

dr inż. Adam Rak

Wydział Mechaniczny Politechniki Opolskiej

ul. Stanisława Mikołajczyka, 45-271 Opole

Faculty of Mechanical Engineering, Opole University of Technology

DYNAMIKA ZMIAN ZAWARTOŚCI FOSFORU W ZBIORNIKU RETENCYJNYM TURAWA

DYNAMICS OF CHANGES IN PHOSPHORUS LEVEL IN TURAWA RETENTION RESERVOIR

Streszczenie

Przedsięwzięcia prowadzące do rewitalizacji Zbiornika Turawa powinny powodować usunięcie zarówno przyczyn jak i skutków niekorzystnych zjawisk występujących na zbiorniku. Jedną z zalecanych metod poprawy stanu ekologicznego zbiornika jest redukcja ładunku substancji biogennych na jego dopływach. Powodem eutrofizacji wód najczęściej jest wzrost stężenia substancji biogennych, niezbędnych do rozwoju organizmów roślinnych, a więc nieorganicznych związków węgla. Biogenem limitującym przyrost fitoplanktonu jest głównie fosfor. Związki fosforu przedostają się do wód powierzchniowych wraz ze ściekami z tego około 2/3 związków fosforu obecnych w wodach powierzchniowych pochodzi ze ścieków odprowadzanych z gospodarstw domowych.

Celem badań i analiz było stworzenie podstaw do podejmowania działań na rzecz poprawy stanu wód zlewni Zbiornika Turawa oraz ich ochrony przed zanieczyszczeniem, w tym ochrony przed eutrofizacją powodowaną wpływem sektora bytowo-komunalnego.

Wyniki badań potwierdzają eutroficzny charakter wody Małej Panwi wpływającej do zbiornika. Docelowe zmniejszenie importu fosforu powinno polegać na redukcji jego ładunku. W praktyce jest to działalność kosztowna i długotrwała, a jej wymierne wyniki mogą okazać się niewystarczające dla poprawy trofii zbiornika. Stąd z jednej strony konieczna jest realizacja kompleksowego planu działań mającego na celu oczyszczenie ścieków zrzucanych do rzeki Mała Panew i jej dopływów w całej zlewni. Z drugiej strony, to podejmowanie działań zabezpieczających retencjonowaną wodę zbiornika przed zanieczyszczeniami nagromadzonymi przez wiele lat w osadach dennych czaszy zbiornika.

Abstract

Activities which aim at revitalization of Turawa retention reservoir ought to remedy causes and effects of unfavorable natural force that occur at the reservoir area. One of a few recommended ways of improving the reservoir's ecological state is to decrease load of biogenous substances at the reservoir's tributaries. Eutrophication of water is often a consequence of an increase of biogenous substances essential for vegetation's development, ie. non-organic carbon compounds. Phosphorus is the main bioplasm which stops increase of phytoplankton. Phosphorus compounds get through to the surface together with sewage. 2/3 of the phosphorus compounds come from the sewage.

The aim of the analysis was to establish a basis for actions to improve Turawa reservoir water and to prevent it from getting contamination, ie. eutrophication. The results of the examinations prove the fact that the water of Mala Panew river which flows into the reservoir is polluted.

Decrease of phosphorus should rely on reducing its load. In practice such an activity is expensive and takes a lot of time. Its effects might not be sufficient to improve the reservoir trofia. Therefore, from one point of view it is important to take complex activities aiming at treating sewage discharged to Mala Panew river as well as other tributaries of the reservoir. It is essential to take activities which aim at preventing the retained water from contamination with depositon of sludge in bottom at the reservoir bowl.

1. WSTĘP

W myśl art. 9 ust. 1 pkt. 4 ustawy [4] przez eutrofizację rozumie się „wzbogacanie wody biogenami, w szczególności związkami azotu lub fosforu, powodującymi przyspieszony wzrost glonów oraz wyższych form życia roślinnego, w wyniku którego następują niepożądane zakłócenia biologicznych stosunków w środowisku wodnym oraz pogorszenie jakości tych wód”. Wartości graniczne podstawowych wskaźników eutrofizacji wód powierzchniowych, powyżej których występuje eutrofizacja określono w tabeli 1.

Tab. 1. Graniczne wartości podstawowych wskaźników eutrofizacji wód [Rozporządzenie 2002]

Wskaźnik	Jednostka	Wody stojące (sezon wegetacyjny)	Wody płynące średnia roczna
Fosfor ogólny	mgP·dm ⁻³	>0,1	>0,25
Azot ogólny	mgN·dm ⁻³	>1,5	>5
Azot azotanowy	mgNNO ₃ ·dm ⁻³	–	>2,2
Azotany	mgNO ₃ ·dm ⁻³	–	>10
Chlorofil „a”	µg·dm ⁻³	>25	>25
Przezroczystość	m	<2	–

Innymi wskaźnikami eutrofizacji wód mogą być długotrwale zakwity wody powodowane często w jeziorach przez sinice, a w rzekach i estuariach przez okrzemki i zieleńce, masowy rozwój glonów poroślowych, odtlenienie hipolimnionu w jeziorach, któremu towarzyszyć może występowanie siarkowodoru oraz redukcja różnorodności i obfitości makrolitów, fauny bezkręgowej oraz ryb.

W przekroju zwierciadła wody zbiornika na ogół kształtują się dwie warstwy oddzielone termokliną (*metalimnionem*). Największe wahania obserwujemy w górnej warstwie zwanej *epilimnionem*. Epilimnion zawiera na ogół dużą ilość tlenu rozpuszczonego ze względu na natlenianie powierzchniowe oraz zachodzącą fotosyntezę. W ciągu lata obserwujemy spadek temperatury w *metalimnionie*. Natomiast w dolnej warstwie zwanej *hypolimnionem* znajdują się mniejsze ilości

tlenu. W warstwie tej często dochodzi do deficytu tlenu. Wynika to z braku źródeł tlenu a także zachodzących procesów rozkładu substancji organicznych wymagających zużycia tlenu. Na zużycie tlenu wpływają obumarłe organizmy wodne opadające do hypolimnionu z epilimnionu. W efekcie tych zjawisk, jakość wody w tych warstwach różni się od siebie. W okresach przejściowych (wiosna, jesień), zwykle na wskutek zmian temperatur następuje zanik stratyfikacji termicznej i zachodzi pełne wymieszanie wód. Wzrost zawartości fitoplanktonu w *epilimnionie* redukuje dostęp do światła w głąb zbiornika. Brak światła negatywnie wpływa na rozwój roślin wodnych i uzależnionych od nich rozwój zwierząt wodnych. Obumarała biomasa kumuluje się w *hypolimnionie*, gdzie następuje nadmierne zużycie tlenu. Powstaje w ten sposób środowisko beztlenowe, w którym dochodzi do chemicznych procesów redukcyjnych prowadzących do wydzielania się substancji toksycznych: metanu, siarkowodoru.

Powodem eutrofizacji wód najczęściej jest wzrost stężenia substancji biogenych, niezbędnych do rozwoju organizmów roślinnych, a więc nieorganicznych związków węgla, azotu i fosforu, w nieco mniejszym stopniu związków potasu i sodu. Proces eutrofizacji będzie przebiegał tym szybciej, im wyższe będzie stężenie związków biogenych w wodzie. O szybkości i natężeniu eutrofizacji decyduje przede wszystkim stężenie związków fosforu, a w następnej kolejności stężenie związków azotu. W wyniku eutrofizacji następuje nadmierny rozwój fitoplanktonu. Biogenem limitującym przyrost fitoplanktonu jest fosfor, którego udział w tkance roślinnej w stosunku do azotu wynosi jak 1:16 [2]. Procesy eutrofizacji zbiorników wodnych ograniczone mogą być poprzez zmniejszenie dopływu biogenów głównie fosforu ze zlewni zbiorników wodnych.

2. CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKA TURAWA

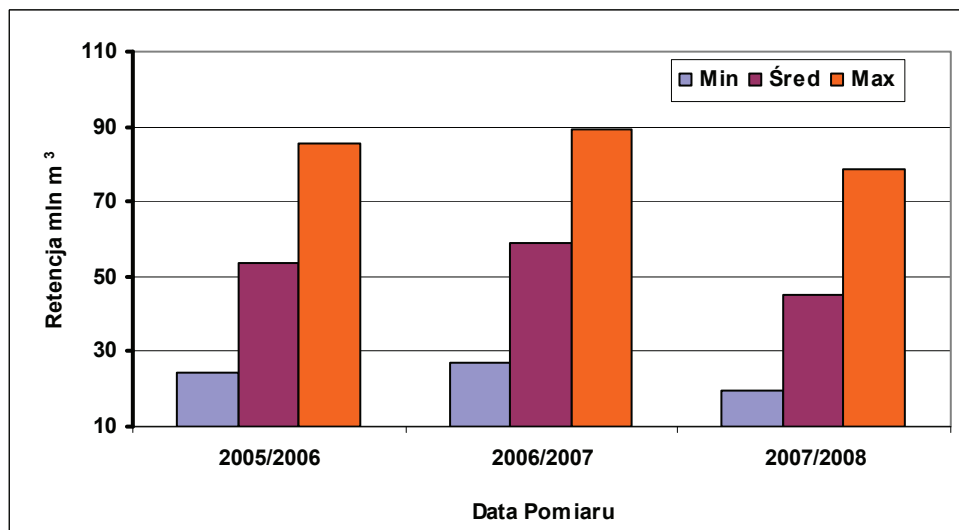
Zbiornik jest nizinny, zaporowy zbiornikiem retencyjnym na rzece Mała Panew. Jego powierzchnia wynosi ponad 20 km², a maksymalna pojemność retencji 106 mln m³. Średnia głębokość przy maksymalnym spiętrzeniu wody wynosi 4÷5 m. Brak zbiornika wstępnego powoduje, że woda ze zlewni Małej Panwi bezpośrednio dopływa do zbiornika. Zlewnia Małej Panwi do przekroju Zbiornika Turawa liczy 1423 km² i leży na obszarach Wyżyny Śląskiej i Równiny Opolskiej. Zbiornik jest od ponad 10 lat silnie zeutrofizowany [10]. Źródłami zanieczyszczeń wód Małej Panwi jest działalność rolnicza, ścieki komunalne i odpady przemysłowe [8]. Zbiornik wykazuje także charakter drenujący w stosunku do wód podziemnych. Zbiornik posiada dobrą łączność hydrauliczną z wodami podziemnymi [3].

Zbiornik Turawa, jako zbiornik przepływowy jest osadnikiem rumowiska zawieszonego i rumowiska wleczanego niesionego przez rzekę Mała Panew. W wyniku spadku prędkości przepływu następuje osadzanie się rumowiska, a tym samym wypełnianie objętości zbiornika osadami. Mała Panew jest rzeką

zanieczyszczoną przez przemysł i gospodarkę komunalną. Zanieczyszczenia te w postaci roztworów i zawiesiny gromadzą się w dolnej części zbiornika tworząc warstwę osadów o wysokiej koncentracji zanieczyszczeń. Osady te zawierają znaczne ilości metali ciężkich takich jak: arsen, kadm, ołów i cynk [1]. Osady te degradują wody zbiornika powodując eutrofizację i rozwój toksycznych sinic. Sinice obumierając i rozkładając się powodują duże zużycie tlenu. Powoduje to sezonowe pogorszenie jakości wody, co zdecydowanie ogranicza wykorzystanie tych wód w celach rekreacyjnych. Wymienione powyżej czynniki mają negatywny wpływ na rozwój rekreacji, turystyki i wypoczynku.

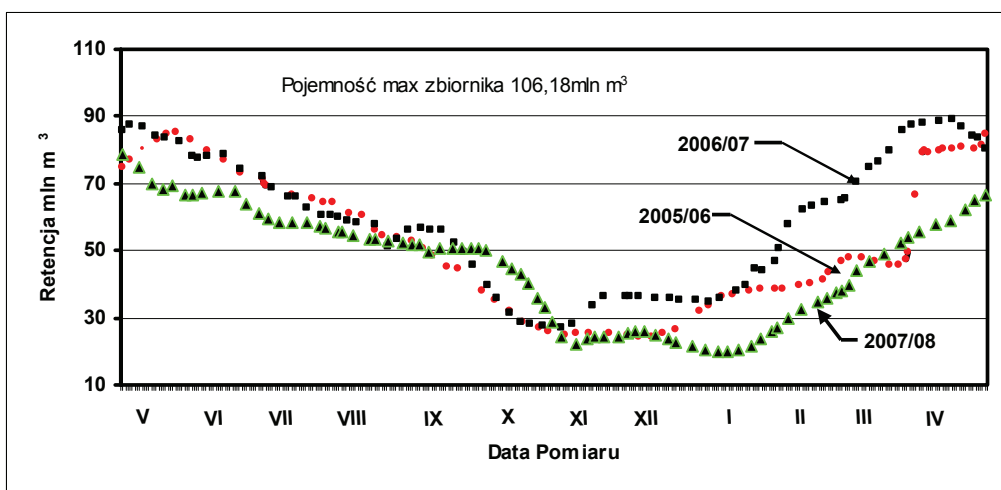
Przedsięwzięcia prowadzące do rewitalizacji Zbiornika Turawa powinny powodować usunięcie zarówno przyczyn jak i skutków niekorzystnych zjawisk występujących na zbiorniku. Jedną z zalecanych metod poprawy stanu ekologicznego zbiornika jest redukcja ładunku substancji biogennych na jego dopływach [6, 5].

Do badań i analiz zawartości fosforu wybrano dwa przekroje rzeki Mała Panew, powyżej zbiornika (km 27,2 rzeki) i poniżej zbiornika (km 17,1 rzeki). Zakres badań obejmował także analizę fizykochemiczną takich oznaczeń jak: barwa wody, odczyn, CHZT_{Mn} , azotany, azot ogólny, fosforany, fosfor ogólny i chlorofil „a”. Analizy dokonano na podstawie wyników badań wody pobieranej z warstwy powierzchniowej co miesiąc w latach 2006÷2008 [9]. Dokonano także analizy pod kątem ilości retencjonowanej wody w zbiorniku. W okresie badań ilość retencjonowanej wody wynosiła od 19,6 mln m^3 do 90 mln m^3 (rys. 1).



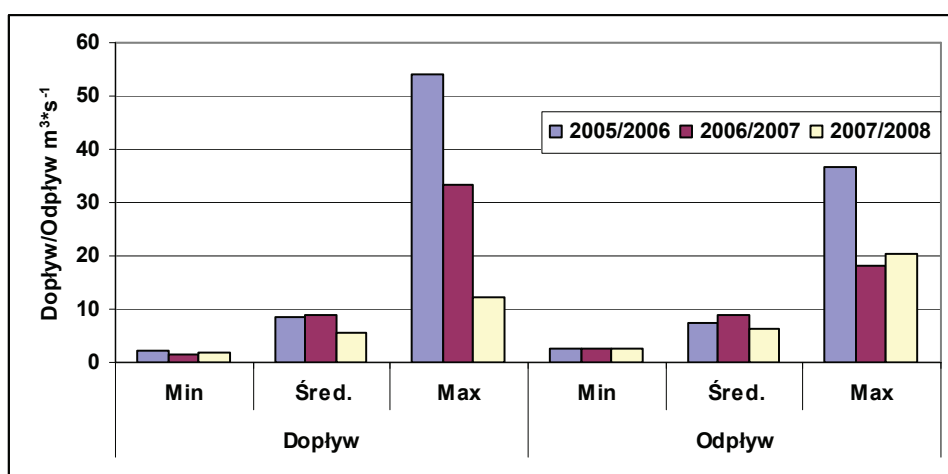
Rys. 1. Charakterystyczne wielkości retencji zbiornika w okresie badawczym

W ciągu roku obserwuje się znaczne zmiany w ilości retencjonowanej wody. Najniższa retencja w okresie jesiennym, najwyższa w okresie wiosennym (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg zmian retencji wody w zbiorniku w okresie roku

Z przeprowadzonej analizy zmian retencji w ciągu roku wynika, że od miesiąca listopada do końca kwietnia następuje napełnienie zbiornika od 22-25 mln m³ (20-24% maksymalnej pojemności zbiornika) do 89 mln m³ (84%). Następnie od miesiąca maja do października następuje systematyczne opróżnianie zbiornika. Przebieg zmian wielkości retencji zbiornika uwarunkowany jest wielkością dopływu do zbiornika. W okresie badawczym najwyższy dopływ w wysokości 53,83 m³·s⁻¹ odnotowano 03.04 2006 (rys. 3). Odpływ wody ze zbiornika był wyrównany i wnosił od 2,5 do 10,0 m³·s⁻¹. Tylko w okresie znacznego dopływu do zbiornika w okresie roztopów wiosennych dokonano większego spustu wody ze zbiornika. W analizowanym okresie maksymalny spust wynosił 36,76 m³·s⁻¹, co daje redukcję fali w stosunku do dopływu około 32%.



Rys. 3. Charakterystyczne wartości dopływu i odpływu ze zbiornika w okresie badawczym

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Jakość wody zbiornika zaporowego Turawa uzależniona jest od poziomu zanieczyszczeń w wodach Mała Panew. Szczególnie rzeka Mała Panew prowadzi wody obciążone zanieczyszczeniami przemysłowymi, komunalnymi oraz w mniejszej części rolniczymi. Największe źródła zanieczyszczeń notowane są na obszarze zlewni położonej w województwie śląskim z miast i ośrodków przemysłowych: Kalety, Tarnowskie Góry, Miasteczko Śląskie, Krupski Młyn, Lubliniec oraz z obszaru województwa opolskiego z terenu miast: Ozimek, Zawadzkie i Kolonowskie.

Substancją limitującą rozwój fitoplanktonu i będącą przyczyną tzw. zakwików jest fosfor. W okresie 1999-2006 (rys. 4), średnie stężenie fosforu w wodzie dopływającej do zbiornika ze zlewni Mała Panew stopniowo ulega zmniejszeniu. W roku 2006 odnotowano średnie stężenie w wysokości $0,17 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$. Należy podkreślić, iż od 2003 roku zanotowane stężenia fosforu są niższe od stężenia będącego wyznaczoną granicą powyżej której w wodach powierzchniowych obserwowane są zjawiska eutrofizacji (tab. 1).

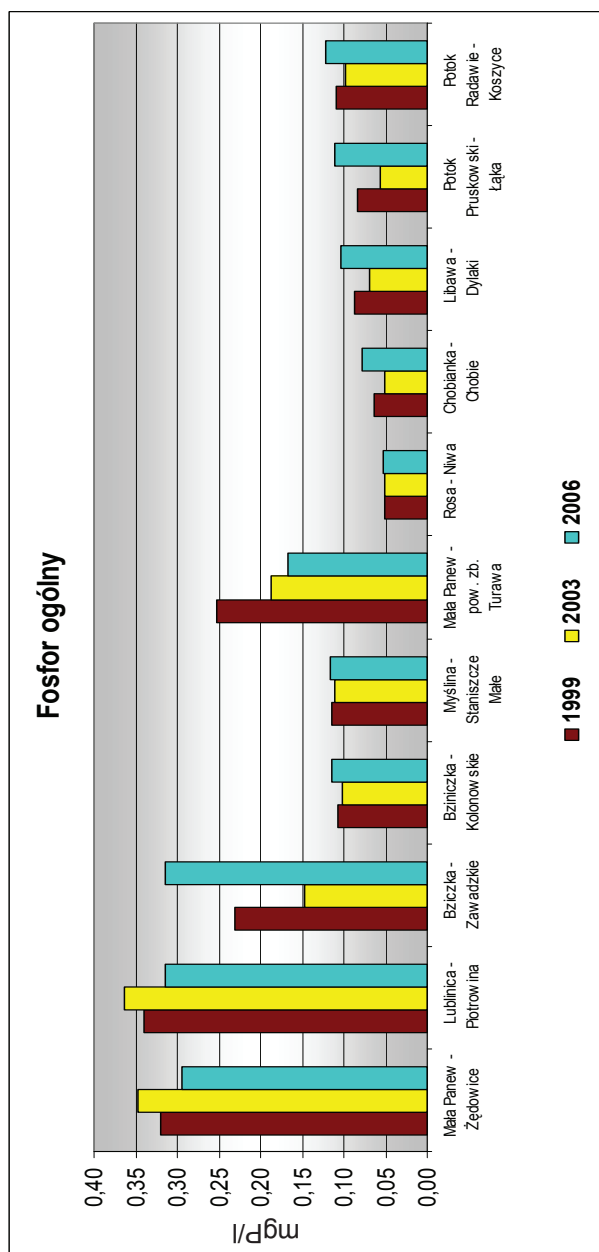
Średnie stężenia fosforu w wodzie dopływającej do zbiornika nie pozwalają na pełne określenie jego wpływu na procesy zachodzące w wodzie retencjonowanej w zbiorniku. Stąd dokonano analizy przebiegu zmian stężenia fosforu w ciągu roku nie tylko w wodzie dopływającej do zbiornika, ale także poniżej zbiornika.

W tabeli nr 2 zestawiono maksymalne i minimalne pomierzone oraz obliczone średnie wskaźniki jakości wody dopływającej i odpływającej ze zbiornika w okresie badawczym

Z analiz wykonanych w latach 2006-2008 wynika, że w okresie wiosennym woda dopływająca do zbiornika charakteryzowała się dużą zmiennością stężenia fosforu od $0,07$ do $0,88 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 5, 6). Natomiast woda odpływająca ze zbiornika w tym czasie wykazywała się mniejszym zróżnicowaniem analizowanego wskaźnika.

W okresie letnim zachodzą istotne zmiany jakościowe wody w zbiorniku. W zakresie barwy w dopływającej wodzie obserwujemy stopniowe obniżenie nawet do $5 \text{ mgPt} \cdot \text{dm}^{-3}$ w miesiącu sierpniu. W tym samym okresie w wodzie odpływającej obserwujemy także obniżenie się barwy do $10 \text{ mgPt} \cdot \text{dm}^{-3}$, lecz już od sierpnia następuje wzrost do $20 \text{ mgPt} \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 7, 8).

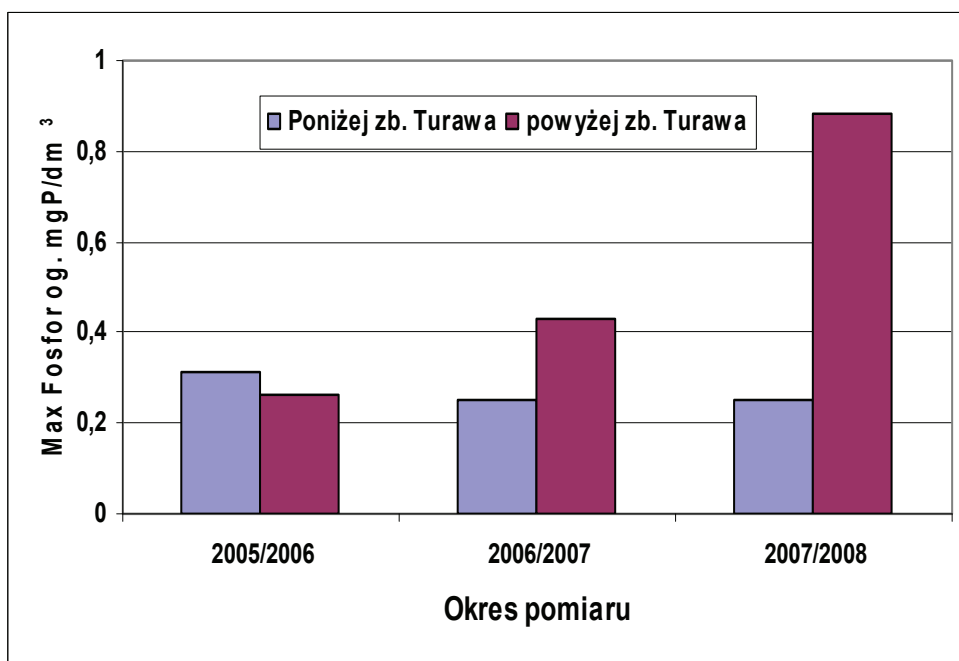
W okresie wiosennym stężenie fosforu w wodzie dopływającej do zbiornika wynosiło od $0,2$ do $0,9 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$. W tym czasie w wodzie odpływającej ze zbiornika zawartość fosforu była mniejsza i wynosiła od $0,08$ do $0,17 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$. W późniejszym okresie notujemy większy wpływ retencji zbiornika na zmiany w stężeniu fosforu. W okresie jesienno-zimowym zawartość fosforu w wodzie dopływającej do zbiornika jest na niskim poziomie i wynosi od $0,12$ - $0,18 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$. W tym samym okresie wzrasta zawartość fosforu w wodzie odpływającej ze zbiornika do wartości maksymalnej $0,35 \text{ mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$ notowanej pod koniec września. Przebieg zmian zawartości fosforu w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika w latach 2006-2008 zobrazowano na rysunkach 9, 10 i 11.



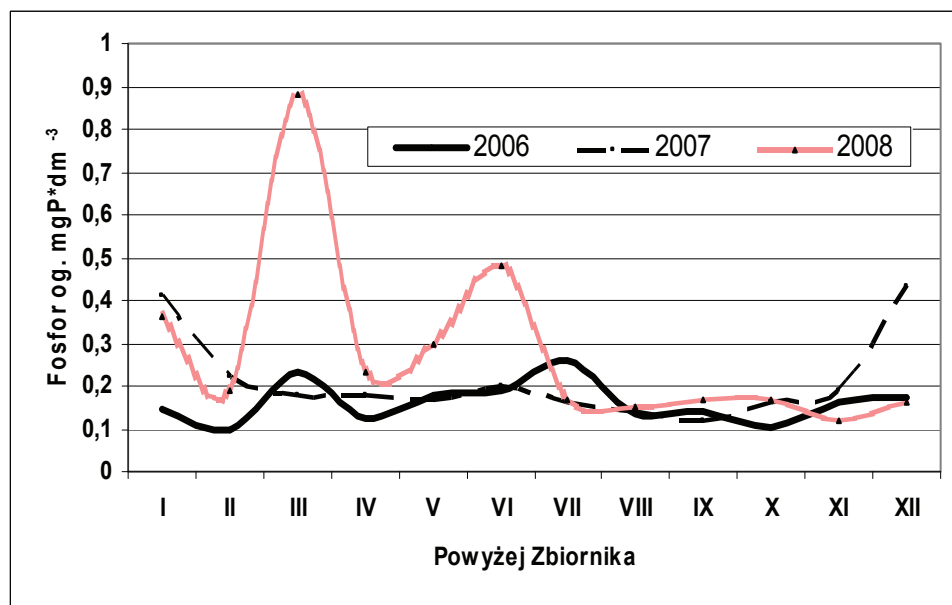
Rys. 4. Zawartość fosforu w wodach zlewni Mała Panew [4]

Tab. 2. Wskaźniki jakościowe wody dopływającej i odpływającej ze Zbiornika Turawa

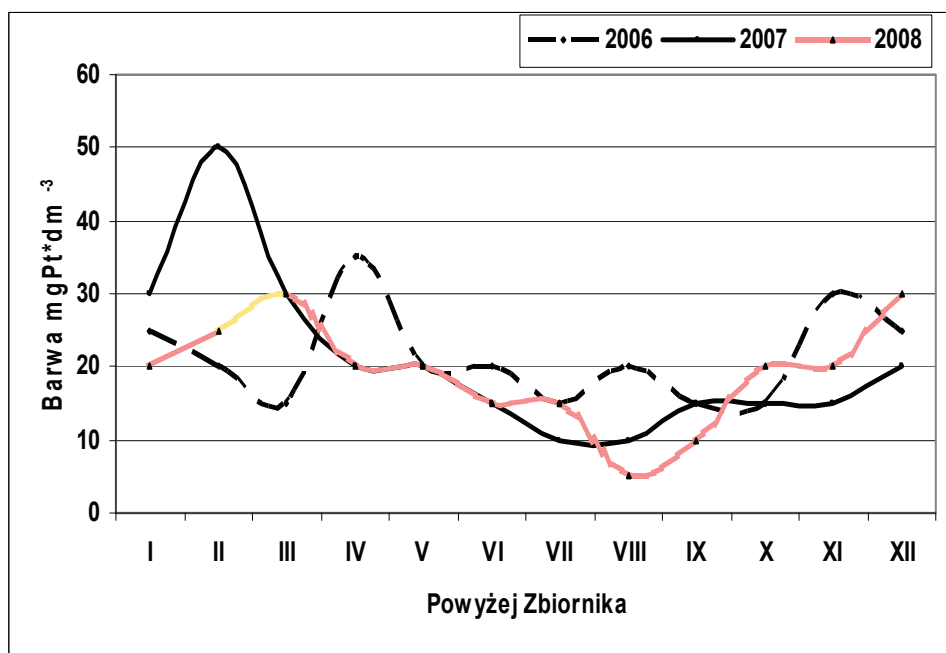
Rok	Przekrój pomiarowy	Wskaźniki jakościowe wody rzeki Mała Panew							
		Barwa mgPt/dm ³	Odczyn pH	ChZT _{Mn} mgO ₂ /dm ³	Azotany mgNO ₃ /dm ³	Azot ogólny mgN/dm ³	Fosforany mgPO ₄ /dm ³	Fosfor ogólny mgP/dm ³	chlorofil „a” µg/dm ³
2006	poniżej zb. Turawa	min	6,90	5,80	0,50	1,93		0,085	
		max	9,40	14,00	18,38	5,72		0,313	
		śred	7,92	9,67	8,67	3,47		0,156	
	powyżej zb. Turawa	min	6,90	4,10	6,33	1,79		0,103	
		max	8,10	13,00	28,88	8,66		0,261	
		śred	7,51	7,59	16,50	4,89		0,168	
2007	poniżej zb. Turawa	min	7,20	7,50	3,76	2,13	0,050	0,084	3,40
		max	8,60	13,00	20,82	6,08	0,250	0,250	31,80
		śred	7,74	9,95	10,55	3,55	0,087	0,144	15,23
	powyżej zb. Turawa	min	7,20	4,50	10,99	3,42	0,074	0,120	1,20
		max	7,80	18,00	23,92	7,49	0,130	0,430	3,40
		śred	7,51	9,00	16,18	5,03	0,102	0,214	2,37
2008	poniżej zb. Turawa	min	7,20	4,40	1,95	2,00	0,025	0,070	2,80
		max	9,30	15,00	17,08	5,04	0,260	0,250	79,90
		śred	7,94	9,23	9,06	3,40	0,114	0,145	31,31
	powyżej zb. Turawa	min	7,50	5,00	11,19	3,4	0,055	0,120	1,40
		max	8,00	19,00	23,98	7,13	0,660	0,880	7,90
		śred	7,72	8,01	16,29	4,86	0,162	0,282	3,94



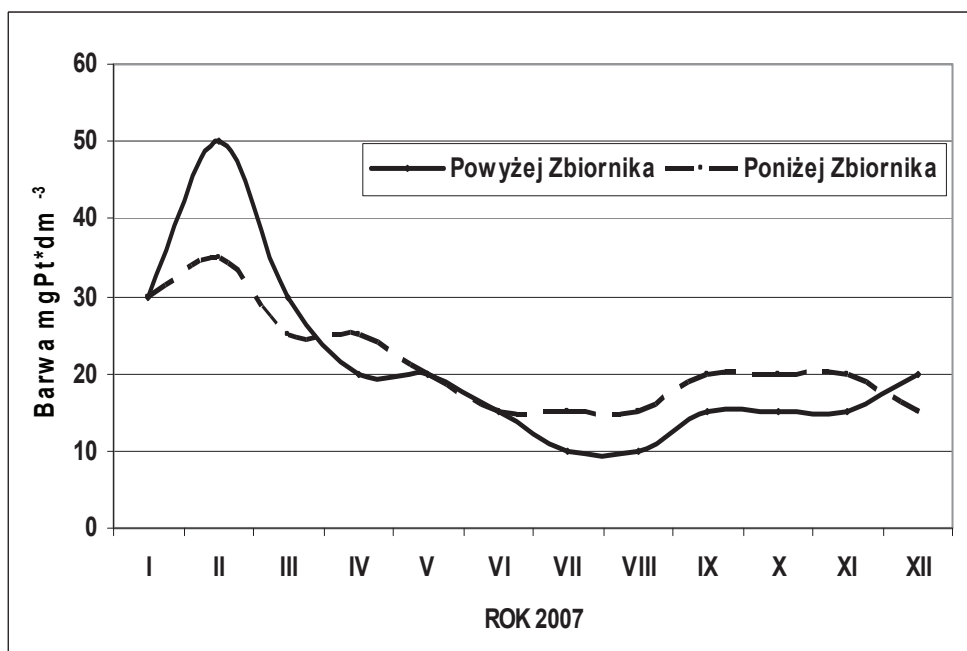
Rys. 5. Maksymalna zawartość fosforu w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika



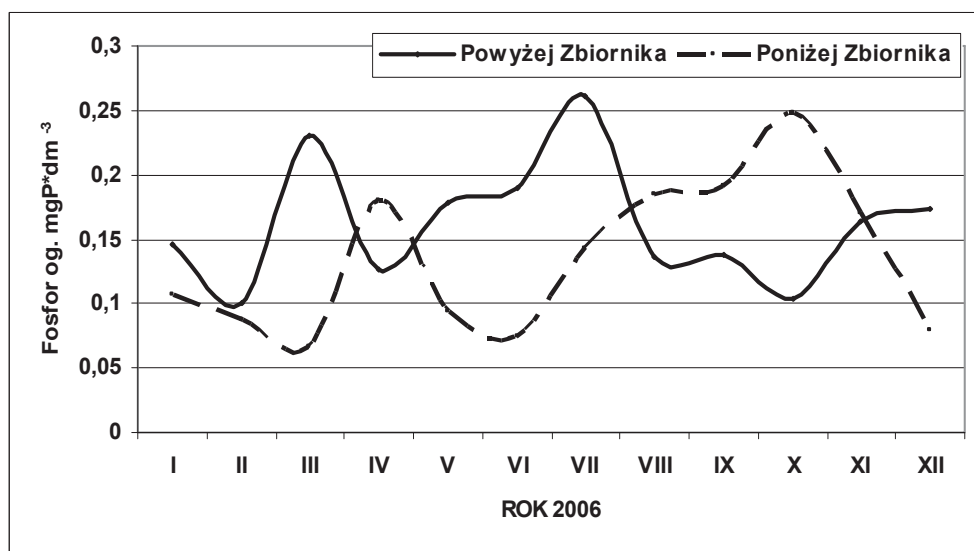
Rys. 6. Przebieg zmian zawartości fosforu ogólnego w wodzie dopływającej zbiornika



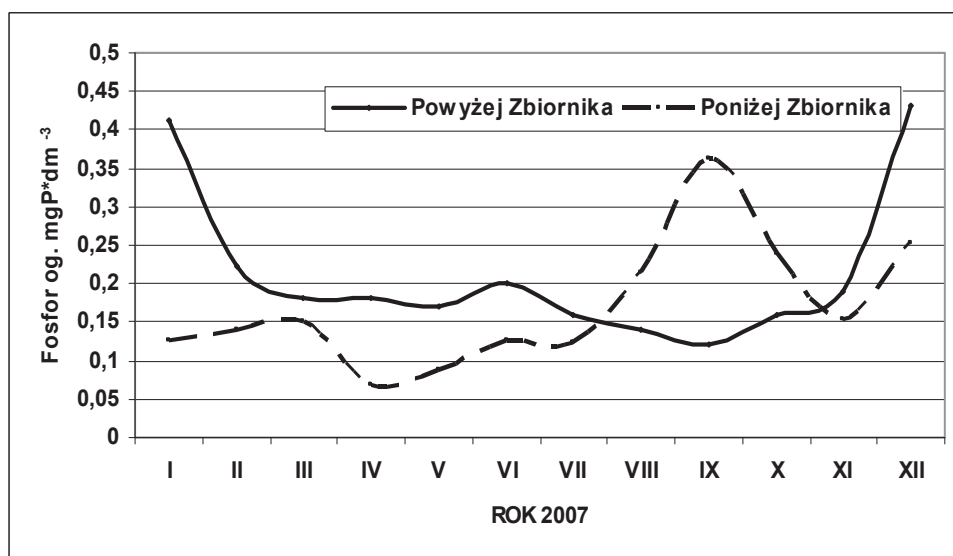
Rys. 7. Przebieg zmian barwy wody dopływającej zbiornika



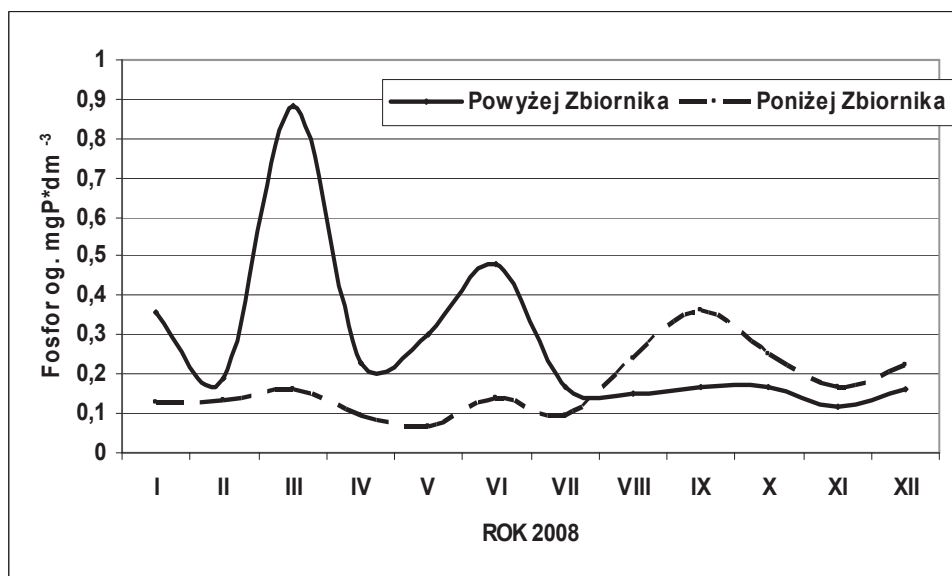
Rys. 8. Przebieg zmian barwy wody dopływającej i odpływającej w trakcie roku



Rys. 9. Przebieg zmian zawartości fosforu ogólnego w roku 2006



Rys. 10. Przebieg zmian zawartości fosforu ogólnego w roku 2007



Rys. 11. Przebieg zmian zawartości fosforu ogólnego w roku 2008

4. WNIOSKI

Przebieg zmian analizowanych wskaźników eutroficznych pozwolił na wydzielenie okresu od początku lipca do końca września, kiedy w wodzie zbiornika zachodzą silne procesy eutrofizacyjne znacznie pogarszające jakość retencjonowanej wody. W tym samym czasie ilość retencjonowanej wody w zbiorniku stopniowo zmniejsza się do wartości minimalnej 22 mln m³ na koniec października, co stanowi niewiele ponad 20% pojemności całkowitej zbiornika. W wyniku obniżania się poziomu zwierciadła wody zmniejsza się głębokość, tym samym w części wschodniej zbiornika tworzą się dobre warunki do naświetlania i nagrzewania wody, które sprzyjają mineralizacji materii organicznej i krążeniu związków pokarmowych [7].

Wyniki badań potwierdzają eutroficzny charakter wody Małej Panwi wpływającej do zbiornika. Z badań wynika, że w latach 2006÷2008 woda rzeki Mała Panew wpływająca do zbiornika zawierała od 0,07 mgP·dm⁻³ do 0,88 mgP·dm⁻³. Najwyższe stężenia fosforu ogólnego notowano w okresie wczesnej wiosny. Najniższe w okresie sierpień ÷ październik. W okresie zimowym i wiosennym w zbiorniku następuje redukcja ładunku fosforu w retencjonowanej wodzie, poprzez sedimentację do osadów dennych, powiększając i tak znaczną koncentrację fosforu w masie tych osadów. Natomiast w okresie późnego lata i wczesnej jesieni, najwyższa zawartość fosforu w odpływie wyniosła od 0,3 mgP·dm⁻³ w roku 2006 do 0,25 mgP·dm⁻³ w roku 2008 i była większa niż na dopływie w tym czasie. Wykazano także, że w tym okresie odpływ ze zbiornika był wyższy niż dopływ, a ilość retencjonowanej wody stanowiła tylko 24÷47% maksymalnej pojemności zbiornika.

Jakość wody Zbiornika Turawa uzależniona jest od poziomu zanieczyszczeń jego dopływów. Szczególnie rzeka Mała Panew jest obciążona substancjami biogennymi. Jak wykazały badania prowadzone przez Kryzę H. z zespołem [3], wody podziemne nie są głównym czynnikiem kształtującym jakość wody w zbiorniku. Procesy eutrofizacji wód zbiornika zahamowane mogą zostać poprzez obniżenie zawartości związków biogennych. Docelowe zmniejszenie dopływu związków biogennych do zbiornika powinno polegać na redukcji ich ładunku w wodach powierzchniowych. W praktyce jest to działalność kosztowna i długotrwała, a jej wymierne wyniki mogą okazać się niewystarczające dla poprawy jakości wody w zbiorniku. Stąd konieczna jest nie tylko realizacja kompleksowego planu działań mającego na celu oczyszczenie ścieków zrzuconych do rzeki Mała Panew i jej dopływów w całej zlewni, lecz także podejmowanie działań zabezpieczających retencjonowaną wodę zbiornika przed zanieczyszczeniami nagromadzonymi przez wiele lat w osadach dennych czaszy zbiornika.

Wyniki przeprowadzonej analizy przebiegu zmiany stężenia fosforu w wodzie zbiornika oraz przebieg zmian retencji w ciągu roku wskazują na konieczność podjęcia działań w kierunku optymalizacji systemu zarządzania gospodarką wodną zbiornika.

5. LITERATURA

- [1] Ciesielczyk T., Kusza G. 2007: Metale ciężkie w osadach zbiornika zaporowego jeziora turawskiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* nr 31, s. 503-507.
- [2] Gurwin J., Kryza J., Poprawski L., Skowronek A. 2005: Badania geoekologiczne jeziora Turawskiego. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia jezior turawskich”. Wydawnictwo NOT FSNT Rada w Opolu, s. 211-222.
- [3] Kryza H., Kryza J., Gurwin J., Kleśta W. 2005: Migracja zanieczyszczeń w wodach podziemnych wokół jeziora turawskiego. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia jezior turawskich”. Wydawnictwo NOT FSNT Rada w Opolu, s. 205-210.
- [4] Prawo wodne. 2001: Ustawa Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001r. ze zm., (Dz.U.2005, nr 239, poz. 2019).
- [5] Rak A. 2005: Jakość wód podziemnych i powierzchniowych oraz planowane przedsięwzięcia w zakresie ich poprawy na obszarze woj. Opolskiego w latach 2004-2010. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia jezior turawskich”. Wydawnictwo NOT FSNT Rada w Opolu, s. 17-28.
- [6] Rak A., Jarzębowski A., Kryza H., Kryza J. 2005: Zarządzanie i wykorzystanie zasobów wodnych opolskiej części zlewni Małej Panwi. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia jezior turawskich”. Wydawnictwo NOT FSNT Rada w Opolu, s. 29-34.
- [7] Ruman M. 2005: Abiotyczne przejawy eutrofizacji zbiornika turawskiego. III Konferencja Naukowo-Techniczna „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia jezior turawskich”. Wydawnictwo NOT FSNT Rada w Opolu, s. 223-230.
- [8] Scott Wilson, Harclow, Ekocentrum. 2009: Rewitalizacja Zbiornika retencyjnego Turawa na rzece Mała Panew, Studium Wykonalności. Wrocław 2009., s. 18-19, 111-115.
- [9] WIOŚ. 2010: Zestawienie analiz wody rzeki Mała Panew w przekrojach km 27,2 i 17,1 za lata 2006-2008. Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska w Opolu, maszynopis.
- [10] Wylegała L. 2006: Ocena eutrofizacji wód na podstawie badań przeprowadzonych w latach 2003-2006 w ramach monitoringu wód powierzchniowych w województwie opolskim. WIOŚ Opole, s. 2-4.