

Anna Siemieniuk • Joanna Szczykowska • Józefa Wiater

SEZONOWE ZMIANY STANU TROFICZNEGO ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH

Anna Siemieniuk, dr inż. – Politechnika Białostocka

Joanna Szczykowska, dr – Politechnika Białostocka

Józefa Wiater, prof. dr hab. inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

ul. Wiejska 45B, 15-351 Białystok

e-mail: a.siemieniuk@pb.edu.pl

SEASONAL CHANGES OF TROPHIC STATE IN RETENTION RESERVOIRS

SUMMARY: The aim of the study work was evaluation of seasonal changes of trophic state in retention reservoirs. The researches were done based on samples of water from two low-retention reservoirs: "Michałow" and "Narewka", located in Podlasie in Białystok district. The choice of those two reservoirs was made by taking into the consideration following aspects: the way of development and the similarity of catchment area as well as the date of giving them to the public use. In the researches there were used available in literature Trophic State Indexes, based on made measurement of the concentration of chlorophyll, phosphorus and nitrogen.

On the trophic state of Michałow reservoir the biggest influence had nitrogen and phosphorus concentration, classifying this reservoir as eutrophic in spring and autumn, and as mesotrophic in summer and winter. On the trophic state of Narewka reservoir the biggest influence had phosphorus concentration, classifying this lagoon as hypertrophic independently on the season of the year.

KEY WORDS: water quality, water retention, eutrophication, nitrogen and phosphorus compounds

Wstęp

Woda jako ożywiony składnik środowiska ulega ciągłym zmianom ilościowym i jakościowym. Wraz ze zmianami objętości ulegają modyfikacji fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości wód, zwłaszcza powierzchniowych, w tym małych zbiorników wodnych. Zmiany ilościowe wód formowane są głównie dzięki zjawiskom hydrometeorologicznym, a jakość wód na skutek nasilenia działań antropogenicznych w zlewni zbiornika. Zbiorniki retencyjne najczęściej usytuowane są w obniżeniach terenu, dlatego podlegają silnym wpływom obszarów przyległych, przede wszystkim poprzez dopływy zanieczyszczeń ze zlewni, w tym także związki pochodzące z nawozów organicznych i mineralnych, środków ochrony roślin i innych.¹

Na zmienność parametrów fizykochemicznych wody w zbiornikach przepływowych mają przede wszystkim wpływ: napływ materii ze zlewni, jakość wód dopływających, temperatura w poszczególnych warstwach wody, cechy morfometryczne zbiornika, prędkość wymiany wody oraz ruchliwość zwierciadła wody. Charakter zlewni oraz wód dopływających do zbiornika w postaci cieków lub spływów powierzchniowych również w znaczący sposób wpływa na zmienność składu ilościowego i jakościowego wód akwenów.²

Wybudowanie zbiornika zmniejsza prędkość przepływu, dzięki czemu wydłużone jest przenikanie światła powodujące wzrost temperatury, a więc występują dogodne warunki dla fotosyntezy, a odprowadzenie do zbiornika wód żywnych i bogatych w biogeny sprzyja rozwojowi fitoplanktonu³ Procesem, który w głównej mierze zagraża wodom stojącym, jest eutrofizacja. Przyczynami eutrofizacji są wszystkie czynniki sprzyjające lub powodujące nadmierną produkcję substancji organicznych w wodzie. Eutrofizacja to zjawisko naturalne i należy do wolno przebiegających procesów. Według definicji jest to „wzrost trofii, czyli żyzności wód”. Na podstawie troficznosci można określić jakość wody. Wzrost troficznosci wiąże się ze wzrostem produkcji pierwotnej organizmów wodnych, co jest skutkiem wysokiego stężenia fosforu i azotu, pierwiastków trafiających do zbiorników wodnych w postaci mineralnej lub jako materia organiczna. Do zbiornika retencyjnego mogą dopływać również różnego rodzaju substancje z terenu zlewni i linii brzegowej oraz substancje opadające na powierzchnię wody.

W ekstremalnie produktywnych zbiornikach następstwem eutrofizacji są zakwity glonów, wpływające na zmniejszenie wartości użytkowej wód, dlatego bardzo istotnym elementem jest poznanie charakteru trofii danego zbiornika.

Do oceny stanu troficznego zbiorników retencyjnych można zastosować indeksy troficzne (*Trophic State Index* – TSI) Carlsona⁴ oraz Kratzera i Brezo-

¹ Z. Kajak, *Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2001.

² A. Jaguś, M. Rzętała, *Transformacja parametrów fizykochemicznych wód płynących w zbiornikach przepływowych*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2009 nr 38.

³ A. Ciepeliowski, *Podstawy gospodarowania wodą*, Wyd. SGGW, Warszawa 2001.

⁴ R.E. Carlson, *A trophic state index for lakes*, „Limnology and Oceanography” 1977 t. 22(2).

nika⁵, opierające się na dokonanych pomiarach stężeń chlorofilu, fosforu ogólnego, azotu ogólnego, a także przezroczystości wody, mierzonej krążkiem Secchiego. Indeksy te – TSI (Chl), TSI (P), TSI (N), TSI (SD) – są wygodne do stosowania, gdyż wykorzystują standardowe oznaczenia stężenia zanieczyszczeń, zawsze wykonywane w zbiornikach, a przy tym opierają się na przyczynie (stężeniu azotu i fosforu), skutku (rozwój fitoplanktonu mierzony stężeniem chlorofilu), a także objawach tego skutku, czyli przezroczystości wody. Do oceny stopnia zeutrofizowania małych zbiorników wodnych małą wartością ma przezroczystość wody, ponieważ wody dopływające po i w czasie silnych opadów wprowadzają znaczne ilości zawieszin powodujących zmętnienie retencjonowanej wody, które nie jest związane z rozwojem fitoplanktonu.

Metodyka i teren badań

Badania prowadzono na próbkach wody z dwóch zbiorników małej retencji „Michałow” i „Narewka”, położonych na Podlasiu w powiecie białostockim. Wybór tych zbiorników był podyktowany sposobem zagospodarowania oraz podobieństwem zlewni, a także terminem ich oddania do użytku publicznego. W każdym zbiorniku wyznaczono po trzy punkty pomiarowo – kontrolne, z których pobierano wodę i wykonywano oznaczenia: tlenu rozpuszczonego, odczynu, przewodności, które zmierzono w warunkach *in situ* za pomocą mierników elektronicznych i sondy tlenowej; a także fosforu ogólnego, fosforanów, azotu ogólnego, azotu azotanowego (III), azotu azotanowego (V), azotu amonowego, które oznaczono w laboratorium według Hermanowicza i in.⁶ Stężenie chlorofilu „a” w wodzie określono zgodnie z normą PN-ISO 10260:2002, metodą spektrofotometryczną (zakres: 3 – 80 µg/l).

Zbiornik „Michałow” zbudowano w 2008 roku w miejscowości Michałow na 94-235 km rzeki Supraśl, która jest prawobrzeżnym dopływem Narwi. Rzeka Supraśl stanowi jedno ze źródeł zaopatrzenia w wodę pitną aglomeracji białostockiej, a więc jej zlewnia objęta jest pośrednią strefą ochronną. W zlewni rzeki Supraśl znajduje się Zespół Parków Krajobrazowych Puszczy Knyszyńskiej. W zlewni tej rzeki dominują gleby hydrogeniczne i torfowo-murszowe. Na obszarze dorzecza grunty orne zajmują około 36% powierzchni, użytki zielone około 27%, a lasy 28%. W obrębie gruntów ornich przeważają słabe gleby piaszkowe kompleksów 6 i 7. Wartość rolniczej przestrzeni produkcyjnej rejonu podnoszą użytki zielone, występujące w dużych zwartych kompleksach. Zbiornik ma długość około 340 m i szerokość lustra wody od 30 do 110 m, zaś średnia głębokość wody w zbiorniku przy NPP wynosi 1,88 m.

⁵ C.R. Kratzer, P.L. Brezonic, *A Carlson-type tropic state index for nitrogen in Florida Lakes*, „Water Research Bull” 1981 t. 17.

⁶ W. Hermanowicz i in., *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Arkady, Warszawa 1999.

Powierzchnia zwierciadła wody zbiornika przy NPP wynosi 2,19 ha, a pojemność 41 tys. m³. Teren wokół zbiornika stanowią nieużytki w znacznej części zadrzewione i zakrzaczone, w roślinności dominują olchy i topole.

Zbiornik „Narewka” wykonany został w latach 2005-2007. Oddano go do użytku w 2008 roku na rzece Narewka, lewobrzeżnym dopływie Narwi. Rzeka Narewka wypływa z terytorium Białorusi i przepływa przez gminy Narewka i Białowieża; jest największą rzeką puszczańską. Zlewnia rzeki ma charakter typowo rolniczy, pomimo niekorzystnych warunków do produkcji rolnej. Użytki rolne stanowią 23,3% powierzchni zlewni, w tym grunty orne 46,2%, a użytki zielone 53,8%. W strukturze dominują grunty słabe, zaliczane do niskich klas bonitacyjnych (3,2% grunty dobre, 22,6% średnie, 74,2% słabe). Podobnie sytuacja przedstawia się w odniesieniu do użytków zielonych: 0,8% grunty dobre, 28,0% średnie, 71,2% to grunty słabe. W przypadku tej zlewni pewną część gleb w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika stanowią również gleby hydrogeniczne. Głównym zadaniem zbiornika jest magazynowanie wody na potrzeby rolnictwa, a także ochrona przeciwpowodziowa i przeciwpożarowa. Zbiornik nie ma minimalnego poziomu piętrzenia, czyli tak zwanej pojemności martwej. Długość zbiornika wynosi 200 m, a średnia głębokość wody to 1,45 m. Powierzchnia zwierciadła wody zbiornika wynosi 1,374 ha, a pojemność prawie 20 tys. m³. Z uwagi na przepływowość wszystkie badane zbiorniki traktowane są w polskim prawie jako wody płynące.

Charakter trofii zbiornika jest niezwykle istotnym elementem w jego funkcjonowaniu oraz w sferze możliwości prawidłowego gospodarowania nim. Podjęto więc próbę oceny stanu troficznego badanych zbiorników.

Omówienie i dyskusja wyników

Zestawienie podstawowych charakterystyk statystycznych badań wody w zbiornikach małej retencji w Michałowie i Narewce przedstawiono w tabeli 1 i 2. Zawarto w nich wartości minimalne, maksymalne, średnie, medianę oraz odchylenie standardowe dla punktów pomiarowo – kontrolnych i 12 miesięcy badawczych.

Stężenie chlorofilu „a” w zbiorniku Michałowo (tabela 1) wahało się od wartości minimalnej 0 do 4,78 µg/dm³, średnia jego wartość wyniosła 2,88 µg/dm³. Zmiany stężenia tlenu rozpuszczonego w wodach omawianego zalewu wahały się od 7,01 do 10,4 mg O₂/dm³. Natlenienie wód było bardzo dobre i średnio wyniosło 8,31 mg O₂/dm³, klasyfikując wodę akwenu w całym okresie badawczym do I klasy jakości. Odczyn wody akwenu zmieniał się od pH 7,17 do pH 8,69, przypisując ją do II klasy jakości wody. W ciągu całego okresu pomiarowego wartości przewodności elektrolitycznej były dosyć wyrównane (317-487 µS/cm, średnio 395 µS/cm) i mieściły się w I klasie jakości wody. Stężenie fosforu ogólnego zmieniło swoje wartości od minimalnej 0,006 do maksymalnej 1,368 mg P/dm³, co pozwala zaszeregować zbiornik od I do V klasy jakości. Średnia wartość fosforu ogólnego w całym okresie badawczym wyniosła 0,218 mg P/dm³ (II klasa). Za-

Tabela 1
Zestawienie podstawowych wyników badania wód zbiornika Michałowo

Michałowo	Jednostka	Min.	Max.	Średnia	Odchylenie	Mediana
Chlorofil „a”	[$\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0	4,78	2,884	1,841	3,955
Tlen rozpuszczony	[$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	7,01	10,4	8,306	0,897	7,985
Odczyn	[pH]	7,17	8,69	-	-	-
Przewodność	[$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	317	487	395,28	49,74	393,5
TP	[$\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,006	1,368	0,218	0,346	0,075
P-PO ₄	[$\text{mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,02	4,2	0,683	1,101	0,23
TN	[$\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,81	8	2,665	1,540	2,65
N-NO ₃	[$\text{mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,4	5,9	1,839	1,173	1,85
N-NO ₂	[$\text{mg N-NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,008	0,071	0,031	0,022	0,0245
N-NH ₄	[$\text{mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,22	1,81	0,528	0,316	0,425

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2
Zestawienie podstawowych wyników badań wód zbiornika Narewka

Narewka	Jednostka	Min.	Max.	Średnia	Odchylenie	Mediana
Chlorofil „a”	[$\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0	36	11,982	8,131	13,2
Tlen rozpuszczony	[$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	6,93	9,11	7,871	0,693	7,815
Odczyn	[pH]	6,3	8,63	-	-	-
Przewodność	[$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	319	468	384,22	39,83	389
TP	[$\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,117	1,867	0,755	0,489	0,671
P-PO ₄	[$\text{mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,36	5,73	2,317	1,501	2,06
TN	[$\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,6	3,3	1,664	0,712	1,6
N-NO ₃	[$\text{mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,1	2,7	1,044	0,636	1
N-NO ₂	[$\text{mg N-NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,003	0,044	0,020	0,011	0,0175
N-NH ₄	[$\text{mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,22	0,82	0,453	0,011	0,43

Źródło: opracowanie własne.

wartość fosforanów w wodzie obiektu wahała się od 0,02 do 4,2 mg P-PO₄/dm³, średnia wyniosła 0,683 mg P-PO₄/dm³ (to ilość, której wartości granicznych nie ustala się). Azot ogólny w analizowanych próbkach wody w ciągu całego okresu badawczego utrzymywał się na poziomie od 0,81 do 8,0 mg N/dm³ – średnia wartość to 2,665 mg N/dm³, czyli mieścił się w I-II klasie jakości wody. Ilość azotu azotanowego V zmieniała się od 0,4 do 5,9 mg N-NO₃/dm³, przyjmując wartość

średnią 1,839 N-NO₃/dm³. Zawartość N-NO₂/dm³ – średnia wartość to 0,031 mg N-NO₂/dm³. Stężenie azotu amonowego zmieniało się od 0,22 do 1,81 mg N-NH₄/dm³, osiągając wartość średnią 0,528 N-NH₄/dm³, co pozwala przypisać akwen od I do V klasy jakości wody.

Stężenie chlorofilu „a” w zbiorniku Narewka (tabela 2) wahało się od wartości minimalnej 0 do 36 µg/dm³; średnia jego wartość wyniosła 11,98 µg/dm³ i była to wartość znacznie wyższa niż w zbiorniku Michałowo. Zmiany stężenia tlenu rozpuszczonego w wodach zalewu Narewka wahały się od 6,93 do 9,11 mg O₂/dm³ – przeważnie osiągając wartości klasyfikujące wodę do I klasy jakości. Natlenienie wód było bardzo dobre (średnio wyniosło 7,87 mg O₂/dm³), jednak było ono nieznacznie mniejsze niż to, które zaobserwowano w akwenu Michałowo. Odczyn wody omawianego zbiornika zmieniał się od pH 6,3 do pH 8,63, klasyfikując ją w II klasie jakości. W ciągu całego okresu pomiarowego wartości przewodności elektrolitycznej były dosyć podobne (319-468 µS/cm, średnio 384 µS/cm) i mieściły się w I klasie jakości wody. Stężenie fosforu ogólnego zmieniało swoje wartości od minimalnej 0,117 do maksymalnej 1,867 mg P/dm³ – zaliczając wody akwenu prawie zawsze do wód pozaklasowych. Średnia jego wartość w całym okresie badawczym wyniosła 0,755 mg P/dm³ i jest to wartość znacznie wyższa niż w wodach drugiego analizowanego akwenu. Zawartość fosforanów w wodach badanego obiektu wahała się od 0,36 do 5,73 mg P-PO₄/dm³, zawsze klasyfikując wody do pozaklasowych. Ilość fosforanów średnio wyniosła 2,317 mg P-PO₄/dm³ i również była wyższa niż w wodach zbiornika Michałowo. Azot ogólny w analizowanych próbkach wody w ciągu całego okresu badawczego utrzymywał się na poziomie od 0,60 do 3,3 mg N/dm³ – średnia wartość to 1,664 mg N/dm³, co klasyfikowało wody zalewu zawsze do I klasy jakości. Ilość azotu azotanowego V zmieniała się od 0,1 do 2,7 mg N-NO₃/dm³, przyjmując wartość średnią 1,044 N-NO₃/dm³ (I-II klasa jakości wód). Zawartość azotu azotanowego III wahała się od minimalnej ilości 0,003 do maksymalnej ilości 0,044 mg N-NO₂/dm³ – średnia wartość to 0,02 mg N-NO₂/dm³. Stężenie azotu amonowego zmieniało się od 0,22 do 0,82 mg N-NH₄/dm³, osiągając wartość średnią 0,453 N-NH₄/dm³, co pozwoliło zaliczyć wody akwenu do I-II klasy jakości. Wszystkie wartości badanych związków azotu w wodach zbiornika Narewka były niższe, niż to miało miejsce w wodach akwenu Michałowo. Różnice te wynikają z rodzaju zlewni, ale również głównie ze sposobu jej użytkowania.

Wyniki badań, obejmujące wartości badanych wskaźników z dwóch zbiorników i z 3 punktów pomiarowo – kontrolnych oraz 12 miesięcy badawczych, przyporządkowano do poszczególnych pór roku.

Zaobserwowano, iż niezależnie od pory roku wyższe wartości związków fosforu i chlorofilu „a” odnotowano w zbiorniku Narewka, a większe ilości związków azotu i wyższa przewodność wody były w zbiorniku Michałowo. Większość badanych parametrów wody z obu zbiorników podlegała zmianom sezonowym. Chlorofil „a” utrzymywał się w zbliżonym stężeniu w okresie wiosny, lata, jesieni,

Tabela 3

Średnie wartości badanych wskaźników jakości wód z dwóch zbiorników w poszczególnych porach roku

Parametr	Zbiornik	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Chlorofil „a” [$\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	3,698	4,306	3,513	0,02
	Narewka	15,133	18,1	12,011	0,016
Tlen rozpuszczony [$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	9,276	8,479	9,284	7,511
	Narewka	8,031	7,754	8,444	7,295
Przewodność [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Michałowco	379	440,3	404,3	362,1
	Narewka	389,4	358,2	372	419
Fosfor ogólny [$\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	0,090	0,084	0,623	0,039
	Narewka	0,750	1,129	0,806	0,336
Fosforany [$\text{mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	0,276	0,259	1,971	0,119
	Narewka	2,302	3,466	2,474	1,031
Azot ogólny [$\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	3,078	1,092	2,756	3,625
	Narewka	1,411	1,267	2,278	1,688
Azot azotanowy (V) [$\text{mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	2,089	0,611	2,089	2,438
	Narewka	0,689	0,678	1,633	1,188
Azot azotanowy (III) [$\text{mg N-NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	0,031	0,012	0,023	0,058
	Narewka	0,009	0,026	0,023	0,022
Azot amonowy [$\text{mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	Michałowco	0,443	0,417	0,577	0,716
	Narewka	0,608	0,521	0,323	0,34

Źródło: opracowanie własne.

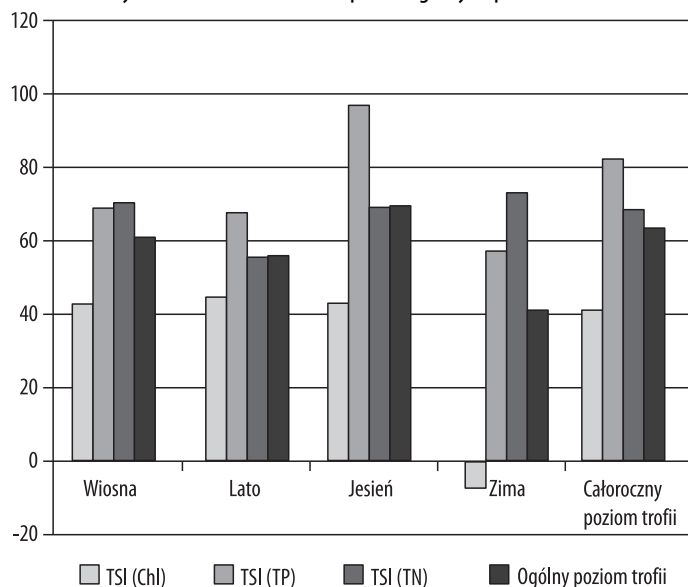
przy minimalnym w zimie. Jest to typowe zjawisko związane z procesami fotosyntezy. Ich średnie wartości przedstawiono w tabeli 3.

Podobną tendencję zmian sezonowych zaobserwowano w przypadku stężenia fosforu ogólnego i fosforanów. Zwiększone stężenia obu form fosforu należy wiązać ze spływami powierzchniowymi i podpowierzchniowymi w okresie zabiegów rolniczych wykonywanych w obrębie zlewni. Stężenie form azotu w wodzie obu zbiorników wskazuje na wpływ wegetacji roślin w okresie wiosny i lata na ograniczony dopływ tych składników do wód. Podwyższone stężenia azotanów III i V w okresie jesieni, a szczególnie zimy, związane są z tzw. „okresem martwym”, w którym procesy rozkładu substancji organicznych zachodzą zarówno w glebie, jak i w osadach dennych zbiorników.

Obliczono indeksy troficzne: TSI(Chl) w $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, TSI(TP) w $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, TSI(TN) w mg/dm^3 oraz określono ogólny poziom trofii zbiorników (TSI), korzystając z uzyskanej wartości średniej z trzech obliczonych wskaźników TSI (Chl), TSI (P), TSI (N). Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Rysunek 1

Stan troficzny zbiornika Michałowo w poszczególnych porach roku



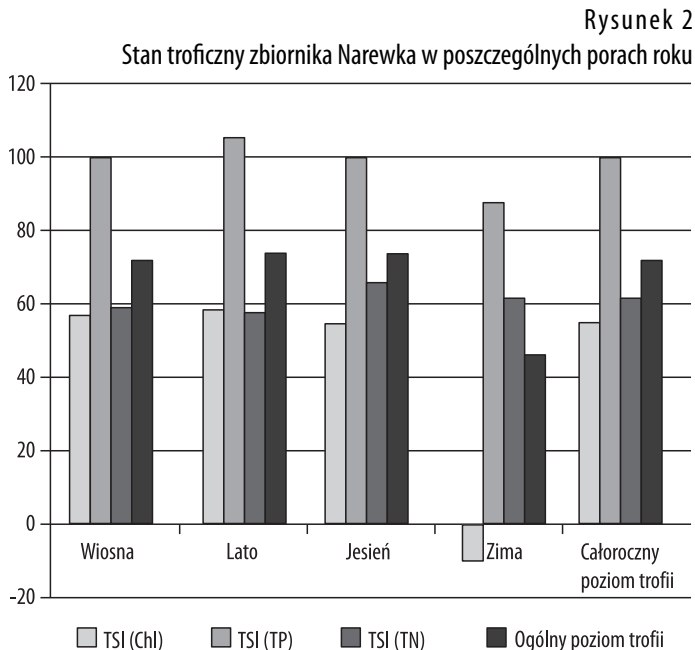
* trofia według klasyfikacji: 0-40-oligotrofia, 40-50-mezotrofia, 50-70-eutrofia, >70-hipertrofia (klasyfikacja według: R.E. Carlton, *A trophic state index for lakes*, „Limnology and Oceanography” 1977 t. 22(2)).

Źródło: opracowanie własne.

Stężenia związków fosforu i azotu były różne w badanych zbiornikach. Większą ilość związków azotu ogólnego zanotowano w zbiorniku w Michałowie, zaś fosforu ogólnego w Narewce. Pierwiastki te występowały w ilościach, przy których możliwe są zakwity wód. Zdaniem Vollenweidera ⁷, zakwity wody mogą wystąpić już przy stężeniu związków azotu powyżej 0,3 mg Nog/dm³, a związków fosforu powyżej 0,015 mg Pog/dm³, tymczasem w wodach omawianych zbiorników zanotowano zawartość azotu ogólnego w granicach 0,60-3,3 mg Nog/dm³ (Narewka) oraz 0,81-8,0 mg Nog/dm³ (Michałowo), zaś fosforu 0,117÷1,867 mg Pog/dm³ (Narewka) oraz 0,006-1,368 mg Pog/dm³ (Narewka).

Wskaźnik ogólnego poziomu trofii dla obu badanych zbiorników wahał się od 40,83 zimą w Michałowie do 74,15 latem w Narewce. Za tak wysoki indeks TSI, niezależnie od zbiornika, najczęściej odpowiadało stężenie fosforu ogólnego, następnie azotu ogólnego, zaś najmniejsze znaczenie miała ilość chlorofilu „a”. Różnice te wynikają ze sposobu użytkowania gleb zlewni. W zlewni Supraśl występuje znaczna ilość lasów oraz gleby hydrogeniczne, które skutecznie zatrzymują związki biogenne. W zlewni Narewki występują słabe gleby mineralne

⁷ R.A. Vollenweider, *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*, OECD Technical Report DAS/CSI/68.27, Paris 1968.



* trofia według klasyfikacji [3]: 0-40-oligotrofia, 40-50-mezotrofia, 50-70-eutrofia, >70-hipertrofia (klasyfikacja według: R.E. Carlton, *A trophic state ...*, op. cit.)

Źródło: opracowanie własne.

o ograniczonej sorpcji i dosyć intensywnie użytkowane rolniczo, co przyczynia się do odpływu biogenów do wód zbiornika.

Na stan troficzny zbiornika Michałowo największy wpływ miało stężenie azotu i fosforu ogólnego, klasyfikując zbiornik do eutroficznych wiosną i jesienią, zaś do mezotroficznych latem i zimą. Wskaźnik TSI (Chl) wahał się od ujemnego zimą do 44, 8 latem, przyporządkowując zalew do akwenów lekko mezotroficznych. Całoroczny poziom trofii najwyższy był dla TSI (TP), niższy dla TSI (TN), a najniższy dla TSI (Chl).

Na stan troficzny zbiornika Narewka największy wpływ miało stężenie fosforu ogólnego, klasyfikując zalew do hipertroficznych niezależnie od pory roku. Wskaźniki TSI (Chl) i TSI (N) przyporządkowywały akwen wiosną i latem do mezotroficznych. Jesienią i zimą stężenie azotu ogólnego było nieznacznie wyższe i pozwalało zaliczyć zbiornik do lekko eutroficznych. Stężenie chlorofilu „a” jesienią również było na poziomie mezotrofii, zimą oczywiście przyjmując wartości ujemne.

Wykorzystanie indeksów troficzności typu TSI pozwoliło na szerszą interpretację jakości wód analizowanych akwenów. Wyznaczona wartość liczbowa współczynnika TSI przybliżyła tendencje zmian w obrębie danej, jednej kategorii troficznej. W przypadku kryteriów stężeńowych nie jest to takie jednoznaczne⁸.

⁸ R. Galvez-Cloutier, M. Sanchez, *Trophic status evaluation for 154 Lakes in Quebec, Canada. Monitoring and recommendations*, „Water Quality Research Journal” 2007 t. 42(4), s. 252-268.

Obliczenia wskaźnika Carlsona⁹ pokazały, że całoroczny ogólny poziom trofii badanych zbiorników kształtował się najczęściej na poziomie eutrofii, TSI 63,78 Michałowo, a TSI 72,17 Narewka. Wysoka trofia w badanych zbiornikach może być prawdopodobnie następstwem nie tylko spływów powierzchniowych, ale również uwalniania się związków fosforu z osadów dennych. Zbiorniki małej retencji silnie zeutrofizowane charakteryzują się wysokimi zawartościami związków biogennych, powodujących „zakwity” powierzchni wody, co miało miejsce również w przypadku badanych akwenów. Znaczna płytkość i dosyć duża powierzchnia zbiorników małej retencji zwiększają ich podatność na eutrofizację.

W zbiornikach zaporowych od dawna upatrywało się także możliwości ich wykorzystania do poprawy stanu czystości wód przez nie przepływających. W zależności od czasu retencji wody, głębokości zbiornika i dopływających do niego ładunków zbiorniki zaporowe mogą okresowo zatrzymywać nawet do 90% całkowitej ilości dopływającej do nich materii¹⁰. Doprowadzenie do zbiornika wód żyznych i bogatych w biogeny sprzyja ciągłemu zatrzymywaniu się tych substancji w czaszy akwenu i możliwości zwiększania się jego trofii, ponieważ zbiorniki wód stojących gromadzą, w formie osadów dennych, część materiału spływającego z terenu zlewni¹¹. Konieczna wydaje się rekultywacja tych zbiorników po kilku latach eksploatacji.

Wnioski

1. Jakość wód w badanych zbiornikach małej retencji różni się ze względu na sposób użytkowania zlewni, co wynika z rodzaju gleb w zlewni.
2. Zaobserwowano wyraźne zmiany sezonowe ogólnego poziomu trofii. Za wysoki indeks TSI niezależnie od zbiornika najczęściej odpowiadało stężenie fosforu ogólnego, następnie azotu ogólnego, zaś najmniejsze znaczenie miała ilość chlorofilu „a”.
3. Wysoka trofia w badanych zbiornikach może być prawdopodobnie następstwem nie tylko spływów powierzchniowych, ale również uwalniania się związków fosforu i azotu z osadów dennych.
4. W związku z zatrzymywaniem się substancji biogennych w czaszy akwenu i wysycaniem się nimi osadów dennych właściwe wydaje się usuwanie ich co kilka lat.

Badania prowadzono w ramach pracy S/WBiŚ/4/2011.

⁹ R.E. Carlson, *A tropic state index for lakes*, „Limnology and Oceanography” 1977 t. 22(2).

¹⁰ W. Galicka, A. Kruk, G. Zięba, *Bilans azotu i fosforu w zbiorniku Jezioroko*, „Nauka. Przyroda. Technologie” 2007 t. 1, z. 2.

¹¹ M. Wiatkowski, R. Kasperek, *Ocena zamulania zbiornika wodnego Mściwojów*, w: *Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształcaniu i degradacji środowiska*, red. H. Kasza, H. Klama, Wyd. ATH, Bielsko-Biała 2007, s. 261-269.