraz dodatkowo azotu ogólnego (Nog, mg·dm^{-3}) wykonano przy pomocy automatycznego analizatora przepływowego

TOC firmy SKALAR Formacs HT/TN, wyposażonego w kolumnę platynowo-kobaltową. Stężenia fosforu ogólnego (Pog, $mg \cdot dm^{-3}$) oraz fosforanów (PO_4^{-3}, $mg \cdot dm^{-3}$) oznaczono spektrofotometrycznie. Wartości pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT_5, O_2, $mg \cdot dm^{-3}$) oznaczono metodą Oxi-Top, z zatrzymaniem nitryfikacji.

Dodatkowo, jednorazowo (24. maja 2011, godz. 13.30) pobrano próby ścieków odprowadzanych do rzeki Kamianki przez Oczyszczalnię Ścieków przy Zespole Szkół Rolniczych w Czartajewie – oznaczając w nich poziom oznaczanych wskaźników jakości chemicznej.

Ponadto w maju ze Zbiorników nr II (punkt nr 4, nr 5) i nr III (punkt nr 3) pobrano także próby fitoplanktonu, które zagęszczano siatką planktonową 25µm. Badania jakościowe ukierunkowane na określenie obecności sinic, wykonano metodą mikroskopową (mikroskop odwrócony Opta-Tech MW100), a przynależność taksonomiczną określano według wskazówek Starmacha [1966]. Ze zbiorników pobrano również próby wody do oznaczeń ilości chlorofilu, metodą spektrometrii absorpcyjnej wg PN-86C05560/01.

Wszystkie badania wykonano w Laboratorium Monitoringu Wód Powierzchniowych Centrum Wodnego SGGW oraz Pracowni Biologii Sanitarnej Katedry Kształtowania Środowiska SGGW.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Analiza uzyskanych wyników wskazała, że pod względem analizowanych parametrów wody badanych cieków (Kamianka, Mahomet) można określić jako nieosiągające stanu dobrego [wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009r.). Klasę wód obniżał w maju poziom azotanów (odpowiednio dla rzek: Kamianki 8,84 $mg \cdot dm^{-3}$ i Mahomet 9,1 $mg \cdot dm^{-3}$ – dopuszczalne dla cieków o jakości przynajmniej dobrej 5 $mg \cdot dm^{-3}$), natomiast w sierpniu poziom BZT_5 (8,1 $mg \cdot dm^{-3}$ i 11,5 $mg \cdot dm^{-3}$ – dopuszczalne jw. 6 $mg \cdot dm^{-3}$) i OWO (14,73 $mg \cdot dm^{-3}$ i 17,14 $mg \cdot dm^{-3}$ – dopuszczalne jw. 15 $mg \cdot dm^{-3}$). Prawdopodobnie zatem te dwa dopływy są odpowiedzialne za wnoszenie zanieczyszczeń do zbiorników w Siemiatyczach. Znaczne zanieczyszczenie organiczne w okresie letnim cieków potwierdzają oznaczone liczebności bakterii psychrofilnych (8 800 $jtk \cdot cm^{-3}$ i 10 400 $jtk \cdot cm^{-3}$). Wysokie zanieczyszczenie *Escherichia coli* (24 $jtk \cdot cm^{-3}$) rzeki Kamianki w obu terminach pomiarowych sugeruje stały dopływ wód ściekowych. Poziom BZT, OWO i liczebność bakterii psychrofilnych wskazują, że przyczyną zanieczyszczenia mogą być niedostatecznie oczyszczone ścieki [Kornaś, Grześkowiak, 2011; Hillbricht-Ilkowska, Kajak, 1986].

Tabela 1. Jakość wody w Zbiorniku i w jego dopływach
Table 1. Water quality in Reservoir II and inflows

Punkt *Point*		Nr 1/ No 1 Kamianka r.		Nr 2/ No 2 Mahomet r.		Nr 3 / No 3		Kąpielisko, Nr 4 bathing, No 4		Nr 5 / No 5	
Parameter *Parameters*		24.05	08.08	24.05	08.08	24.05	08.08	24.05	08.08	24.05	08.08
Escherichia coli	NPL·cm^{-3}	24	24	1,3	7,0	<0,05	0,23	0,06	2,4	7,0	2,4
Liczba bakterii *Nummber of bacteria*	jtk·cm^{-3}	4 100	8 800	1 100	10 400	2 800	5 900	4 500	5 500	1 900	6 200
BZT5 / BOD5	mgO2·dm^{-3}	4,2	**8,1**	1,4	**11,5**	3,6	3,1	5,1	2,5	2,0	6,2
OWO / TOC	mgC·dm^{-3}	2,58	**14,73**	3,56	**17,14**	3,82	5,64	3,75	5,48	3,62	6,58
Nog / TN	mgN·dm^{-3}	1,81	4,07	1,63	1,91	1,08	**2,19**	1,12	**2,72**	1,15	**2,54**
NO2	mg·dm^{-3}	0,184	0,018	0,113	0,034	0,136	0,032	0,151	bd	0,163	0,067
NO3	mg·dm^{-3}	**8,84**	2,485	**9,1**	0,86	4,68	**7,48**	4,72	1,156	4,5	1,939
NH4	mg·dm^{-3}	0,203	0,016	0,006	0,042	0,205	0,049	0,185	0,069	0,398	0,062
Pog /PN	mg·dm^{-3}	0,047	bd	**0,201**	bd	0,005	bd	0,005	bd	0,033	bd
P-PO4	mg·dm^{-3}	**0,144**	0,019	**0,166**	0,025	0,015	bd	0,015	bd	0,100	bd
Chlorofil Chlorophyll	µg·dm^{-3}	bd	bd	bd	bd	9,224	bd	17,023	bd	17,543	bd

bd – brak danych / no data

Rzeka Kamianka jest odbiornikiem m.in. ścieków odprowadzanych z oczyszczalni miejskiej i oczyszczalni ścieków przy Zespole Szkół Rolniczych w Czartajewie. Z danych udostępnionych przez Urząd Miejski w Siemiatyczach wynika, że sprawność oczyszczalni miejskiej jest zadowalająca i spełnia ona wymagania pozwolenia wodno-prawnego oraz zaleceń prawnych (tab. 2). Natomiast oczyszczalnia przy Zespole Szkół w Czartajewie nie spełnia wymogów pozwolenia wodno-prawnego (tab. 2.) [Propozycja…, 2011; Poźniak, 2005]. Zbadana jakość ścieków odprowadzana z oczyszczalni (tab. 2) potwierdza niską skuteczność oczyszczania ścieków [Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009r.] oraz przypuszczenie, że właśnie ona może być przyczyną obecności w wodach rzeki Kamianki podwyższonych stężeń podstawowych wskaźników jakości.

Natomiast wysokie zanieczyszczenie organiczne rzeki Mahomet może wynikać z charakteru zlewni [Reinheimer, 1987; Niewolak, 1982]. Rzeka zbiera bowiem spływy powierzchniowe głównie z terenów leśnych i rolniczych, niosących zwłaszcza w okresie opadów znaczne ilości resztek roślinnych. Liczebność *Escherichia coli* nie wskazuje na dopływ ścieków. Wzrost liczebności w okresie letnim (do 7 jtk·cm^{-3}) sugeruje jedynie dodatkowy dopływ zanieczyszczeń sanitarnych z terenu wypasu zwierząt [Frąk, 2010; Hillbricht-Ilkowska, Kajak, 1986].

Tabela 2. Jakość ścieków odprowadzanych z oczyszczalni do rzeki Kamianki
Table 2. Quality of wastewater discharged to Kamianka River

Parametr/parameters	BZT5/ BOD5	OWO/ TOC	Nog/ TN	NO_2	NO_3	NH_4	Pog/TP
	$mgO2 \cdot dm^{-3}$	$mgC \cdot dm^{-3}$	$mg \cdot dm^{-3}$	$mg \cdot dm^{-3}$	$mg \cdot dm^{-3}$	$mg \cdot dm^{-3}$	$mg \cdot dm^{-3}$
Oczyszczalnia w Czartajewie (24.05.2011, zmierzone) wastewater discharged in Czartajew (analyzed)	9,5	15,83	**23,98**	3,85	119,72	3,95	**11,11**
Oczyszczalnia w Czartajewie (27.04.2011, wg UM) wastewater discharged in Czartajew (data by Siemiatycze Town Office)	6,0	bd	**23,08**	bd	bd	bd	**4,12**
Oczyszczalnia Miejska (27.04.2011, wg UM) wastewater discharged in Siemiatycze (data by Siemiatycze Town Office)	2,0	bd	4,91	bd	bd	bd	0,32
Wartość dopuszczalna wg Dz. U. 2009,27,169 limit value by polish law	25,0	-	15,0	-	-	-	2,0

bd – brak danych / no data

W okresie wiosennym stwierdzono w obu ciekach podwyższone ilości azotanów, a dodatkowo w przypadku rzeki Mahomet także fosforu ogólnego (0,201 $mg \cdot dm^{-3}$). Może to być wynikiem dopływu zanieczyszczeń z obszaru zlewni wymywanych z gleb, w tym zasobów ruchliwych postaci azotu i fosforu (tereny rolnicze, nawozy) [Kornaś, Grześkowiak, 2011]. Natomiast w okresie letnim poziom obu parametrów znacząco spada. Może to być wynikiem silnego rozwoju w tym okresie roślinności wodnej i bakterioplanktonu (zarejestrowano wzrost liczebności bakterii psychrofilnych, tab. 1), asymilujących ogromne ilości biogenów [Reinheimer, 1987; Hillbricht-Ilkowska, Kajak, 1986]. Powoduje to obniżenie stężenia jonów w wodzie i ograniczonego stopnia ich rejestracji, na rzecz form wiązanych w komórkach żywych [Frąk i in., 2012; Piechowiak, Kraska, 2008].

Rzeka Mahomet wprowadza swoje wody bezpośrednio do zbiornika nr III (rys. 1). Badania wykazały, że jego stan jakościowy jest zadowalający do złego [wg Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009r.]. Jednak nie jest to skutkiem dopływu zanieczyszczeń pochodzenia fekalnego, na co wskazuje zarejestrowana bardzo niska liczebność *Escherichia coli* (<0,005-0,23 $jtk \cdot cm^{-3}$) [Frąk, 2010; Niewolak, 1982). Głównym źródłem zanieczyszczeń wód zbiornika nr III jest rzeka Mahomet. W badaniu sierpniowym wykazano w wodach zbiornika wzrost (w stosunku do wartości majowych) stężenia azotu cał-

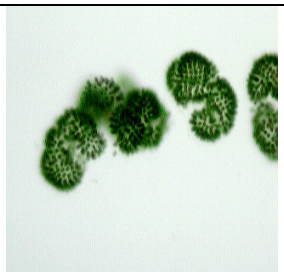
kowitego (2,19 mg·dm^{-3}) i azotanów (7,48 mg·dm^{-3}). Znaczne ilości substancji organicznej wprowadzanej wówczas do zbiornika przez rzekę Mahomet (17,14 mg·dm^{-3}) ulegają stopniowej biodegradacji, z uwolnieniem form amonowych. W okresie letnim, kiedy roślinność już bujnie się rozwinęła więcej jest dostępnego w wodzie tlenu, co umożliwia szybkie utlenianie amoniaku do azotanów. Ich wysokie stężenie w wodach zbiornika powoduje wzrost poziomu oznaczanego azotu całkowitego. W okresie wiosennym azotany ulegają procesowi nitryfikacji nieco wolniej, dlatego też możliwa jest rejestracja w tym okresie zwiększonych ilości amoniaku (0,205 mg·dm^{-3}) [Frąk i in. 2012; Piechowiak, Kraska, 2008]. Rzeka Mahomet wprowadza również znaczne ilości fosforu (0,201 mg·dm^{-3}), którego wykrywalność w próbkach wody ze zbiornika znacząco spada (0,005 mg·dm^{-3}). Może to być związane z wytrącaniem ortofosforanów i ich sedymentacją do osadów dennych. Spadek wykrywanej ilości fosforu w wodzie ze zbiornika może być także związany z asymilacją rozwijającej się roślinności wodnej [Reinhaimer, 1987]. W maju określono w próbkach wody poziom chlorofilu 9,224 µg·dm^{-3}, co potwierdza hipotezę o silnym namnażaniu się już w tym okresie fitoplanktonu [Frąk, 2006; Ligęza, Wilk-Woźniak, 2006].

Analiza wyników badań prób pobranych z punktów pomiarowych nr 4 i nr 5 (rys. 1, tab.1) wykazała, że również wody zbiornika nr II są jedynie zadowalającej jakości [wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009r.]. W sierpniu poziom azotu całkowitego został przekroczony (odpowiednio 2,72 mg·dm^{-3}, 2,54 mg·dm^{-3} - dopuszczalne dla zbiorników niestratyfikowanych o jakości powyżej dobrej 1,6 mg·dm^{-3}), co spowodowało obniżenie klasy wód zbiornika do niezadowalających. Liczebność *Escherichia coli* (< 0,05 – 7 jtk·cm^{-3}) nie wskazuje na dopływ ścieków bytowych i rolniczych bezpośrednio do zbiornika. Znaczące stężenie chlorofilu już w okresie maja (17,023 µg·dm^{-3} i 17,543 µg·dm^{-3}) także pogarsza jakość wody, co ogranicza znacząco możliwości jego wykorzystania. Nadmierny rozwój fitoplanktonu jest spowodowany dopływem znaczących ilości mineralnego azotu i fosforu z obu dopływów zbiornika (rzeki Kamianki i rzeki Mahomet). Co prawda ilość biogenów jest silnie redukowana w zbiorniku nr III (stanowiącym przedzbiornik zbiornika nr II), jednak zrzuty ogromnych ilości fitoplanktonu potęgują zwiększanie ilości fitoplanktonu w zbiorniku nr II [Ligęza, Wilk-Woźniak, 2006].

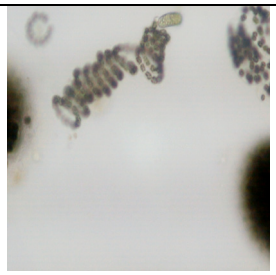
Silne namnażanie glonów i zmianę barwy wody w zbiorniku nr II niekiedy obserwuje się już w maju. Badania wykazały, że dominującymi formami występującymi w okresie ciepłym są sinice (Starmach, 1966). Zakwit w ok. 90% buduje *Aphanizomenon flos-aquae* (rys. 3), tworzący charakterystyczne pęczki. Obserwuje się niewielkie ilości *Woronchinia naegeliana* i *Anabaena spiroides.* Wszystkie 3 gatunki wytwarzają toksyny szkodliwe dla człowieka [Gałczyński, Ociepa, 2008], zaś ogromna liczebność sinic uniemożliwia wykorzystanie wód zbiornika do celów kąpieliskowych [Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2. lutego 2011r.]. Również wykorzystanie wód zbiornika do nawodnień

terenów rolniczych, potencjalnego pojenia zwierząt, a także potrzeb ludzi nie jest możliwe. Podniesienie walorów estetycznych w krajobrazie miasta Siemiatycze jest także ograniczone.

Aphanizomenon flos-aquae



Woronchinia naegeliana



Anabaena spiroides

Rysunek 3. Dominujące sinice ze zbiornika nr II
Figure 2. Cyjanophyta-dominant from Reservoir II

PODSUMOWANIE

Zwiększone ilości azotanów i fosforanów w ciekach dopływających do zbiornika nr II w Siemiatyczach powodują jego podatność na proces eutrofizacji i występujący rokrocznie zakwit sinicowy. Uniemożliwia on wykorzystanie rekreacyjne zbiornika. Ponadto, wysoka liczebność sinic pogarsza znacząco warunki ekologiczne, co może także skutkować powolnym zamieraniem życia biologicznego. Z uwagi na utrzymującą się sytuację od wielu lat, należy przedsięwziąć radykalne kroki.

W pierwszej kolejności należy ograniczyć emisję zanieczyszczeń biogennych do rzeki Kamianki, tj. poddać modernizacji układ technologiczny oczyszczalni ścieków w Czartajewie, która umożliwiłaby wyższą skuteczność w redukcji azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Rozważyć należy także zamknięcie oczyszczalni i odprowadzanie ścieków z Zespołu Szkół Rolniczych do Oczyszczalni Miejskiej. Należy określić źródła zanieczyszczenia rzeki Mahomet. Prawdopodobnymi ich źródłami są obszary rolnicze, w których także należy przeanalizować istniejącą gospodarkę wodno-ściekową. Bez poprawy jakości wód obu cieków stan zbiornika nr II w Siemiatyczach raczej nie ulegnie korzystnej zmianie. Będzie on nadal mógł pełnić jedynie funkcje retencyjne, regulacji spływu wód opadowych i roztopowych oraz służyć ochronie przeciwpożarowej.

Składamy serdeczne podziękowania Panu dr inż. Ignacemu Kardelowi za wykonanie analiz chemicznych wody oraz Pani inż. Annie Fil za pomoc w zebraniu materiałów, wykorzystanych w przedstawionym artykule.

BIBLIOGRAFIA

Frąk M., 2006: *Wykorzystanie organizmów planktonowych w ocenie jakości wód rzek nizinnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 515, s. 81-88;

Frąk M., 2010: *Zanieczyszczenia bakteriologiczne w ocenie jakości wód rzeki Biebrzy*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 10 z. 2(30), s. 73-82;

Frąk M., Kardel I., Jankiewicz U., 2012*: Occurence of nitrogen cycle bacteria in the Biebrza River*. Annals of Warsaw University of Life Science, No 44(1), s. 55-62;

Gałczyński Ł., Ociepa A., 2008*: Toksyny produkowane przez sinice.* Ecological Chemistry and Engeenering Science, vol. 15, No 1, s. 69-76;

Hillbricht-Ilkowska A., Kajak Z. 1986*. Parametry i wskaźniki przydatne do kontroli zmian funkcjonalnych i strukturalnych w ekosystemach jeziornych ulegających procesowi eutrofizacji*. W: *Monitoring ekosystemów jeziornych*. Pr. zbior. Red. A. Hillbricht-Ilkowska. Wrocław. Ossolineum s. 23–46;

Kornaś M., Grześkowiak A, 2011: *Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drawa*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 11 z. 1(33), s. 125-137;

Ligęza S., Wilk-Woźniak E., 2006: *Jakość wody w zbiornikach o róznym nasileniu antropopresji a stategie życiowe glonów planktonowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 515, s. 251-260;

Niewolak S., 1982: *Drobnoustroje wskaźnikowe stanu sanitarnego*. w: *Biologia sanitarna*. Cz. 2, Olsztyn ART., s. 38-110;

Piechowiak M., Kraska M., 2008: *The effect of humic substances on nitrogen cycle bacteria*. Ocean. Hydrobiol. St. Vol. 37 Supl. 1, s. 99-108;

Poźniak M., 2005: *Operat wodno-prawny na szczególne korzystanie z wód*. Gmina Siemiatycze;

Program Ochrony Środowiska dla Miasta Siemiatycze na lata 2004-2015 - Załącznik do Uchwały Nr XX/125/04 Rady Miasta Siemiatycze z dnia 17 września 2004 r.

Propozycja Planu Aglomeracji Miasta Siemiatycze - Załącznik nr 1 do uchwały nr IV/30/2011 sejmiku województwa podlaskiego z dnia 21 lutego 2011 r.);

Reinheimer G., 1987: *Mikrobiologia wód*. PWRiL, ss. 327;

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie profilu wody w kąpielisku (Dz. U. z 2011 r. Nr 36, poz. 191);

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. z 2009 r. Nr 122, poz. 1018);

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2009 r., nr 27, poz. 169);

Starmach K., 1966: *Cyanophyta-sinice. Tom 2,* Flora słodkowodna Polski, PWN Warszawa, ss. 807;

Dr inż. Magdalena Frąk
Dr inż. Agnieszka Karczmarczyk
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Katedra Kształtowania Środowiska, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
tel. 22- 5935345; e-mail: magdalena_frak@sggw.pl
tel. 22-5935383; email: agnieszka_karczmarczyk@sggw.pl

Mgr inż. Jarosław Nowosielski
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Zakład Biotechnologii Roślin, Radzików, 05-870 Błonie
tel. 22-7334518; e-mail: j.nowosielski@ihar.edu.pl