

Lilianna BARTOSZEK, Piotr KOSZELNIK

Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Politechnika Rzeszowska

## ZAGROŻENIE EUTROFICZNE WÓD PODKARPACKICH ZBIORNIKÓW WODNYCH KAMIONKA I OŻANNA

### EUTROPHICATION THREAT TO WATERS OF THE SUBCARPATHIAN KAMIONKA AND OŻANNA RESERVOIRS

*The small retention reservoirs are a very important element of both the landscape and the economy. Their excellent usability are dependent on the volume of retained water. A decrease in their capacity results mainly from sedimentation of the organic and inorganic external matter, but the deposition of organic matter produced in the process of eutrophication is often important. The analysis of the quality and trophic status of waters was performed in two reservoirs located in the Subcarpathian region (Kamionka and Ożanna). The research was carried out from May to October 2013. Surface water was collected from three stations for each reservoirs. Chlorophyll a, total and mineral forms of nitrogen and phosphorus, total organic carbon, total suspended solids, dissolved oxygen, chlorides, sulphates contents were determined in each water sample. The assessment of the trophic level based on the commonly used criteria showed a eutrophic state of water in the Kamionka Reservoir and eutrophy/hypertrophy in the Ożanna Reservoir. Based on the obtained results, it was found that the quality of water in both reservoirs was good or moderately good. The increased concentrations of chlorophyll a and total organic carbon (TOC) were observed in the studied waters. The contents of chlorophyll a were at the level corresponding to class III and IV water quality. TOC concentrations were at the level of class II water quality (Kamionka), and above class II water quality (Ożanna). Taking into account the results of the research and assuming that both analyzed reservoirs are very important for the local community, the possible sources of water pollution and protective actions necessary to implement in the catchment area were also discussed.*

## 1. Wprowadzenie

Największym problemem związanym z jakością wód zbiorników wodnych jest ich wzrost poziomu trofii, czyli żyzności wód. Do podstawowych czynników wpływających na wzrost poziomu trofii wód należą: dostępność w wodzie związków azotu i fosforu, wysoka

temperatura i nasłonecznienie. Za główne źródła zasilania zewnętrznego zbiorników wodnych w substancje biogenne uważa się wody dopływających cieków, zrzuty ścieków (punktowe), spływy powierzchniowe z pól uprawnych, pastwisk, lasów i terenów zabudowanych w zlewni bezpośredniej (obszarowe) oraz dróg komunikacyjnych (liniowe). Przy czym, zasadniczym źródłem związków fosforu są ścieki, a związków azotu spływy obszarowe [1, 8]. Zaawansowana eutrofizacja antropogeniczna prowadzi do całkowitej degradacji zbiornika wodnego. Dzieje się to na skutek trwałego naruszenia równowagi pomiędzy produkcją materii organicznej w ekosystemie, a jej rozkładem. W następstwie zachodzi odkładanie wytworzonej w nadmiarze materii do osadów dennych, zamulanie zbiornika i jego stopniowe wypływanie. Wśród czynników niekorzystnie wpływających na podatność zbiorników wodnych na degradację należy wymienić przede wszystkim niewielką głębokość, a co za tym idzie małą pojemność obiektu, zwłaszcza w stosunku do jego powierzchni, długości linii brzegowej, wielkości obszaru zlewni oraz jego limniczny charakter. Spośród cech środowiskowych zlewni sprzyjających dostawie materii organicznej i biogennej do zbiornika najbardziej istotny wydaje się być sposób zagospodarowania i użytkowania terenów, zwłaszcza w obrębie zlewni bezpośredniej.

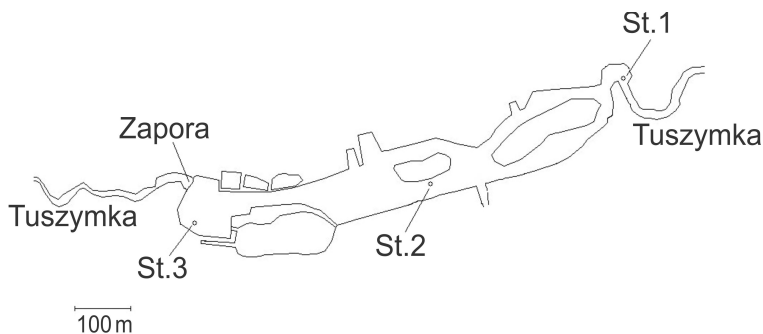
Zbiorniki wodne małej retencji stanowią bardzo ważny element zarówno krajobrazu, jak i gospodarki. Ich walory użytkowe uzależnione są od objętości retencjonowanej wody. Zmniejszanie się ich pojemności wynika głównie z sedymentacji organicznej i nieorganicznej materii zewnętrznej, jednak często istotna jest depozycja materii organicznej wyprodukowanej w procesie eutrofizacji. Małe zbiorniki wodne są potencjalnie bardziej zagrożone degradacją, z uwagi na swą często niewielką głębokość, co sprzyja nagrzewaniu wód i rozwojowi fitoplanktonu.

Celem pracy była ocena stanu troficznego i jakości wód małych zbiorników wodnych na terenie Podkarpacia: Kamionka i Ożanna, rozpoznanie głównych źródeł ich zasilania zewnętrznego w substancje biogenne i organiczne, w zamyśle przedstawienia koncepcji ewentualnych działań ochronnych zapewniających poprawę jakości wód.

Akweny Kamionka i Ożanna, jako zbiorniki małej retencji nie są objęte programem monitoringu wód powierzchniowych realizowanym przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie. Nie była również dotychczas przeprowadzana ocena stanu trofii wód tych zbiorników. Oba zbiorniki wodne są od wielu lat wykorzystywane do celów kąpieliskowych. Jakość wody w kąpieliskach jest systematycznie monitorowana i oceniana w trakcie trwania sezonu kąpieliskowego przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej. Według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 16 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (obowiązującego do końca 2010 roku) badania podstawowe obejmowały oprócz oznaczeń bakteriologicznych, analizy 11 parametrów fizykochemicznych wody (m.in. nasycenia O<sub>2</sub>, BZT<sub>5</sub>, substancji powierzchniowo czynnych), w tym wizualną ocenę występowania osadów smolistych, przedmiotów pływających, zakwitu sinic. Badania rozszerzone obejmowały analizy 15 parametrów fizykochemicznych (m.in. form azotu i fosforu) [18]. Zmiany wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach wprowadzone zostały wraz z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 roku w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli, które obowiązuje od sezonu kąpieliskowego 2011 roku. Niniejsze rozporządzenie zawiera znacznie ograniczony zakres wymaganych badań do wybranych analiz mikrobiologicznych oraz wizualnego nadzoru występowania zakwitu sinic (czyli smug, kożucha, piany), rozmnażania się makroalg, obecności materiałów smolistych, szkła, plastiku, gumy lub innych odpadów [20]. W ten sposób, w znacznym stopniu ograniczono nadzór Inspekcji Sanitarnej nad jakością wody w zbiornikach małej retencji wykorzystywanych jako miejsca do kąpieli.

## 2. Teren badań i metodyka

Badaniami objęto dwa zbiorniki małej retencji Kamionka i Ożanna znajdujące się na terenie Podkarpacia (Tabela 1.). Zbiornik wodny Kamionka zlokalizowany jest we wsi Kamionka, w gminie Ostrów, w powiecie ropczycko – sędziszowskim. Został utworzony w roku 1957 na potoku Tuszymka Duża po eksploatacji żwirów i piasków przydatnych na potrzeby drogownictwa. W 2007 roku podczas odbudowy zapory zniszczonej wskutek awarii, zbiornik został zmodernizowany i odmulony. Tuszymka Duża jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Wisłoki. Jest to ciek o charakterze nizinnym, przepływający przez płaskie tereny przeważnie użytkowane rolniczo, jako grunty orne. Aczkolwiek w górnym i środkowym biegu potok przepływa przez łąki i obszary zalesione. Stopień zalesienia w zlewni zbiornika wynosi ok. 35%. Nachylenie terenu jest nieznaczne i nie przekracza 8% [21, 23].



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych (St) na zbiorniku wodnym w Kamionce (głębokość zbiornika: St1-1,3 m, St2-1,6 m, St3-1,7 m)

Fig. 1. Location of the sampling stations (St) in the Kamionka Reservoir (reservoir depth: St1-1.3 m, St2-1.6 m, St3-1.7 m)

Powierzchnia użytków rolnych na terenie Gminy Ostrów stanowi ok. 53%. Dominują gleby o bardzo niskiej jakości, przeważnie V i VI klasy gruntów ornich i użytków zielonych. Gleby występujące na obszarze zlewni zbiornika to przede wszystkim piaski o różnej ilości części pylastych. Płytkie torfy występują w górnej części na terenach użytków zielonych i polan leśnych. Naokoło zbiornika wodnego utworzono ośrodki rekreacyjno – wypoczynkowe [14, 23]. Stopień skanalizowania w gminie można uznać za dobry. Większość miejscowości (w tym Kamionka) jest w pełni skanalizowanych. Kanalizacja jest w trakcie budowy w jednej miejscowości. Budowa sieci kanalizacji w dwóch ostatnich miejscowościach jest już w planie. Niestety, tylko część domków letniskowych powstałych w pobliżu zbiornika wodnego jest podłączona do sieci kanalizacji, reszta pozostaje nadal nieskanalizowana. Na terenie gminy znajduje się Gminna Oczyszczalnia Ścieków Komunalnych w miejscowości Skrzyszów o przepustowości 750 m<sup>3</sup>/d. Mieszkańcy miejscowości nieprzyłączonych do oczyszczalni zobowiązani są dowozić ścieki we własnym zakresie [23].

Zbiornik wodny Ożanna utworzony na niewielkiej rzece Złotej zlokalizowany jest w miejscowości Ożanna, w gminie Kuryłówka położonej w północno-wschodniej części powiatu leżajskiego. Do eksploatacji został oddany w 1978 roku. Zbiornik wodny wybud-

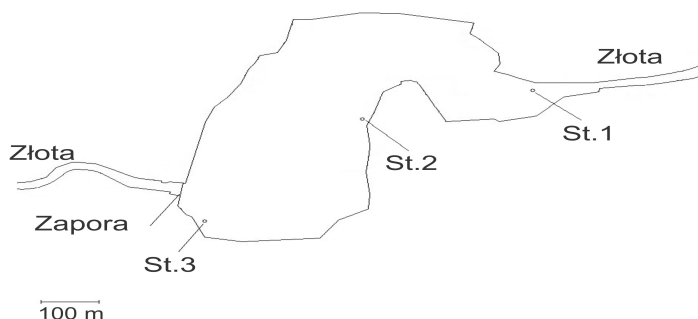
wano w celu poprawy warunków wilgotnościowych sąsiadującego terenu, wyrównania przepływów rzeki Złotej, zabezpieczenia wody do celów gospodarczych i przeciwpożarowych dla pobliskich miejscowości, powstrzymania erozji dna rzeki Złotej, hodowli ryb oraz stworzenia warunków do rekreacji i uprawiania sportów wodnych. Rzeka Złota jest prawobrzeżnym dopływem Sanu. Zbiornik został odmulony w 1998 roku. Wówczas usunięto z dna zbiornika 26 tys. m<sup>3</sup> osadu dennego [9].

Tab. 1. Podstawowe parametry morfometryczne badanych zbiorników wodnych [9, 21]

Tab. 1. Basic morphometric parameters of studied water reservoirs [9, 21]

Parametr	Kamionka	Ożanna
Powierzchnia [ha]	7,0	20,0
Objętość [tys. m <sup>3</sup> ]	144, 2	252,0
Długość zbiornika [m]	950	950
Głębokość średnia [m]	1,50	1,40
Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	84,8	136,3

W zlewni dominują gleby średnio przepuszczalne (brunatne i pyłowe, czarnoziemy, mady i rędziny o składzie mechanicznym glin lekkich i średnich lub utworów pyłowych) oraz występują gleby łatwo przepuszczalne (m.in. brunatne i pararendziny o składzie mechanicznym piasków i glin szkieletowych) [4]. Jest to obszar leśno-rolniczy. Lasy zajmują 36,5% powierzchni zlewni, łąki i użytki zielone 32,2%. Grunty orne stanowią 27,6% powierzchni zlewni, a pozostałe 3,7% to tereny zabudowane i nieużytki [9]. Podstawowe źródło utrzymania w gminie stanowi działalność rolnicza oraz rozwijająca się działalność wypoczynkowo – rekreacyjna, z uwzględnieniem agroturystyki. W ostatnim czasie powstało wiele gospodarstw ekologicznych i agroturystycznych. Na obrzeżach zbiornika znajdują się ośrodki wypoczynkowe, motel, pola namiotowe, wypożyczalnia sprzętu wodnego.



Rys.2. Lokalizacja stanowisk badawczych (St) na zbiorniku wodnym w Ożannie (głębokość zbiornika: St1-1,2 m, St2-1,3 m, St3-1,5 m)

Fig.2. Location of the sampling stations (St) in the Ożanna Reservoir (reservoir depth: St1-1.2 m, St2-1.3 m, St3-1.5 m)

Znajdujący się na terenie gminy Kuryłowski Obszar Chronionego Krajobrazu, w obręb którego wchodzi rezerwat przyrody Brzyska Wola charakteryzuje się cennymi obiektami przyrody, różnorodnym krajobrazem i kompleksami leśnymi. Występowanie obszaru chronionego i zbiornika wodnego Ożanna stwarza sprzyjające warunki do rozwoju turystyki, agroturystyki i rekreacji.

Tab. 2. Klasyfikacja stanu troficznego jezior wg Vollenweidera (1968), OECD (1982), Nürnberga (2001) oraz Forsberga i Rydinga (1980) [3, 5, 7, 12, 24]

Tab. 2. Classification of trophic status of lakes by Vollenweider (1968), OECD (1982), Nürnberg (2001) and Forsberg and Ryding (1980) [3, 5, 7, 12, 24]

Stan troficzny	Wskaźnik	Wskaźnik	
<b>Wg Vollenweidera (1968)</b>	<b>Fosfor ogólny (P<sub>og.</sub>)</b> <b>[mg·dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Azot nieorganiczny</b> <b>(N<sub>nieorg.</sub>) [mg·dm<sup>-3</sup>]</b>	
Ultraoligotroficzny	< 0,005	< 0,2	
Oligotroficzny	0,005 – 0,01	0,2 – 0,4	
Mezotroficzny	0,01 – 0,03	0,3 – 0,65	
Eutroficzny	0,03 – 0,1	0,5 – 1,5	
Hypertroficzny	> 0,1	> 1,5	
<b>Wg OECD (1982)</b>	<b>Fosfor ogólny (P<sub>og.</sub>)</b> <b>[mg·dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Chlorofil „a”</b> [μg·dm <sup>-3</sup> ]	
		<b>średnia</b>	<b>maks.</b>
Ultraoligotroficzny	≤ 0,004	≤ 1	≤ 2,5
Oligotroficzny	< 0,01	< 2,5	< 8
Mezotroficzny	0,01 – 0,035	2,5 – 8	8 – 25
Eutroficzny	0,035 – 0,1	8 – 25	25 – 75
Hypertroficzny	> 0,1	> 25	> 75
<b>Wg Nürnberga (2001)</b>	<b>Fosfor ogólny</b> <b>(P<sub>og.</sub>) [mg · dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Chlorofil „a”</b> <b>(średnia) [μg · dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Azot ogólny</b> <b>N<sub>og.</sub> [mg · dm<sup>-3</sup>]</b>
oligotrofia	≤ 0,01	≤ 3,5	≤ 0,35
mezotrofia	≤ 0,03	≤ 9	≤ 0,65
eutrofia	≤ 0,1	≤ 25	≤ 1,2
hypertrofia	> 0,1	> 25	> 1,2
<b>Wg Forsberga i Rydinga (1980)</b>	<b>Fosfor ogólny</b> <b>(P<sub>og.</sub>) [mg · dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Chlorofil „a”</b> <b>(średnia) [μg · dm<sup>-3</sup>]</b>	<b>Azot ogólny</b> <b>N<sub>og.</sub> [mg · dm<sup>-3</sup>]</b>
oligotrofia	≤ 0,015	≤ 3	≤ 0,4
mezotrofia	≤ 0,025	≤ 7	≤ 0,6
eutrofia	≤ 0,1	≤ 40	≤ 1,5
hypertrofia	> 0,1	> 40	> 1,5

Gmina Kuryłówka nie posiada gminnej oczyszczalni ścieków komunalnych. Większość miejscowości (w tym, Ożanna) jest podłączona do wspólnej kanalizacji gminnej za pośrednictwem której, ścieki są odprowadzane do oczyszczalni ścieków w Leżajsku [13].

Próbki wód powierzchniowych pobrano w maju, lipcu, sierpniu i październiku 2013 roku z 3 stanowisk dla każdego zbiornika. Stanowiska badawcze zlokalizowane były w pobliżu dopływu (stanowisko 1), w okolicy środka zbiornika (stanowisko 2) i w pobliżu zapory (stanowisko 3) (Rys.1 i 2).

W warunkach *in situ* dokonano pomiaru temperatury (temp.), pH, przewodnictwa właściwego i zawartości tlenu rozpuszczonego ( $O_2$ ) we wszystkich pobranych próbkach wody za pomocą wieloparametrowego miernika MultiLine P4 (WTW, Germany). W laboratorium przeprowadzono oznaczenia zawartości azotu azotanowego V ( $N-NO_3^-$ ), azotu azotanowego III ( $N-NO_2^-$ ), azotu amonowego ( $N-NH_4^+$ ), chlorków, siarczanów z wykorzystaniem Chromatografu Jonowego ICS 5000 (Dionex, USA). Oznaczenia zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO) i azotu ogólnego ( $N_{og.}$ ) wykonano za pomocą Analizatora TOC/TC/IC z przystawką do azotu całkowitego (Shimadzu, Japan). Spektrofotometrycznie oznaczono zawartość fosforu fosforanowego ( $P-PO_4^{3-}$ ) (reakcja z molibdenianem amonowym), fosforu ogólnego ( $P_{og.}$ ) (po uprzedniej mineralizacji w obecności  $H_2SO_4$  i peroksydisiarczków) oraz chlorofilu „a” (Chla). Do analiz spektrofotometrycznych wykorzystano spektrofotometr Aquamate (Thermo Spectronic, United Kingdom).

Tab. 3. Klasyfikacja stanu troficznego jezior na podstawie wartości indeksów troficznych (TSI) wg Carlsona (1977) oraz Walkera (1979) [2, 25]

Tab. 3. Classification of trophic status of lakes on the basis of the trophic indexes (TSI) by Carlson (1977) and Walker (1979) [2, 25]

Carlson (1977)	$TSI_{Chla} = 9,81 \ln(Chla) + 30,6$	$TSI_{TP} = 14,43 \ln(P_{og.}) + 4,15$
oligotrofia	< 40	
mezotrofia	40-50	
eutrofia	50-70	
hypertrofia	> 70	
Walker (1979)	$TSI_{Chla} = 33,2 \log(Chla) + 20$	$TSI_{TP} = 46 \log(P_{og.}) - 15,6$
oligotrofia	< 30	
mezotrofia	30-45	
eutrofia	45-65	
hypertrofia	> 65	

Ocenę poziomu trofii wód przeprowadzono w oparciu o średnie stężenia wybranych parametrów (i maksymalne w przypadku chlorofilu „a”) z wykorzystaniem klasyfikacji stanu troficznego jezior wg Vollenweidera (1968), Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju OECD (1982), Nürnbega (2001) oraz Forsberga i Rydinga (1980) (Tabela 2.) [3, 5, 7, 12, 24]. Obliczono również wartości indeksów troficznych TSI (*Trophic State Index*) opracowanych przez Carlsona (1977) oraz Walkera (1979) (Tabela 3.) [2, 25]. Do obliczenia indeksów troficznych (fosforowego -  $TSI_{TP}$  i chlorofilowego -  $TSI_{Chla}$ ) wykorzystuje się średnie wyniki pomiarów zawartości fosforu ogólnego i chlorofilu „a” dokonanych w okresie wegetacyjnym, czyli zasadniczo latem. Ponieważ temperatury w maju 2013 roku były stosun-

kowo wysokie już od początku miesiąca, dlatego też do obliczenia w/w średnich wykorzystano wyniki pomiarów dokonanych w maju, lipcu i sierpniu. Uzyskane wartości liczbowe indeksów troficznych pozwalają na określenie poziomu trofii wód w analizowanych zbiornikach wodnych. Nie wykorzystano natomiast integralnego wskaźnika stanu troficznego ITS (Index of Trophical State). Warunkiem zastosowania w/w wskaźnika jest występowanie statystycznie istotnej korelacji liniowej pomiędzy pH i nasyceniem wody tlenem [11]. Taka korelacja pomiędzy parametrami zmierzonymi w wodzie badanych zbiorników nie wystąpiła, w związku z tym, nie było możliwe zastosowanie tego kryterium.

### 3. Wyniki badań i dyskusja

Ocenę stanu troficznego wód zbiorników wodnych Kamionka i Ożanna dokonano za pomocą kilku różnych kryteriów i otrzymano mniej lub bardziej zróżnicowane rezultaty dotyczące tych samych akwenów (Tabela 4.).

Tab. 4. Stan troficzny wód w badanych zbiornikach (U-ultraoligotrofia, E-eutrofia, H-hypertrofia)

Tab. 4. Trophic status of waters in studied reservoirs (U-ultraoligotrophy, E-eutrophy, H-hypertrophy)

Zbiornik		KAMIONKA				OŻANNA			
Stanowisko		1	2	3	średnia	1	2	3	średnia
Wg Vollenweidera	P <sub>og.</sub>	E	E	E	E	H	H	H	H
	N <sub>nieorg.</sub>	U	U	U	U	U	U	U	U
Wg OECD	P <sub>og.</sub>	E	E	E	E	H	H	H	H
	Chla średnia	E	H	H	H	H	H	H	H
	Chla maks.	E	E	E	E	E	E	H	H
Wg Nürnberga	P <sub>og.</sub>	E	E	E	E	H	H	H	H
	N <sub>og.</sub>	E	E	E	E	E	H	H	H
	Chla średnia	E	H	H	H	H	H	H	H
Wg Forsberga i Rydinga	P <sub>og.</sub>	E	E	E	E	H	H	H	H
	N <sub>og.</sub>	E	E	E	E	E	E	E	E
	Chla średnia	E	E	E	E	E	E	H	H
TSI Carlsona	TSI <sub>TP</sub>	E	E	E	E	H	H	H	H
	TSI <sub>Chla</sub>	E	E	E	E	E	E	H	E
TSI Walkera	TSI <sub>TP</sub>	H	H	H	H	H	H	H	H
	TSI <sub>Chla</sub>	H	H	H	H	H	H	H	H
Stan troficzny		eutrofia				eutrofia / hipertrofia			

Według wszystkich kryteriów stężeniowych (Vollenweidera, OECD, Nürnbega oraz Forsberga i Rydinga) na podstawie zawartości w wodzie fosforu i azotu ogólnego (Tabela 5.), zbiornik wodny Kamionka należałoby zakwalifikować do eutroficznych. Nieco odmienna sytuacja przedstawiała się po przeanalizowaniu zawartości w wodzie chlorofilu „a”, jako wskaźnika wzrostu biomasy fitoplanktonu (Tabela 5). Średnia zawartość w wodzie chlorofilu „a” tylko wg Forsberga i Rydinga pozwoliła zakwalifikować zbiornik do eutroficznych. Według OECD oraz Nürnbega średnia zawartość chlorofilu „a” dla stanowiska pierwszego, czyli w rejonie dopływu utrzymywała się w zakresie eutrofii, dla pozostałych rejonów zbiornika (środek i w pobliżu zapory) oraz średnia dla całego zbiornika osiągnęły wartości odpowiadające hypetrofii. Zawartości maksymalne chlorofilu „a” w wodzie w obrębie wszystkich stanowisk badawczych mieściły się w zakresie eutrofii (wg OECD).

Tab. 5. Wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne wody w zbiorniku Kamionka

Tab. 5. Selected physico-chemical indicators of water in Kamionka Reservoir

Stano- wisko	Data poboru	Temp.	N <sub>og.</sub>	P <sub>og.</sub>	N:P	Chla	Nasycenie O <sub>2</sub>	pH
		[°C]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]		[μg·dm <sup>-3</sup> ]	[%]	
1	20.05.2013	21,4	1,07	0,073	14,7	19,4	108,8	7,72
	04.07.2013	25,0	1,04	0,106	9,8	21,0	123,1	7,84
	28.08.2013	19,1	0,63	0,056	11,4	33,3	90,4	7,48
	15.10.2013	14,1	0,49	0,049	9,9	6,2	65,0	7,51
	<b>Średnia</b>	<b>19,9</b>	<b>0,81</b>	<b>0,071</b>	<b>11,5</b>	<b>20,0</b>	<b>96,8</b>	<b>7,64</b>
2	20.05.2013	21,8	1,21	0,055	21,9	25,9	116,2	7,78
	04.07.2013	24,5	1,13	0,098	11,5	50,6	134,3	7,20
	28.08.2013	19,3	0,63	0,068	9,3	37,0	92,2	7,85
	15.10.2013	14,7	0,47	0,035	13,6	6,2	75,9	7,60
	<b>Średnia</b>	<b>20,1</b>	<b>0,86</b>	<b>0,064</b>	<b>14,1</b>	<b>29,9</b>	<b>104,7</b>	<b>7,61</b>
3	20.05.2013	21,9	0,97	0,057	17,1	28,4	117,7	8,06
	04.07.2013	25,5	1,25	0,105	11,8	39,5	129,8	8,04
	28.08.2013	20,1	0,70	0,064	10,9	39,5	91,0	7,54
	15.10.2013	14,8	0,59	0,057	10,4	16,9	96,8	7,80
	<b>Średnia</b>	<b>20,6</b>	<b>0,88</b>	<b>0,071</b>	<b>12,5</b>	<b>31,1</b>	<b>108,8</b>	<b>7,86</b>
<b>Zbiornik</b>	<b>Średnia</b>	<b>20,2</b>	<b>0,85</b>	<b>0,069</b>	<b>12,7</b>	<b>27,0</b>	<b>103,4</b>	<b>7,70</b>
	SD	4,0	0,3	0,02	3,7	14	22	0,2

Bardziej niekorzystne rezultaty oceny uzyskano w przypadku zbiornika wodnego Ożanna. Na podstawie zawartości w wodzie fosforu i azotu ogólnego, a także średniej zawartości chlorofilu „a” według większości kryteriów stężeniowych (Vollenweidera, OECD, Nürnbega) zbiornik Ożanna należało zaszerzować już do akwenów hypertroficznych (Tabela 6.). Według klasyfikacji Forsberga i Rydinga stężenie fosforu ogólnego kształtowa-



ło się również w zakresie hipertrofii, natomiast stężenie azotu ogólnego mieściło się jeszcze w zakresie eutrofii. Wynika to z tego, że Forsberg i Ryding wyznaczyli wyższą wartość graniczną dla tego parametru do  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  dla eutrofii. W przypadku zbiornika wodnego Ożanna wystąpiła też sytuacja, że w oparciu o niektóre parametry (chlorofil „a” wartość maksymalna) w klasyfikacji OECD, (azot ogólny) Nürnberga, (średnia zawartość chlorofilu „a”) Forsberga i Rydinga można zaobserwować wzrost poziomu trofii wraz z przepływem wody przez zbiornik.

Tab. 6. Wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne wody w zbiorniku Ożanna

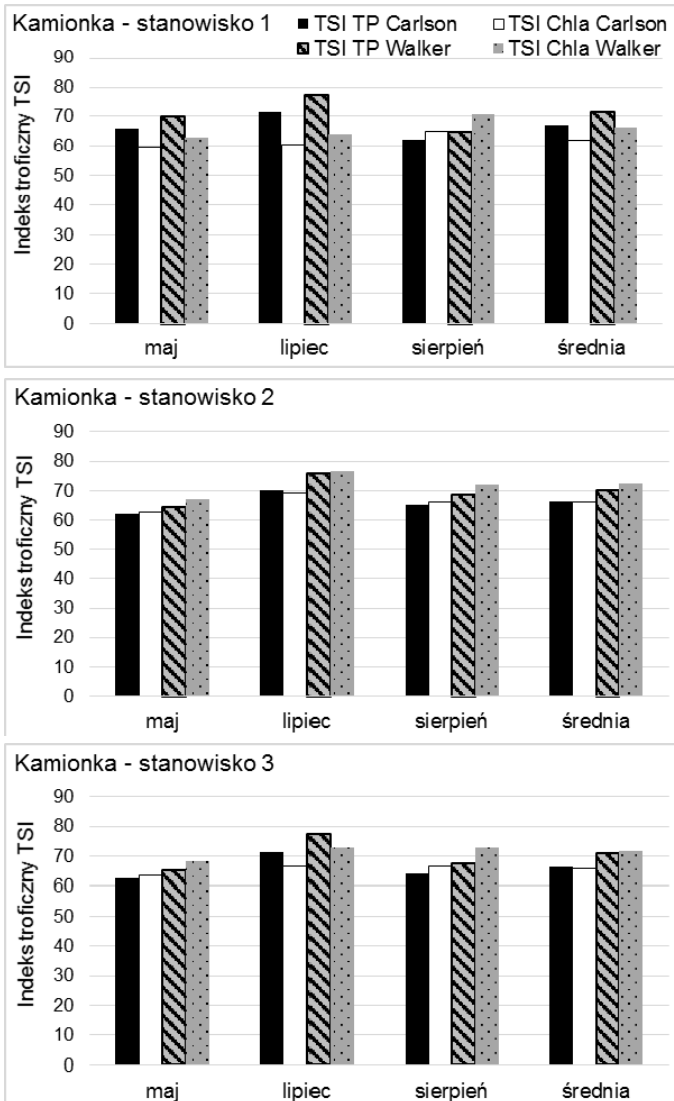
Tab. 6. Selected physico-chemical indicators of water in Ożanna Reservoir

Stano- wisko	Data poboru	Temp.	N <sub>og.</sub>	P <sub>og.</sub>	N:P	Chla	Nasycenie O <sub>2</sub>	pH
		[°C]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]		[µg·dm <sup>-3</sup> ]	[%]	
1	14.05.2013	18,7	1,13	0,115	9,8	34,6	91,4	8,27
	03.07.2013	26,2	1,34	0,110	12,2	18,5	118,6	8,14
	29.08.2013	19,7	1,14	0,152	7,5	46,9	93,2	8,44
	14.10.2013	13,1	0,94	0,079	11,9	24,7	88,8	7,50
	<b>Średnia</b>	<b>19,4</b>	<b>1,14</b>	<b>0,114</b>	<b>10,3</b>	<b>31,2</b>	<b>98,0</b>	<b>8,09</b>
2	14.05.2013	19,1	1,23	0,089	13,7	44,4	99,4	7,93
	03.07.2013	26,2	1,26	0,152	8,3	19,7	127,5	7,75
	29.08.2013	19,9	1,42	0,155	9,2	72,8	82,8	8,30
	14.10.2013	13,3	1,22	0,075	16,3	19,7	92,6	8,41
	<b>Średnia</b>	<b>19,6</b>	<b>1,28</b>	<b>0,118</b>	<b>11,9</b>	<b>39,2</b>	<b>100,5</b>	<b>8,10</b>
3	14.05.2013	19,2	1,42	0,112	12,6	69,1	110,5	8,63
	03.07.2013	26,0	1,35	0,113	12,0	48,1	150,2	9,18
	29.08.2013	19,9	1,18	0,132	8,9	75,3	99,7	8,36
	14.10.2013	13,4	0,96	0,055	17,4	16,0	94,1	8,10
	<b>Średnia</b>	<b>19,6</b>	<b>1,23</b>	<b>0,103</b>	<b>12,7</b>	<b>52,1</b>	<b>113,6</b>	<b>8,57</b>
<b>Zbiornik</b>	<b>Średnia</b>	<b>19,6</b>	<b>1,21</b>	<b>0,112</b>	<b>11,7</b>	<b>40,8</b>	<b>104,1</b>	<b>8,25</b>
	SD	4,8	0,2	0,03	3,1	22	19	0,4

Nieoczekiwanie inny stan troficzny, a mianowicie ultraoligotroficzny w przypadku obu w/w akwenów uzyskano wg klasyfikacji Vollenweidera na podstawie zawartości w wodzie azotu nieorganicznego. Tak niski poziom trofii otrzymano wskutek występowania bardzo niskich stężeń mineralnych form azotu w wodach obu zbiorników wodnych (Tabela 7.) i nie został potwierdzony przez pozostałe kryteria stężeniowe.

Dokonano również klasyfikacji stanu troficznego badanych zbiorników wodnych w oparciu o wartości indeksów troficznych (TSI) Carlsona (1977) oraz Walkera (1979) (Rys. 3 i 4). Obliczone wartości zarówno indeksu troficznego fosforowego (TSI<sub>TP</sub>), jak i chlorofilowego (TSI<sub>Chla</sub>) Carlsona potwierdziły wcześniej dominujący rezultat, czyli

eutrofię w zbiorniku wodnym Kamionka. Jeśli chodzi o zbiornik Ożanna, to obliczone wartości indeksu troficznego fosforowego ( $TSI_{TP}$ ), wskazywały na hipertrofię, natomiast wartości indeksu troficznego chlorofilowego ( $TSI_{Chla}$ ) Carlsons sugerowały eutrofię na pograniczu z hipertrofią. Wartości obu indeksów troficznyc (TSI) Walkera zgodnie przemawiały za stanem hypertroficznym w obu badanych akwenach (Tabela 4.). Porównując wyniki oceny



Rys. 3. Indeksy stanu troficznego według Carlsons i Walkera dla wód Zbiornika Kamionka

Fig. 3. Indexes of trophic state by Carlson and Walker for waters of the Kamionka Reservoir

uzyskane za pomocą różnych kryteriów stężeniowych oraz oparte na obliczonych wartościach indeksów troficznych zaobserwowano wyraźne zawyżanie poziomu trofii w przypadku indeksów Walkera. W klasyfikacji wg Walkera wartość graniczna pomiędzy eutrofią i hypertrofią jest niższa, a równania obliczeniowe zostały tak skonstruowane, że uzyskane wartości liczbowe były wyższe w porównaniu do klasyfikacji wg Carlsona, co pociągnęło za sobą automatycznie zawyżony poziom trofii.

Przy ocenie stopnia eutrofizacji wód powierzchniowych stosuje się także wskaźniki określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [16]. Według tego rozporządzenia za wody zagrożone zanieczyszczeniem uznaje się wody powierzchniowe wykazujące tendencję do wzrostu poziomu trofii, który można efektywnie ograniczyć poprzez redukcję ładunków azotu dostarczanych ze zlewni. W w/w rozporządzeniu śródlądowe wody powierzchniowe zostały podzielone na stojące i płynące. Przy czym graniczne wartości podstawowych wskaźników trofii wód, po przekroczeniu których występuje eutrofizacja, są dla wód płynących dosyć wysokie. Z uwagi na przepływowy charakter, wody obu zbiorników należałoby oceniać jako wody płynące. Wartości graniczne dla wód płynących nie zostały przekroczone w przypadku zawartości fosforu ogólnego, azotu ogólnego i azotanowego (III) w wodach obu badanych zbiorników. Jedynie stosunkowo wysoka zawartość chlorofilu „a” wyraźnie świadczyła o występowaniu procesu eutrofizacji w wodach obu akwenów (Tabele 5. i 6.). Specyficzne warunki panujące w zbiornikach zaporowych (zmniejszenie prędkości przepływu wody, znaczne nasłonecznienie ich rozległych obszarów, wyższa temperatura wody latem) są bardziej sprzyjające do masowego rozwoju fitoplanktonu, niż w szybko płynącej, o niższej temperaturze wody rzece. Zawartość chlorofilu „a” w wodach obu akwenów, a także zawartość fosforu ogólnego w zbiorniku Ożanna przekroczyły również wartości graniczne ustalone dla wód stojących.

Zwracają uwagę niskie stężenia form azotu w wodzie, zwłaszcza azotu mineralnego (Tabela 7.). Zarówno stężenia azotu ogólnego, jak i amonowego oraz azotanowego (V) pozwoliłyby zakwalifikować wody obu zbiorników do I klasy jakości wód według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r [17]. Zawartości azotu amonowego i azotanowego (V) nie przekraczały też stężeń dopuszczalnych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, określonych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r [19] oraz mieściły się w zakresie kategorii A1 według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r [15].

Nie stwierdzono natomiast obecności azotu azotanowego (III) w wodach zbiornika Kamionka. W wodach zbiornika Ożanna incydentalnie w lipcu zaobserwowano wystąpienie niskich stężeń azotu azotanowego (III) na stanowiskach w rejonie dopływu (1) i środka (2). Azotany (III) są formą przejściową, bardzo nietrwałą i w warunkach dobrego natlenienia wód, w obecności mikroorganizmów szybko ulegają utlenieniu do azotanów (V), dlatego też występują w wodach powierzchniowych zwykle w niewielkich stężeniach. Warunki tlenowe w wodach obu zbiorników były bardzo dobre. Wysoka zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie również pozwalała zakwalifikować wody obu akwenów do I klasy jakości i kategorii A1. Zawartość w wodzie fosforu ogólnego i fosforanowego występowała na stosunkowo niskim poziomie, mieszczącym się w zakresie I klasy jakości i kategorii A1 (fosforany). Do I klasy jakości wody i kategorii A1 można było zakwalifikować wody obu omawianych akwenów również pod względem przewodności oraz zawartości chlorków, siarczanów i zawiesiny (Tabela 7.).

Podstawowym wskaźnikiem produktywności wód, czyli wielkości produkcji pierwotnej w sezonie wegetacyjnym jest zawartość chlorofilu „a”. Stężenia tego parametru w wodzie obu zbiorników były niewspółmiernie wysokie w aspekcie zaobserwowanych niskich

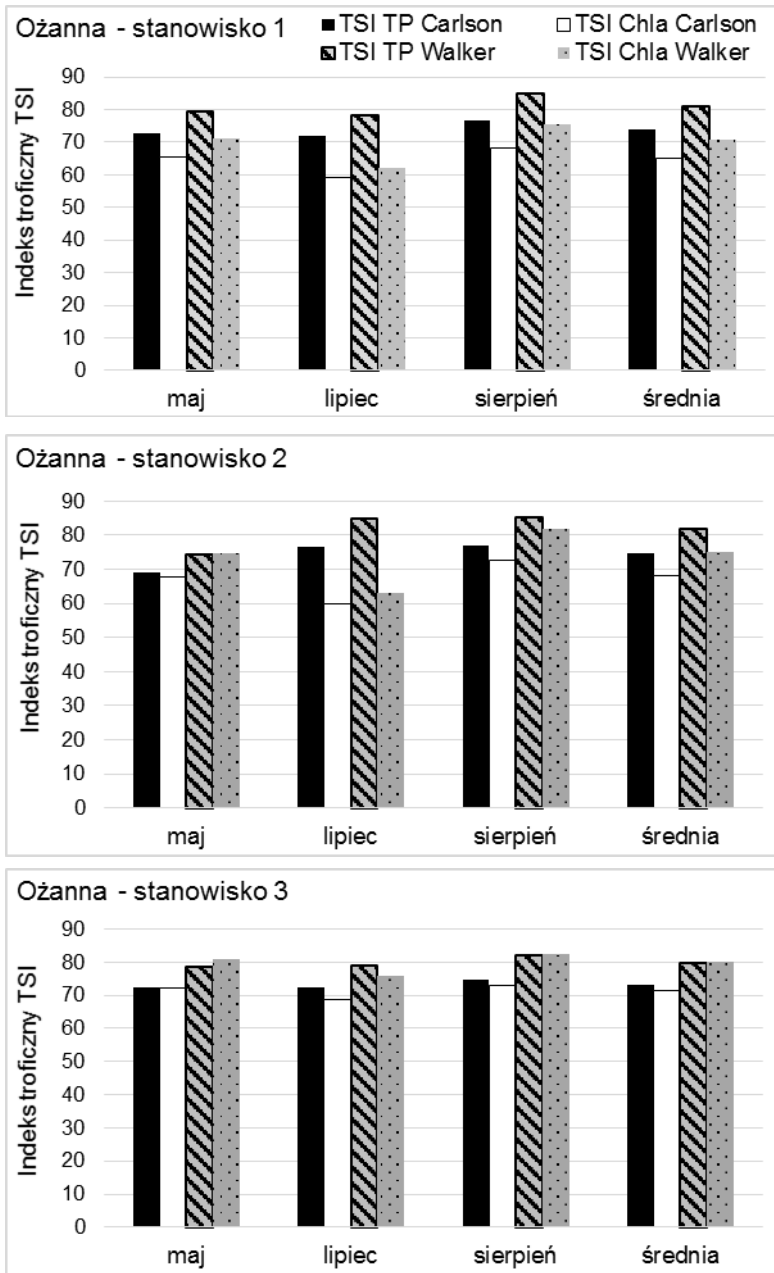
Tab. 7. Pozostałe wskaźniki fizyczno-chemiczne badanych wód

Tab. 7. Other physico-chemical indicators of studied waters

Zbiornik	KAMIONKA n = 12			OŻANNA n = 12		
	Zakres	Średnia	SD	Zakres	Średnia	SD
Przewodność [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	205-350	242	48	251-454	293	53
O <sub>2</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	6,95-11,22	9,48	1,3	7,77-12,0	9,70	1,1
Cl <sup>-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	1,92-4,88	4,10	0,9	5,41-8,09	6,92	0,9
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	12,3-35,0	25,2	6,6	15,4-34,8	25,3	6,4
OWO [mg·dm <sup>-3</sup> ]	10,5-27,6	18,2	6,0	13,9-27,0	20,1	3,9
Zawiesina [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,0-12,5	6,5	4	2,5-45,0	14,8	11
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,000-0,295	0,058	0,10	0,000-0,276	0,084	0,10
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,000-0,000	0,000	0,00	0,000-0,017	0,003	0,01
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,000-0,088	0,036	0,03	0,000-0,249	0,076	0,07
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,005-0,034	0,013	0,01	0,008-0,051	0,024	0,01
Suma azotu nieorg. (N <sub>nieorg.</sub> ) [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,000-0,307	0,094	0,10	0,000-0,436	0,163	0,14

stężeń substancji biogenych (Tabele 5. i 6.). Średnia zawartości chlorofilu „a” z okresu wegetacyjnego klasyfikowała wody zbiornika Kamionka do III klasy jakości wód, a wody zbiornika Ożanna do IV klasy jakości wód. Duże nasłonecznienie i wysokie temperatury w lipcu wywołały nasilenie procesu fotosyntezy, co pociągnęło za sobą wystąpienie znacznego przesylenia wody tlenem (118,6 – 150,2% O<sub>2</sub>). Nie zaobserwowano jednak równoległe podwyższenia pH wody, pomimo, że oprócz wykorzystywania CO<sub>2</sub> w procesie fotosyntezy, zawartość tego gazu w wodzie powinna ulegać obniżeniu z powodu zmniejszania się jego rozpuszczalności wraz ze wzrostem temperatury. Może świadczyć to o zwiększeniu intensywności równocześnie zachodzących procesów tlenowego rozkładu związków organicznych zdeponowanych w osadach dennych, w wyniku których zawartość dwutlenku węgla w wodzie była systematycznie uzupełniana. Sprzyjały temu zarówno dobre warunki tlenowe, jak również wysokie temperatury wody występujące w obu dostatecznie płytkich zbiornikach.

Wysokiej zawartości chlorofilu „a” towarzyszyła znaczna zawartość ogólnego węgla organicznego. W zbiorniku Kamionka zawartość OWO mieściła się w zakresie II klasy jakości wody, podczas gdy w zbiorniku Ożanna przekraczała graniczną wartość dla II klasy jakości wody, a dla pozostałych klas wartości granicznych nie ustalono. W przypadku obu zbiorników średnia zawartość tego parametru w wodzie przekroczyła wartość graniczną dopuszczalną dla kategorii A3 jakości wody. Na uwagę zasługuje wysoka średnia zawartość OWO w wodzie już na stanowisku 1, czyli w rejonie dopływu oraz wyraźna tendencja w obu zbiornikach wzrostu tego parametru wraz z przepływem wody, wzdłuż osi podłużnej



Rys. 4. Indeksy stanu troficznego według Carlsona i Walkera dla wód Zbiornika Ożanna

Fig. 4. Indexes of trophic state by Carlson and Walker for waters of the Ożanna Reservoir

zbiorników. Spore stężenie OWO mogło być spowodowane przez dopływ ze zlewni wraz ze sływem powierzchniowym substancji humusowych. Źródłem substancji humusowych w wodach powierzchniowych może być gleba, ściółka leśna i inne pozostałości roślinne. Stosunkowo duży udział obszarów leśnych w zlewniach obu zbiorników (35% Kamionka i 36,5% Ożanna), zwłaszcza w obrębie zlewni bezpośredniej otaczającej akweny sprzyja z jednej strony zwiększonej zawartości kwasów humusowych w odpływającej z nich wodzie, z drugiej strony duże zdolności retencyjne terenów leśnych pozwalają na zatrzymanie substancji biogennych i wbudowanie ich w biomasę. Przypuszczalnie również dopływ kwasów humusowych mógł przeciwdziałać podwyższeniu pH, do którego zwykle dochodzi wskutek przyrostu poziomu trofii wód i nasilenia procesu fotosyntezy. Substancje humusowe mogą stanowić nawet do 90% naturalnej rozpuszczonej w wodzie materii organicznej [22].

Dostępność azotu i fosforu stanowi podstawowy warunek do rozwoju fitoplanktonu. Stosunek azotu do fosforu uznawany za wskaźnik określający, który z tych pierwiastków jest czynnikiem limitującym eutrofizację, w wodach badanych zbiorników w ciągu całego okresu badań wahał się w zakresach 9,3-21,9:1 (Kamionka) i 7,5-17,4:1 (Ożanna). W zbiorniku Kamionka najwyższe wartości N:P występowały w maju na wszystkich stanowiskach badawczych, a następnie wartość tego parametru ulegała obniżeniu i wahaniom. W zbiorniku Ożanna maksymalne wartości odnotowano w październiku na stanowisku 2 i 3. Uważa się, że jeżeli iloraz N:P jest mniejszy niż 10:1 pierwiastkiem limitującym eutrofizację jest zdecydowanie azot, zaś powyżej 20:1 fosfor. Pomiędzy tymi wartościami przyjmuje się, że równomiernie wyczerpują się oba pierwiastki [6]. Uzyskane wartości ilorazu N:P wielokrotnie (8 razy) były niższe niż 10 (częściej dla zbiornika Ożanna), co wskazuje na wyraźny niedobór azotu, natomiast tylko raz przekroczyły wartość 20 (dla zbiornika Kamionka), wskazując na fosfor jako czynnik limitujący postęp procesu eutrofizacji (Tabele 5 i 6). Pozostałe wartości N:P sugerują równomierne wyczerpywanie się obu pierwiastków w wodzie w procesach produkcji biomasy.

Ze względu na niekorzystne parametry morfometryczne oba zbiorniki małej retencji są bardzo podatne na degradację. Najmniej korzystnie z punktu widzenia podatności na degradację prezentują się takie parametry obiektów jak: niewielkie głębokości średnie, bardzo duże współczynniki Schindlera, wysokie współczynniki Ohlego, małe pojemności zbiorników w stosunku do długości ich linii brzegowych. Przy czym zbiornik Ożanna charakteryzuje się pod względem w/w parametrów teoretycznie mniejszą podatnością na procesy przeżyźnienia w porównaniu do zbiornika Kamionka. Większa pojemność zbiornika Ożanna wpływa na lepsze rozcieńczenie zanieczyszczeń organicznych i biogennych spływających poprzez bezpośrednią strefę kontaktu wody z lądem i za pośrednictwem dopływu z terenu zlewni. Zlewnie obu zbiorników wydają się charakteryzować raczej umiarkowaną możliwością dostawy materii do zbiornika (m.in. małe spadki terenu zlewni i gęstości sieci rzecznej). Są to obszary rolniczo-leśne z większą zabudową. Duża lesistość na obszarze zlewni sprzyja ograniczaniu przedostawania się do wód zanieczyszczeń biogennych pochodzących ze źródeł obszarowych. W takich zlewniach występują też niższe stężenia związków azotu i fosforu w wodach rzecznych dopływających do zbiorników [10]. Dla jakości wód i stanu trofii omawianych zbiorników najbardziej istotny jest sposób zagospodarowania i użytkowania przylegających do zbiornika terenów. Największe zagrożenie dla jakości wód w małych zbiornikach wodnych stanowią ścieki. Miejscowości na terenach, których znajdują się zbiorniki są w pełni skanalizowane. Niestety, część domków letniskowych powstałych w pobliżu zbiornika wodnego Kamionka pozostaje nadal nie podłączona do kanalizacji. Należałoby też konsekwentnie kontrolować rozlokowane wzdłuż brzegów pola namiotowe, a także wyeliminować liczne w okresie letnim miejsca „dzikiego” biwakowania, które również mogą wpływać niekorzystnie na jakość wód omawianych akwenów. Kolejnymi źródłami antropogenicznego zanieczyszczenia wód zbiorników będą

prawdopodobnie spływające do nich wody opadowe z terenów zabudowanych oraz spływy powierzchniowe z terenów użytkowanych rolniczo i komunikacyjnych, zwłaszcza w zlewni bezpośredniej. Skutecznym sposobem na ograniczenie dopływu zanieczyszczeń biogenych z tych źródeł może być właściwe gospodarowanie nawozami oraz dążenie do utrzymania istniejących oraz utworzenia nowych pasów trwałej roślinności ochronnej (drzewiastej, krzaczastej, trawiastej) wzdłuż dopływających cieków i brzegów zbiorników wodnych. Takie pasy roślinności będą chronić wody przed zanieczyszczeniami spływającymi z pól, pastwisk oraz dróg znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie obu zbiorników.

## 4. Podsumowanie

Zbiorniki wodne Kamionka i Ożanna są bardzo istotne dla lokalnej społeczności. Pomimo kilkudziesięciu lat funkcjonowania (57 i 36 lat odpowiednio) i dużej podatności na degradację nadal służą, zwłaszcza mieszkańcom okolicznych miejscowości, jako miejsca wykorzystywane do kąpieli. Badania wykazały, że jakość ich wód jest stosunkowo dobra, przy czym nieznacznie gorszymi parametrami charakteryzowały się wody zbiornika Ożanna. W badanych wodach odnotowano podwyższone stężenia chlorofilu „a” i ogólnego węgla organicznego. Ocena poziomu trofii wód w oparciu o powszechnie stosowane kryteria wykazała stan eutroficzny wód w zbiorniku Kamionka. Oparając się na znacznie zróżnicowanych cząstkowych wynikach oceny zaobserwowano bardziej zaawansowaną trofię wód zbiornika Ożanna, którą zdecydowano się określić jako eutrofię na pograniczu z hypertrofią (ewentualnie początkowe stadium hypertrofii). Obliczone wartości indeksów troficznych TSI opracowane przez Walkera (1979) w porównaniu do pozostałych zastosowanych kryteriów wyraźnie zawyżają ocenę stanu troficznego wód.

Przyczyną relatywnie lepszej jakości wód i niższego poziomu ich trofii w teoretycznie ponad 20 lat starszym zbiorniku Kamionka jest przeprowadzenie w 2007 roku jego modernizacji i odmulenia. Zbiornik Ożanna również został odmulony, ale 9 lat wcześniej w 1998 roku. Odmulenie zbiornika, czyli usuwanie osadów dennych jest jednocześnie jedną z metod rekultywacji płytkich, silnie zdegradowanych zbiorników wodnych. Jest to metoda bardzo skuteczna, ale jednocześnie droga i złożona technicznie [26]. Wraz z powierzchniową warstwą osadów dennych usunięto z ekosystemu sporą część zakumulowanych w nich substancji biogenych i organicznych, dzięki czemu prawdopodobnie wyeliminowano zasilanie wewnętrzne wód w fosforany, co wpłynęło na zahamowanie postępu procesu eutrofizacji wód w obu badanych akwenach.

Zlewnie porośnięte przez lasy mogą wprowadzać substancje humusowe poprzez spływ powierzchniowy wpływając na odczyn pH wody i zawartość ogólnego węgla organicznego w przypadku zwłaszcza zbiorników o małej pojemności. Z drugiej strony, im większa jest powierzchnia lasów, gruntów zakrzewionych i zadrzewionych w zlewni, tym mniejsza powinna być dostawa substancji biogenych wraz ze spływem powierzchniowym.

Analiza wyznaczonych stosunków N:P wykazała, że zarówno dodatkowe ładunki azotu, jak i fosforu dostarczone do zbiorników mogą przyspieszyć produkcję i odkładanie się materii organicznej wewnątrz analizowanych ekosystemów. Można jednak przypuszczać, że w wodach badanych zbiorników wielkość produkcji pierwotnej była częściej limitowana przez azot niż przez fosfor. Podkreśla to konieczność podjęcia działań ochronnych w zlewni bezpośredniej zbiornika prowadzących do prewencyjnego ograniczania dopływu szczególnie związków azotu ze spływem powierzchniowym oraz działań zmierzających do uporządkowania odpływu ścieków z obiektów turystyczno-rekreacyjnych.

Zmiany w gospodarce rolnej, które nastąpiły na skutek zmian ustrojowych i przemian gospodarczych spowodowały ograniczenie upraw do przynoszących efekty ekonomiczne, co pociągnęło za sobą mniejsze wykorzystanie rolnicze gruntów rolnych, a co za tym idzie mniejsze zużycie nawozów mineralnych. Prawdopodobnie umiarkowany dopływ substancji biogennych ze zlewni prowadził do spowolnienia postępu procesu eutrofizacji w wodach obu zbiorników.

### Podziękowania

Badania były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu badawczego nr 2011/03/B/ST10/04998.

### Bibliografia

- [1] Bajkiewicz-Grabowska, E. Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, 2002
- [2] Carlson, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 1977, 22 (2) 361-369
- [3] Chelmiński, W. Woda. Zasoby, degradacja, ochrona. Warszawa: PWN, 2002
- [4] Dynowska, I., and Maciejewski, M. Dorzecze górnej Wisły. Cześć I, II. Warszawa-Kraków: PWN, 1991
- [5] Forsberg, C., and Ryding, S.O. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 1980, 89 189-207
- [6] Galvez-Cloutier, R., and Sanchez, M. Trophic status evaluation for 154 Lakes in Quebec, Canada: Monitoring and recommendations. *Water Quality Research Journal*, 2007, 42 (4) 252-268
- [7] Gruca-Rokosz, R., Koszelnik, P., and Tomaszek, J.A. Ocena stanu troficzno-trzech nizinnych zbiorników zaporowych Polski południowo-wschodniej. *Inżynieria Ekologiczna*, 2011, 26 196-205
- [8] Ilnicki, P. Przyczyny, źródła i przebieg eutrofizacji wód powierzchniowych. *Przegląd Komunalny*, 2002, 125 (2) 35-49
- [9] Madeyski, M., Michalec, B., and Tarnawski, M. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich: Zamulanie małych zbiorników wodnych i jakość osadów dennych. Kraków: PAN Komisja technicznej infrastruktury wsi, 2008
- [10] Melcer, B., and Olejnik, M. Wpływ wybranych czynników na zanieczyszczenie związkami biogennymi powierzchniowych wód płynących w zlewni Baryczy. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 2006, 5 (2) 59-71
- [11] Neverova-Dziopak, E. Ekologiczne aspekty ochrony wód powierzchniowych. Monografia. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2007
- [12] Nürnberg, G. Eutrophication and trophic state. *LakeLine*, 2001, 29 (1) 29-33



- [13] Okrajewska, R., Strzelec, J., and Gad, A. Program Ochrony Środowiska dla Gminy Kuryłówka na lata 2010-2013, z perspektywą do roku 2017 (projekt). Kuryłówka: INWESTEKO, 2010
- [14] Opracowanie ekofizjograficzne dla potrzeb Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego we wsi Kamionka, gm. Ostrów. Rzeszów: Usługowy Zakład Fizjografii i Geologii Inżynierskiej, 2005
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Dz. U. 2002, Nr 204, poz. 1728
- [16] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz. U. 2002, Nr 241, poz. 2093
- [17] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. 2011, Nr 257, poz. 1545
- [18] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach. Dz. U. 2002, Nr 183, poz. 1530
- [19] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. 2010, Nr 72, poz. 466
- [20] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli. Dz. U. 2011, Nr 86, poz. 478
- [21] Projekt budowlany, Budowa zapory ziemno – betonowej na rzece Tuszymka Duża w miejscowości Kamionka gm. Ostrów, woj. podkarpackie. Zespół Usług Technicznych NOT 2005
- [22] Sangjin, H., Sukjae, K., Hacgyu, L., Wonyong, C., Hyunwoong, P., Jeyong, Y., and Taeghwan, H. New nanoporous carbon materials with high adsorption capacity and rapid adsorption kinetics for removing humic acids. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2003, 58 131–135
- [23] Urząd Gminy Ostrów. (materiał niepublikowany)
- [24] Vollenweider, R.A., and Kerekes, J.J. Eutrophication of waters. Monitoring assessment and control. Technical report. Paris: Environment Directorate, OECD, 1982
- [25] Walker, W. Use of hypolimnetic oxygen depletion as a trophic index for lakes. *Water Resour. Res.*, 1979, 15 (6) 1463-1470
- [26] Wiśniewski, R. Phosphates in sediments of hypertrophic Łasińskie lake. Remove or immobilize?. *Environment Protection Engineering*, 2004, 30 (4) 161-169

