

WPLYW MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ NA ORGANIZMY PLANKTONOWE W WODZIE RZECZNEJ

Zbigniew Endler, Anna Goździejewska, Bożena Jaworska,
Mirosław Grzybowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Badania prowadzone na rzece Dymer – niedużym cieku we wschodniej części Pojezierza Olsztyńskiego – zmierzały do określenia ilościowych i jakościowych zmian fito- i zooplanktonu spowodowanych działaniem małej elektrowni wodnej umiejscowionej na rzece. Do taksonomicznej identyfikacji planktonu wykorzystano powszechnie stosowane metody i klucze. Roślinność wodną i szuwarową oznaczano na podstawie zdjęć fitosocjologicznych, a fito- i zooplankton – na podstawie badań wykonanych w trzech terminach okresu wegetacyjnego na stanowiskach zlokalizowanych przed i za turbiną elektrowni. Stwierdzono, że w zalewie przed zaporą elektrowni występują liczne ustabilizowane zespoły makrofitów. Sam zalew stwarza również potencjalne siedliska dla organizmów planktonowych. Największy udział w tworzeniu zbiorowiska glonów planktonowych mają *Bacillariophyceae*. Wskutek ich intensywnego rozwoju i zdecydowanej dominacji udział innych grup glonów jest niewielki. Skład gatunkowy i strukturę taksonomiczną fitoplanktonu obecnego w wodzie przed i za turbiną można uznać za podobne, różnice dotyczą jedynie form występowania niektórych gatunków. Kolonie *Stephanodiscus* za turbiną są porozidzielane, a cenobia *Pediastrum* – zdeformowane i uległe fragmentacji. Uszkodzenia te mają charakter mechaniczny i powstają w czasie przepływu wody przez turbinę. W rozlewisku przed zaporą na płytkich, nasłonecznionych, żyznych miejscach wyrastają duże płyty *Enteromorpha intestinalis* f. *maxima*. Wśród organizmów zooplanktonowych dominują *Rotatoria*. W zalewie pojawiły się m.in. rzadkie ciepłolubne gatunki wrotków, charakterystyczne dla płytkich ciepłych wód silnie przeżyźnionych zbiorników wodnych. Liczebność pierwotniaków planktonowych w środowisku wodnym za turbiną jest większa niż przed jazem spiętrzającym wodę.

Słowa kluczowe: fitoplankton, zooplankton, piętrzenie, elektrownia wodna, rzeka Dymer

WSTĘP

W regionie warmińsko-mazurskim funkcjonuje obecnie 36 małych elektrowni wodnych posadowionych zarówno na głównych rzekach Pojezierza Mazurskiego (Pasłęka, Łyna, Guber, Symsarna), jak i na rzekach mniejszych (Elma, Dymer). Wszystkie budowle hydrotechniczne niezwykle silnie wpływają na ekosystemy wodne, powodując z jednej strony radykalne zmniejszenie się ich bioróżnorodności, a z drugiej – wprowadzenie nowych gatunków w stworzone przez człowieka komponenty środowiska. Wskutek budowy i działania zapór małych elektrowni wodnych ekosystem rzeczny zostaje podzielony na dwie osobne struktury: część przed zaporą – sztuczny zbiornik o charakterze zalewu i część poniżej zapory – kanał odpływowy zastępujący stare koryto rzeki. W dotychczasowej literaturze z dziedziny inżynierii środowiska obecność małych elektrowni wodnych w krajobrazie traktowano jako element wysoce pozytywny [Kajak 1998]. Zainteresowanie ich oddziaływaniem na ekosystem rzeczny sięga lat siedemdziesiątych XX w. [Endler i Grzybowski 2001].

Niniejsza praca miała na celu ilościowe i jakościowe określenie zmian fito- i zooplanktonu w środowisku rzeczonym będącym pod wpływem małej elektrowni wodnej.

MATERIAŁ I METODY

Rzeka Dymer położona we wschodniej części Pojezierza Olsztyńskiego jest obecnie niedużym ciekim. Rzeka bierze początek na torfowiskach niskich i przejściowych w pobliżu wsi Dymer. Przepływa przez miasto Biskupiec Reszelski i jezioro Kraksy. Jezioro to oraz rzeka Dymer w przeszłości były silnie zanieczyszczone ściekami bytowo-gospodarczymi i przemysłowymi z Biskupca. Nadal istnieją nie zabezpieczone technicznie stare kolektory ściekowe odprowadzające wody roztopowe i burzowe do rzeki [Ciecierska 1994]. Już w XIX w. południowy bieg rzeki Dymer został zmieniony przez zabiegi melioracyjne i przebudowany w tzw. Kanał Dymerski. Pierwotny charakter zachowała zachodnia część rzeki wpływająca do jeziora Dadaj, która przecina wały morenowe zlodowacenia bałtyckiego fazy pomorskiej, stadium IV. Na skraju wsi Nowe Marcinkowo, gdzie rzeka Dymer ma duży spadek, a przepływ wód jest intensywny, został w XVIII w. założony młyn wodny działający do 1945 r. Na ruinach młyna posadowiono małą elektrownię wodną oddaną do użytku w 1990 r. W celu retencjonowania wody utworzono zalew o powierzchni 0,5 ha i głębokości na progu 1,60 m. Wysokość nominalna spadku wody wynosi 5,20–5,80 m. W elektrowni zainstalowano dwie turbiny: turbinę Francisa z wałem poziomym, o mocy znamionowej 40 kW, i turbinę Kaplana z wałem pionowym, o mocy znamionowej 21 kW. Wartości przepływów wody przez kanał elektrowni są następujące: średni niski (SNQ) – $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, średni wysoki (SWQ) – $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, średnioroczny (SSQ) – $1,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Wody rzeczne po przejściu przez turbiny są odprowadzane kanałem o długości 400 m do dawnego koryta rzeki. W tej części jej biegu następuje intensywne natlenienie wód i transport cząstek stałych. Dno rzeki jest kamieniste, otulina brzegu to fragmenty lasów łągowych z drzewostanem olchowym.

Podstawę analizy roślinności wodnej i szuwarowej stanowiło 29 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych pod koniec maja 2005 r. powszechnie stosowaną metodą Brauna-Blanqueta [1951]. Jednostki fitosocjologiczne określono na podstawie gatunków dominujących, a klasyfikację syntaksonomiczną podano za Tomaszewiczem [1979]. Przy badaniach roślinności zanurzonej używano kotwiczki z wycechowaną linką, która służyła do określania głębokości zalewu i głębokości, na jakiej występowała roślinność.

Materiał do badań fito- i zooplanktonu zbierano w okresie wczesnej i późnej wiosny oraz pełnego lata, w terminach 2 czerwca i 14 lipca 2005 r. oraz 13 kwietnia 2006 r. Stanowiska badawcze zlokalizowano w dwóch miejscach: przed zaporą doprowadzającą wodę do elektrowni oraz w kanale wyrzutowym za turbinami.

Do analizy ilościowej fitoplanktonu pobierano próby wody o objętości 1 litra – bezpośrednio z toni wodnej oraz próby wody o objętości 25 litrów, które przepuszczano przez siatkę planktonową o średnicy oczek 30 μm . W celu przeprowadzenia wstępnej analizy taksonomicznej (jakościowej) fitoplanktonu dodatkowo pobierano próby siatką planktonową o średnicy oczek 30 i 60 μm . Do badań każdorazowo pobierano osiem prób.

Próby opracowywano według metodyki Starmacha [1963, 1989]. Analizie wstępnej poddawano próby żywego fitoplanktonu, a ostatecznej – utrwalony materiał badawczy.

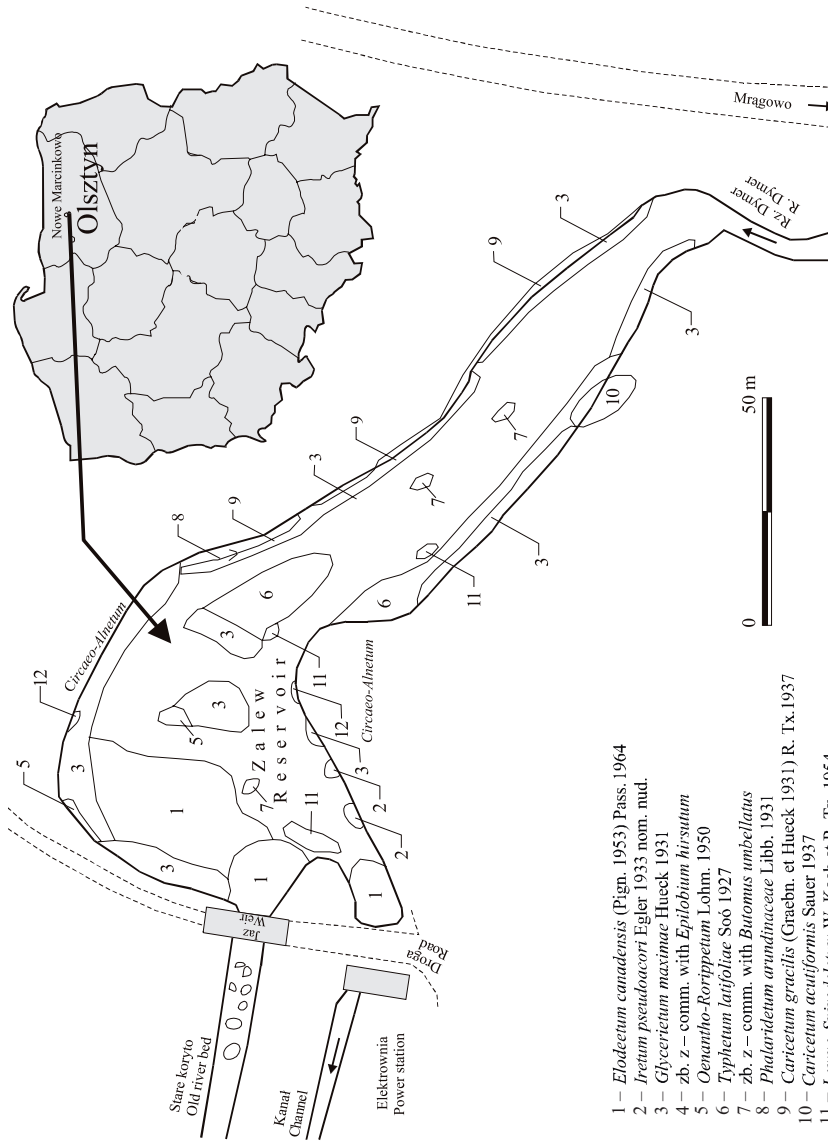
Do identyfikacji taksonomicznej fitoplanktonu wykorzystano opracowania takich autorów, jak Starmach [1963, 1966, 1968a, b, 1972, 1974, 1983, 1985, 1989], Siemińska [1964], Fott [1972], Förster [1982], Ettl [1983], Komárek i Fott [1983], Komárek i Anagnostidis [1986, 1989, 1999], Kramer i Lange-Bertalot [1986, 1988, 1991a, b], Ettl i Gärtner [1988], Popovský i Pfeister [1990].

Próby do analizy ilościowej zooplanktonu, o objętości 20 litrów, zagęszczano na siatce planktonowej o średnicy oczka 30 μm . Wykonywano również zaciągi jakościowe siatkami o średnicy oczek 60 i 100 μm . Materiał natychmiast konserwowano roztworem płynu Lugola i 4-procentowym roztworem formaliny. Łącznie pobrano sześć prób do analizy ilościowej i wykonano sześć zaciągów jakościowych.

Do opracowania prób zooplanktonu zastosowano metodykę Starmacha [1955]. Organizmy zooplanktonowe oznaczano pod mikroskopem w komorze Sedgwick-Raftera do możliwie najniższej jednostki taksonomicznej, używając kluczy opracowanych przez następujących autorów: Flössner [1972], Kieler i Fryer [1978], Koste [1978] oraz Rybak [1994, 2005].

WYNIKI

W zalewie wokół elektrowni wodnej na rzece Dymier i na brzegach zalewu występują dość liczne i dobrze wykształcone, ustabilizowane zespoły roślinne (rys. 1).



Rys. 1. Roślinność rzeczywista zalewu przy małej elektrowni wodnej na rzece Dymier
 Fig. 1. Actual vegetation of natural reservoir by small hydropower station on Dymier river

Stwierdzono obecność 9 zespołów oraz 3 zbiorowisk o nieustalanej randze. Ich systematyka syntaksonomiczna przedstawia się następująco:

- Klasa: *Lemnetea* W. Koch et R. Tx. 1954
 Rząd: *Lemnetalia* W. Koch et R. Tx. 1954
 Związek: *Lemnion minoris* W. Koch et R. Tx. 1954
 Zespół: *Lemno-Spirodeletum* W. Koch et R. Tx. 1954
- Klasa: *Potamogetonetea* R. Tx. et Preisg. 1942
 Rząd: *Potamogetonetalia* W. Koch 1926
 Związek: *Potamogetonion* (W. Koch 1926) Oberd. 1957
 Zespół: *Elodeetum canadensis* (Pign. 1953) Pass. 1964
- Klasa: *Phragmitetea* R. Tx. et Preisg. 1942
 Zbiorowisko z *Butomus umbellatus*
 Zbiorowisko z *Mentha aquatica*
 Zbiorowisko z *Epilobium hirsutum*
 Rząd: *Phragmitetalia* W. Koch 1926
 Związek: *Phragmition* W. Koch 1926
 Zespół: *Typhetum latifoliae* Soó 1927
 Zespół: *Glycerietum maximae* Hueck 1931
 Zespół: *Oenanthro-Rorippetum* Lohm. 1950
- Rząd: *Magnocaricetalia* Pign. 1953
 Związek: *Magnocaricion* W. Koch 1926
 Zespół: *Phalaridetum arundinaceae* Libb. 1931
 Zespół: *Iretum pseudoacori* Egler 1933 nom. nud.
 Zespół: *Caricetum gracilis* (Graebn. et Hueck 1931) R. Tx. 1937
 Zespół: *Caricetum acutiformis* Sauer 1937

Grupę pleustofitów reprezentował zespół *Lemno-Spirodeletum*, który zajmował niewielkie powierzchnie (rys. 1). W płatach dominowała *Spirodela polyrrhiza*, a udział innych gatunków pleustonowych był niewielki, zanotowano jedynie *Lemna minor*. Płaty *Lemno-Spirodeletum* obserwowano na głębokości nie przekraczającej 0,6 m. W wodzie, która przeszła przez turbinę, pleustofity były nieobecne.

Roślinność zanurzoną ze związku *Potamogetonion* budowały przeważnie jednogatunkowe fitocenozy *Elodeetum canadensis* tworzone głównie przez *Elodea canadensis*, której ilościowość, przy zaporze wynosząca 5, w miarę oddalania się od niej malała do 3. Było to spowodowane silnym oddziaływaniem prądu wody.

W wodzie zalewu nie zaobserwowano roślinności o liściach pływających ze związku *Nymphaeio*.

Na całej długości linii brzegowej zalewu występowała roślinność wynurzona (rys. 1), która zajmowała znaczne powierzchnie. Roślinność ta umacniała także wyspy bądź odsypiska punktowe utworzone przez materiał wleczony i unoszony przez rzekę. Najczęściej reprezentowaną fitocenozą była *Glycerietum maximae*, otaczająca zbiornik. Na prawym brzegu zbiornika poprzedzał ją pas turzyc należących do zespołu *Caricetum gracilis*, a na lewym brzegu – do *Caricetum acutiformis*. Ponadto wśród roślinności przybrzeżnej na niewielkich powierzchniach występowały fitocenozy *Phalaridetum arundinaceae*

i zbiorowisko z *Epilobium hirsutum*. Najbardziej oddalonym od brzegu zbiorowiskiem szuwarowym był zespół *Typhetum latifoliae*, który tworzył również zwarte skupienia na środku akwenu. Zespół *Oenantho-Rorippetum* rozwijał się w wariantcie z jednym gatunkiem dominującym (z dwóch charakterystycznych dla zespołu) – *Rorippa amphibia*, o ilościowości 5. Płaty tego zespołu obserwowano na wypłyceniu, gdzie wraz z *Glycerium maximae* tworzył on kompleks roślinności na środku zalewu (rys. 1). W strefie wody otwartej pojawiły się trzy płaty budowane przez *Butomus umbellatus*. Zbiorowisko z *Mentha aquatica* notowano sporadycznie. Pokrywając niewielkie powierzchnie, nie pełniło ono istotnej roli w zarastaniu zalewu.

Fitoplankton wczesnowiosenny był zdominowany przez glony złościste (*Chrysophyta*), których udział w badanym materiale wynosił 89,4%, z czego 70,3% przypadało na okrzemki (*Bacillariophyceae*), a 19,1% na złotowiciowce (*Chrysophyceae*) (tab. 1, 2). Wśród *Bacillariophyceae* przeważały gatunki okrzemek pierzastych (*Pennatae*), takie jak *Meridion circulare*, *Diatoma elongatum*, *Asterionella formosa* i *Fragilaria ulna*, oraz gatunki z rodzaju *Navicula*. W wiosennym fitoplanktonie miały swych przedstawicieli także okrzemki promieniste (*Centricae*) – należała do nich *Melosira varians*. Zróżnicowanie taksonomiczne *Chrysophyceae* było zdecydowanie mniejsze. W znaczącej ilości występowały tylko *Syncrypta pallida* i *Dinobryon sertularia*. Zielenice (*Chlorophyta*) były reprezentowane przez gatunki *Scenedesmus quadricauda* i *Eudorina elegant*, a tobołki (*Pyrrophyta*) – przez nieliczne *Peridinium* spp. Klejnotki (*Euglenophyta*) zaznaczyły swą obecność przez gatunki z rodzaju *Trachelomonas* (tab. 1).

Późną wiosną największy udział w tworzeniu zbiorowiska glonów planktonowych miały *Bacillariophyceae* (69,2%), reprezentowane zarówno przez przedstawicieli *Centricae* (*Stephanodiscus hantzschii*, *Aulacoseira granulata*), jak i *Pennatae* (*Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Fragilaria capucina* i *Fragilaria ulna*). Intensywny rozwój i zdecydowana dominacja okrzemek sprawiły, że *Chlorophyta* znalazły się w mniejszości (12,6%) (tab. 2). Były to gatunki takie jak *Micractinium pusillum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum duplex*, *Pediastrum boryanum* oraz *Pandorina morum* i *Phacotus lenticularis*. Jedyne rodzaje sinic, sporadycznie obecnych we wiosennym fitoplanktonie rzeki Dymy, to *Limnothrix* i *Planktothrix* (tab. 1).

Latem w składzie i strukturze fitoplanktonu również przeważały *Bacillariophyceae* (74,8%), ale należące do *Pennatae*. Były to najczęściej taksony z rodzajów *Navicula*, *Amphora*, *Achnanthes*, *Cocconeis* i *Nitzschia*. Udział zielenic i sinic był niewielki, wynosił odpowiednio 19,3 i 5,9% (tab. 2). Gromadę *Chlorophyta* reprezentowały przede wszystkim takie gatunki, jak *Coelastrum microporum*, *Pediastrum boryanum*, *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda* i *Scenedesmus acuminatus*, a w mniejszym stopniu taksony z rodzajów *Closterium*, *Cosmarium* i *Staurastrum*. Z gromady *Cyanoprokaryota* spotykano formy nitkowate z rodzajów *Planktothrix* i *Limnothrix* (tab. 1).

W rozlewisku przed turbiną znaleziono duże płaty *Enteromorpha intestinalis* (L.) f. *maxima* Link, swobodnie pływające po powierzchni wody. Tak silny rozwój plechy *Enteromorpha intestinalis* f. *maxima* w postaci zielonych pasów jest charakterystyczny dla silnie zanieczyszczonych zatok przymorskich. Plechowa postać enteromorfy była dotychczas znana wyłącznie z wód Zatoki Gdańskiej [Szata roślinna... 1972]. Co charakterystyczne, plecha ta bardzo dobrze znosi mechaniczne działanie, wynurzanie i zanurzenie, a co za tym idzie – zmiany temperatury i oświetlenia.

Tabela 1. Taksony glonów występujące najliczniej (dominanty) w badanym materiale
 Table 1. Phytoplankton taxa dominating in study material

Takson – Taxon	13.04 wczesna wiosna early spring	2.06 późna wiosna late spring	14.07. lato summer
CYANOPROKARYOTA			
<i>Limnothrix redekeii</i> (Van Goor) Meff.		x	
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.)		x	x
<i>Limnothrix</i> spp.		x	
EUGLENOPHYTA			
<i>Trachelomonas</i> spp.		x	
PYRRROPHYTA			
<i>Peridinium</i> spp.	x	x	
CHRYSOPHYTA			
Chrysophyceae			
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.	x	x	
<i>Syncrypta pallida</i> (Korš.) Bour.	x		
Bacillariophyceae			
<i>Achnanthes</i> spp.			x
<i>Amphora</i> spp.			x
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	x	x	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.		x	
<i>Centriceae</i> n. det.	x	x	x
<i>Cocconeis</i> spp.		x	x
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	x		
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.		x	
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.		x	
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bert.	x	x	
<i>Melosira varians</i> Ag.	x		x
<i>Meridion circulare</i> Ag.	x		
<i>Navicula</i> spp.	x	x	x
<i>Nitzschia</i> spp.			x
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.		x	
CHLOROPHYTA			
<i>Closterium</i> spp.			x
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.			x
<i>Cosmarium</i> spp.			x
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.	x		
<i>Micractinium pusillum</i> Fresen.		x	
<i>Pandorina morum</i> (O. F. Müll.) Bory		x	
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.		x	x
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		x	x
<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehr.) Stein		x	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chodat		x	x
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	x	x	x
<i>Staurastrum</i> spp.			x

Tabela 2. Udział (%) grup systematycznych w fitoplanktonie (sestonie) rzeki Dymer
 Table 2. Proportion (%) of systematic groups in phytoplankton (seston) of Dymer river

Takson – Taxon	13.04 wczesna wiosna early spring	2.06 późna wiosna late spring	14.07 lato summer
<i>Cyanoprokaryota</i>	0,0	9,1	5,9
<i>Euglenophyta</i>	0,0	2,1	0,0
<i>Pyrrophyta</i>	2,8	4,2	0,0
<i>Chrysophyta</i> , w tym: – of this:	89,4	72,0	74,8
<i>Chrysophyceae</i>	19,1	2,8	0,0
<i>Bacillariophyceae</i>	70,3	69,2	74,8
<i>Chlorophyta</i>	7,8	12,6	19,3
Fitoplankton ogółem Phytoplankton total	100,0	100,0	100,0

Fitoplankton obecny w wodzie przed i za turbiną miał podobny skład gatunkowy i strukturę taksonomiczną, różnił się jedynie pod względem form występowania niektórych gatunków. Cenobia o charakterystycznej formie, np. długie wstęgi tworzone przez *Fragilaria*, za turbiną były w większym stopniu poroździelane, najczęściej na pojedyncze komórki. U gatunków tworzących agregaty, np. *Pediastrum*, skupiska te były niekompletne (brak jednej lub więcej komórek), a u glonów, których komórki mają długie charakterystyczne wyrostki, np. *Scenedesmus*, wyrostki te były zdeformowane. W wodzie za turbiną obserwowano też często zmienione formy glonów, które występują w postaci kolonii, np. *Pandorina*, *Eudorina* czy *Syncrypta* (kolonie rozfragmentowane lub pojedyncze komórki oddzielone od reszty kolonii). Zmiany takie mogły być spowodowane uszkodzeniem mechanicznym podczas przepływu wody przez turbinę.

W środowisku rzeki Dymer łącznie oznaczono 6 gatunków pierwotniaków planktonowych (*Protozoa*), 35 gatunków wrotków (*Rotatoria*) oraz 4 gatunki i stadia rozwojowe skorupiaków planktonowych (*Crustacea*) (tab. 3).

Skład taksonomiczny zooplanktonu oraz udział procentowy poszczególnych taksonów w całkowitej liczebności zooplanktonu zależały od czasu i miejsca. Gatunkiem dominującym we wszystkich próbach, a szczególnie licznie występującym w sezonie wczesnowiosennym oraz na przełomie wiosny i lata, był pospolity całoroczny wrotek *Keratella cochlearis*. W okresie najchłodniejszym (13 kwietnia) współdominowały ponadto zimnolubny gatunek wrotka *Synchaeta pectinata* (do 18,7%), pierwotniaki z rodzaju *Arcella* (do 24,5%) oraz stadia rozwojowe nauplius widłonogów (do 20,7%). Przełom wiosny i lata (2 czerwca) cechowała zdecydowana dominacja wrotków (do 90–96%) nad pozostałymi grupami. W składzie gatunkowym zaznaczył się wyraźny wzrost udziału *Keratella cochlearis* var. *hispida* (do 56%) oraz gatunków z rodzaju *Filinia* (do 14%). W próbach letnich (14 lipca) wyraźnie zwiększył się udział pierwotniaków (łącznie do 87,2%), szczególnie z rodzaju *Diffugia* (do 60%) oraz *Arcella* (do 31,5%).

Tabela 3. Taksony zooplanktonu oznaczone w badanym materiale
 Table 3. Zooplankton taxa determined in study material

Takson – Taxon	13.04		2.06		14.07	
	wczesna wiosna		późna wiosna		lato	
	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine
Protozoa						
<i>Arcella discoides</i> Ehrenberg	D	D	s	s	D	D
<i>Cochliopodium bilimbosum</i> Auerbach					s	D
<i>Codonella cratera</i> Leidy	s	s			s	s
<i>Diffugia hydrostatica</i> Zacharias					s	D
<i>Diffugia limnetica</i> Levander	D		s	D	D	D
<i>Hyalosphenia elegans</i> Leidy						D
Protozoa inne – other				s	s	
Rotatoria						
<i>Anureopsis fissa</i> (Gosse)			s	+		
<i>Ascomorpha ecaudis</i> (Perty)			+			+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	s			s		
<i>Brachionus angularis</i> Gosse			s	s		
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	+		s	s	+	
<i>Brachionus plicatilis</i> (O. F. Müller)			+	s		
<i>Brachionus quadridentatus melheni</i> (Barrois et Daday)			s			
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg)			+	s	+	+
<i>Chromogaster ovalis</i> Lauterborn				+		
<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg)			s	s	+	
<i>Filinia cornuta</i> var. <i>brachiata</i> (Rousselet)			s	s		s
<i>Filinia limnetica</i> Carlin		s	D	D	D	
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)			D	D	s	
<i>Kellicotia longispina</i> (Kellicott)				s		
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	D	D	D	D	D	s
<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>hispida</i> (Lauterborn)	D	D	D	D	s	
<i>Keratella quadrata</i> (O. F. Müller)	s	s	s	s	s	+
<i>Lecane inermis</i> (Bryce)						s
<i>Lecane luna</i> (O. F. Müller)			s	s		
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg)			s	s	s	s
<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg)					s	+
<i>Lepadella patella</i> (O. F. Müller)						+
<i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Müller)				s	s	s
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)			+			

Tabela 3 cd. – Table 3 contd

Takson – Taxon	13.04		2.06		14.07	
	wczesna wiosna		późna wiosna		lato	
	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine	przed turbina before turbine	za turbina behind turbine
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	D	D	s	D	+	+
<i>Polyarthra minor</i> Voigt				s		
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin			s			
<i>Pompholyx sulcata</i> Gosse				s	s	
<i>Proales sordida</i> Gosse				s		
<i>Ptygura</i> sp.			s			
<i>Synchaeta kinina</i> Rousselet		D		s	s	
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	D	D	+	s	s	
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)				+		
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias)			s	+	D	
<i>Trichocerca pusilla</i> (Lauterborn)			s	s	s	
Crustacea						
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller)			s	s	s	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller)			+			
<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer					s	
<i>Microcyclops</i> sp.	+	+				
Nauplius <i>Copepoda</i>	s	D	s	s	s	s
Copepodid <i>Cyclopoida</i>	s	s				

D – dominanty – dominants, s – subdominanty – subdominants

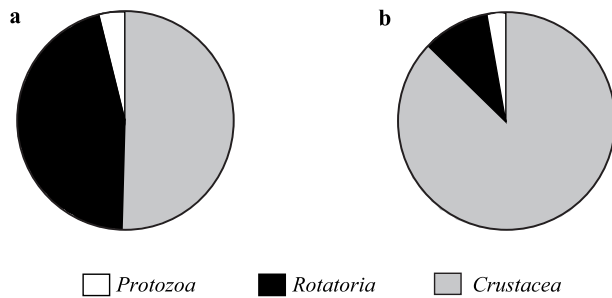
+ – pojedynczy osobnik – single specimen

Pod wpływem funkcjonowania jazu spiętrzającego, szczególnie w dwóch cieplejszych okresach badań, na badanym odcinku rzeki powstały szczególne warunki siedliskowe, które spowodowały pojawienie się w środowisku specyficznych gatunków wrotków. Stwierdzono zarówno gatunki litoralowe, ciepłolubne [Perez-Legaspi i Rico-Martinez 1998, Sarma i Elias-Guttérrez 1999, Ustaoglu i in. 2004], np. *Lecane quadridentata*, odmiany letnie, stenotermiczne [Serafim i in. 2003] – *Brachionus quadridentatus melheni*, *Filinia cornuta* var. *brachiata*, jak i taksony związane ze szczególnym siedliskiem – płytkich, zarośniętych stawów, kałuż, bagien, mułu, a nawet środowiskiem zagniwających osadów [Koste 1978, Streble i Krauter 1978, Zarfdjian i in. 2000] – *Proales sordida*, *Cephalodella gibba*, *Testudinella patina*, *Mytilina mucronata*, *Ptygura* sp.

Różnice struktury gatunkowej zooplanktonu związane z miejscem poboru prób polegały przede wszystkim na dużo większej liczebności pierwotniaków w środowisku za jazem niż przed wlotem do urządzeń spiętrzających (tab. 4), szczególnie w próbach letnich, gdy pierwotniaki dominowały ilościowo nad pozostałymi grupami (rys. 2).

Tabela 4. Liczebność grup systematycznych (liczba osobników na 1 m³) zooplanktonu rzeki Dymier
 Table 4. Size of systematic groups (number of individuals per m³) of zooplankton in Dymier river

Takson – Taxon	13.04 wczesna wiosna early spring		2.06 późna wiosna late spring		14.07 lato summer	
	przed turbiną before turbine	za turbiną behind turbine	przed turbiną before turbine	za turbiną behind turbine	przed turbiną before turbine	za turbiną behind turbine
	<i>Protozoa</i>	9 750	18 500	99 000	474 000	19 250
<i>Rotatoria</i>	32 750	37 000	4 707 000	6 291 000	17 250	3 505
<i>Crustacea</i>	14 250	14 000	78000	171000	1 500	1 000



Rys. 2. Udział ilościowy grup organizmów zooplanktonowych w środowisku wodnym przed turbiną (a) i za turbiną (b)

Fig. 2. Quantitative proportion of zooplankton groups in water environment before turbine (a) and behind turbine (b)

PODSUMOWANIE

Utworzenie na rzece Dymier zalewu i kanału odpływowego w związku z budową elektrowni umożliwiło zasiedlenie tych wód przez gatunki fauny i flory, które wcześniej w rzece nie występowały.

W zalewie stwierdzono obecność dziewięciu zespołów makrofitów: jednego ze związku *Lemnion minoris*, jednego ze związku *Potamogetonion*, trzech ze związku *Phragmition* i czterech ze związku *Magnocaricio*, oraz trzech zbiorowisk: z *Butomus umbellatus*, z *Mentha aquatica* i z *Epilobium hirsutum*. Wszystkie zinwentaryzowane zbiorowiska są charakterystyczne dla wód eutroficznych. Nie zaobserwowano roślinności o liściach pływających ze związku *Nymphaeion*.

Fitoplankton występujący tak w zalewie, jak i w kanale odpływowym reprezentowały głównie okrzemki (*Bacillariophyceae*), zarówno z grupy *Pennatae*, jak i *Centricae*. W zalewie nie było zakwitów sinicowych, a zinwentaryzowane gatunki sinic miały małą frekwencję.

Część gatunków fitoplanktonowych, szczególnie tych tworzących kolonie i cenobia, po przejściu przez turbinę wykazywała zmiany morfologiczne polegające głównie na rozpadzie kolonii i cenobiów – dotyczyło to m.in. okrzemek, a w grupie zielenic takie glony jak *Pediastrum* czy *Scenedesmus* traciły wyrostki powierzchniowe, przyjmując kształt owalny.

W zalewie silnie rozwinęła się zielenica *Enteromorpha intestinalis* f. *maxima*, dotychczas spotykana w płytkich zatokach przymorskich, znosząca okresowe wahania lustra wody.

Plankton zwierzęcy w zalewie cechował się dominacją grupy wrotków (*Rotatoria*) – latem ich udział w strukturze ilościowej zooplanktonu sięgał 96%. W zalewie natrafiono na niezwykle rzadkie wrotki ciepłolubne, o których obecności w zbiornikach wodnych Polski dotychczas w literaturze nie było wzmianek.

Na szczególną uwagę zasługuje większa w okresie letnim liczebność pierwotniaków (*Protozoa*) w środowisku za turbiną niż przed jej wlotem, co przypuszczalnie należy wiązać z obrastaniem przez pierwotniaki kanałów turbiny i ich częściowym wynoszeniem przez silny przepływ wody w czasie pracy urządzenia.

PIŚMIENNICTWO

- Braun-Blanquet J., 1951. Pflanzensoziologie. Springer Verlag Wien.
- Ciecierska H., 1994. Antropogeniczne przekształcenia roślinności wodnej i szuwarowej wybranych jezior miejskich Pojezierza Mazurskiego. Praca doktorska. WSP Olsztyn, maszynopis.
- Endler Z., Grzybowski M., 2001. Sztuczny zalew jako stymulator procesów bioróżnorodności rzeki Dymy. Zesz. Nauk. AR Krak., Inż. Środ. 21, 519–524.
- Ettl H., 1983. Chlorophyta. I. Phytomonadina. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Jena, t. 9.
- Ettl H., Gärtner G., 1988. Chlorophyta. II. Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 10.
- Flössner D., von, 1972. Krebstiere, Crustacea. Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. Gustav Fischer Verlag Jena.
- Fott B., 1972. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Tetrasporales. [W:] Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Red. H.J. Elster, W. Ohle. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart, cz. XVI, t. 6.
- Förster K., 1982. Das Phytoplankton das Süßwassers. Systematik und Biologie. Conjugatophyceae. Zygnematales und Desmidiales (excl. Zygnemataceae). [W:] Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Red. H.J. Elster, W. Ohle. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart, cz. XVI, t. 8/1.
- Kajak Z., 1998. Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Kiefer F., Fryer G., 1978. Das zooplankton der Biennengewässer. Cz. 2. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart.
- Komárek J., Anagnostidis K., 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2. Chroococcales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 73, 2 (Algological Studies 43), 157–226.
- Komárek J., Anagnostidis K., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 82, 3 (Algological Studies 56), 247–345.

- Komárek J., Anagnostidis K., 1999. Cyanoprokaryota. Chroococcales. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Jena, t. 19/1.
- Komárek J., Fott B., 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. [W:] Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Red. H.J. Elster, W. Ohle. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart, cz. XVI, t. 7/1.
- Kondracki J., 1972. Polska północno-wschodnia. PWN Warszawa.
- Koste W., 1978. Rotatoria. Die Radetiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger Berlin – Stuttgart.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986. Bacillariophyceae: Naviculeaceae. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 2/1.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 2/2.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991a. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, G. Gärtner, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 2/3.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991b. Bacillariophyceae: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 2/4.
- Perez-Legaspi I.A., Rico-Martinez R., 1998. Effect of temperature and food concentration in two species of littoral rotifers. *Hydrobiologia* 387/388, 341–348.
- Popovský J., Pfister L.A., 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York, t. 6.
- Rybak J.I., 1994. Przegląd słodkowodnych zwierząt bezkręgowych. Aschelminthes, Rotatoria. *Bibl. Monit. Środ., GIOŚ Warszawa*.
- Rybak J.I. 2005. *Widłonogi. Copepoda: Cyclopoida. Klucz do oznaczania. Bibl. Monit. Środ., GIOŚ Warszawa*.
- Sarma S.S.S., Elias-Gutierrez M., 1999. Rotifers (Rotifera) from four water bodies of central Mexico. *Limnologia* 29, 475–483.
- Serafim M., jr., Bonecker C.C., Rossa D.C., Lansac-Tóha F.A., Costa C.L., 2003. Rotifers of the upper Parana River floodplain: additions to the checklist. *Braz. J. Biol.* 63 (2), 207–212.
- Siemińska J., 1964. Chrysophyta. II. Bacillariophyceae – okrzemki. [W:] *Flora słodkowodna Polski*. Red. K. Starmach. PWN Warszawa, t. 6.
- Starmach K., 1955. *Metody badania planktonu. PWRiL Warszawa*.
- Starmach K., 1963. *Rośliny słodkowodne. Wstęp ogólny i zakres metod badania. [W:] Flora słodkowodna Polski*. Red. K. Starmach. PWN Warszawa, t. 1.
- Starmach K., 1966. Cyanophyta, Glaucophyta. [W:] *Flora słodkowodna Polski*. Red. K. Starmach. PWN Warszawa, t. 2.
- Starmach K., 1968a. Chrysophyta. I: Chrysophyceae – złotowiciowce oraz wiciowce bezbarwne – Zooflagellata wolnożyjące. [W:] *Flora słodkowodna Polski*. K. Starmach. PWN Warszawa, t. 5.
- Starmach K., 1968b. Chrysophyta. III: Xantophyceae – Różnowiciowe. [W:] *Flora słodkowodna Polski*. K. Starmach. PWN Warszawa, t. 5.
- Starmach K., 1972. Chlorophyta. III. Zielenice nitkowate: Ulothrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. [W:] *Flora słodkowodna Polski*. Red. K. Starmach, J. Siemińska. PWN Warszawa – Kraków, t. 10.

- Starmach K., 1974. Cryptophyceae – Kryptofty, Dinophyceae – Dinofity, Raphidophyceae – Rafidofity. [W:] Flora słodkowodna Polski. Red. K. Starmach. PWN Warszawa – Kraków, t. 4.
- Starmach K., 1983. Euglenophyta – Eugleniny. [W:] Flora słodkowodna Polski. Red. K. Starmach, J. Siemińska. PWN Warszawa – Kraków, t. 3.
- Starmach K., 1985. Chrysophyceae und Haptophyceae. [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa. Red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag Jena, t. 1.
- Starmach K., 1989. Plankton roślinny wód słodkowodnych. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. PWN Warszawa – Kraków.
- Streble H., Krauter D., 1978. Das Leben im Wassertropfen. Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart.
- Szata roślinna Polski, 1972. T. I. Red. W. Szafer, K. Zarzycki. PWN. Warszawa.
- Tomaszewicz H., 1979. Roślinność wodna i szuwarowa Polski. Wyd. UW Warszawa.
- Ustaoglu M.R., Balik S., Özdemir Mis D., 2004. The rotifer fauna of Lake Salzigöl (Menemen – İzmir). Turk. J. Zool. 28, 267–272.
- Zarfdjian M-H., Michaloudi E., Bobori D., Mourelatos S., 2000. Zooplankton abundance in the Aliakmon River, Greece. Belg. J. Zool. 130, suppl. 1, 29–33.

IMPACT OF SMALL HYDROPOWER STATION ON PLANKTON ORGANISMS IN RIVER WATER

Abstract. The research carried out on the Dymy river, a small watercourse in the eastern part of the Olsztyńskie Lakeland, aimed to determine the quantitative and qualitative changes in the phyto- and zooplankton caused by the operation of a small hydropower station. Taxonomic identification was done by using common methods and keys. The vegetation of the reservoir created by damming the river water was studied on the basis of phytosociological records, and the plankton was investigated on the basis of research made at three dates of the vegetation season at sites located upstream and downstream of the dam. In the water reservoir, numerous macrophyte associations of well-developed structure were found to occur. The reservoir itself is also attractive for plankton communities. Among algal groups, *Bacillariophyceae* account for the largest proportion of the whole algal plankton community. Due to their intensive development and distinct domination, the proportion of the other groups of algae is small. The species compositions and taxonomic structures of the phytoplankton living upstream and downstream of the dam are rather similar, differences concern only the forms in which some species occur. Namely, the colonies of *Stephanodiscus* downstream of the water turbine are disintegrated, and the coenobia of *Pediastrum* are deformed and fragmented. The damage is mechanical in nature and is done when water flows through the turbine. Upstream of the dam, in shallow, fertile and sunlit areas, large patches of *Enteromorpha intestinalis* f. *maxima* have developed. The zooplankton is dominated by *Rotatoria*. Among others, some rare, thermophilous species of *Rotatoria*, typical of warm, shallow, extremely fertile water bodies, occur in the water reservoir. The size of *Protozoa* community in the water environment downstream of the dam is higher than upstream of it.

Key words: phytoplankton, zooplankton, damming, hydropower station, Dymy river

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.10.2006