

Jolanta DĄBROWSKA

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE JAKOŚĆ WÓD POWIERZCHNIOWYCH W ZLEWNI ZBIORNIKA MŚCIWOJÓW

FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF SURFACE WATERS IN THE CATCHMENT OF MŚCIWOJÓW RESERVOIR

The study presents a characteristics of the catchment and of the reservoir in the aspect of the possibility of emergence and of migration of pollution. Morphometric, hydrographical and catchment-related parameters that decide about the quality of water, were determined. The study presents the changes in the quality of surface waters in several recent years, the as well as the influence of the pre-reservoir on the quality of stored water. Pollution sources were described. The shape of the reservoir, the size of the catchment as well as the manner of usage of the direct catchment are disadvantageous from the point of view of water protection. The surface waters in the catchment of the Mściwojów reservoir are characterized by high concentration of biogenes, that is significantly lower in the pre-reservoir. Climate and soil-related factors are of a beneficial influence on the balance of biogenes of agricultural origin. A threat for the quality of water might be the soil erosion that might occur in the part of the catchment where there is loess. Wastewater poses a serious threat for the surface waters, thus further actions should be taken in order to develop the sewage system and proper wastewater treatment.

W pracy sporządzono charakterystykę zlewni i zbiornika pod kątem możliwości powstawania i migracji zanieczyszczeń wód powierzchniowych dla zbiornika Mściwojów. Określono parametry morfometryczne, hydrograficzne i zlewniowe, które decydują o jakości wody. Przedstawiono zmiany jakości wód powierzchniowych na przestrzeni kilku ostatnich lat, wpływ zbiornika wstępnego na jakość magazynowanej wody. Opisano źródła zanieczyszczeń. Kształt zbiornika, wielkość zlewni oraz sposób użytkowania zlewni bezpośrednio są niekorzystne z punktu widzenia ochrony wód. Wody powierzchniowe w zlewni zbiornika Mściwojów charakteryzują się wysokimi stężeniami biogenów, które ulegają znacznemu zmniejszeniu w zbiorniku wstępnym. Czynniki klimatyczne i glebowe wpływają korzystnie na wielkość bilansu biogenów pochodzenia rolniczego, niekorzystna jest natomiast struktura upraw i użytkowania zlewni. Za-

grożeniem dla jakości wód mogą być zjawiska erozyjne, które mogą wystąpić w części zlewni gdzie występują lessy. Poważnym zagrożeniem dla wód podziemnych są ścieki, potrzebne są dalsze działania w celu rozbudowy sieci kanalizacyjnej i ich prawidłowego oczyszczania.

1. Materiały i metody

Jako danych wyjściowych użyto wyników badań jakości wody przeprowadzonych przez WIOŚ we Wrocławiu [11, 12, 15], danych GUS [3], korzystano także z dokumentacji technicznej zbiornika [10], map badanego terenu [9, 10] oraz wyników badań i prac naukowych pracowników Instytutu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu [14]. Bilans azotu i fosforu pochodzenia rolniczego sporządzono metodą „soil surface balance” [13].

2. Charakterystyka zlewni i zbiornika pod kątem możliwości zanieczyszczenia wód powierzchniowych

Obiektem badań przedstawionych w pracy jest zbiornik zaporowy w Mściwojowie (rys.1). Jego zlewnia jest intensywnie użytkowana rolniczo. Powstał przez przegrodzenie doliny rzeki Wierzbak w 35+375 km biegu, drugim dopływem jest Zimnik (28,8% całkowitego dopływu). Napełnianie zbiornika rozpoczęto w 1999 roku. Jest on przykładem obiektu dla którego w fazie projektowej duży nacisk położono na rozwiązania mające na celu poprawę jakości zmagazynowanej wody. W zbiorniku wydzielono część czaszy jako zbiornik wstępny z osadnikiem i przegrodami biologicznymi. Podstawowe parametry hydrologiczne i dane techniczne zbiornika Mściwojów przedstawiono poniżej [10].

Zbiornik główny:

- przepływ średni roczny $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- normalny poziom piętrzenia 193,35 m n.p.m.

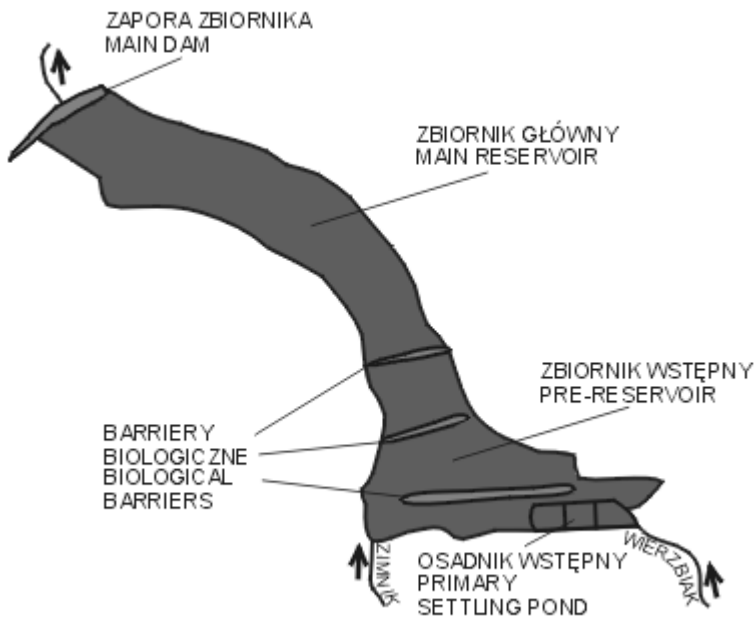
Przy normalnym poziomie piętrzenia, wymiary są następujące:

- pojemność $0,735 \text{ mln m}^3$
- powierzchnia zalewu 34,6 ha
- średnia szerokość 150 m
- głębokość średnia 2,0 m
- długość 1800 m
- średni czas retencji 65 dni

Zbiornik wstępny (dane przy NPP):

- pojemność 175 000 m^3
- powierzchnia 14 ha
- długość 700 m

- szerokość 295 m
- średnia głębokość 1,3 m
- średni czas retencji 15 dni



Rys. 1. Zbiornik wodny Mściwojów

Fig. 1. Mściwojów water reservoir

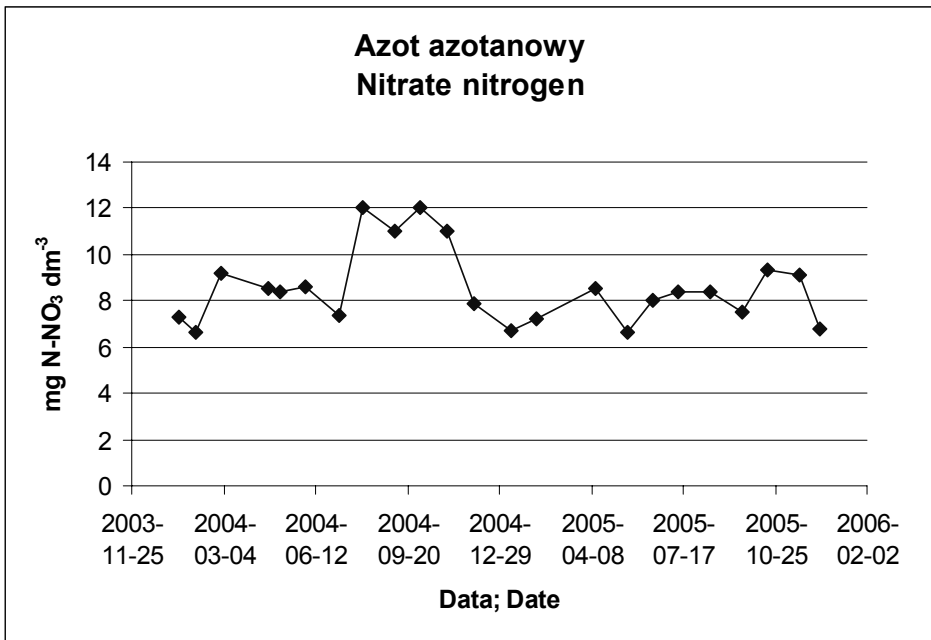
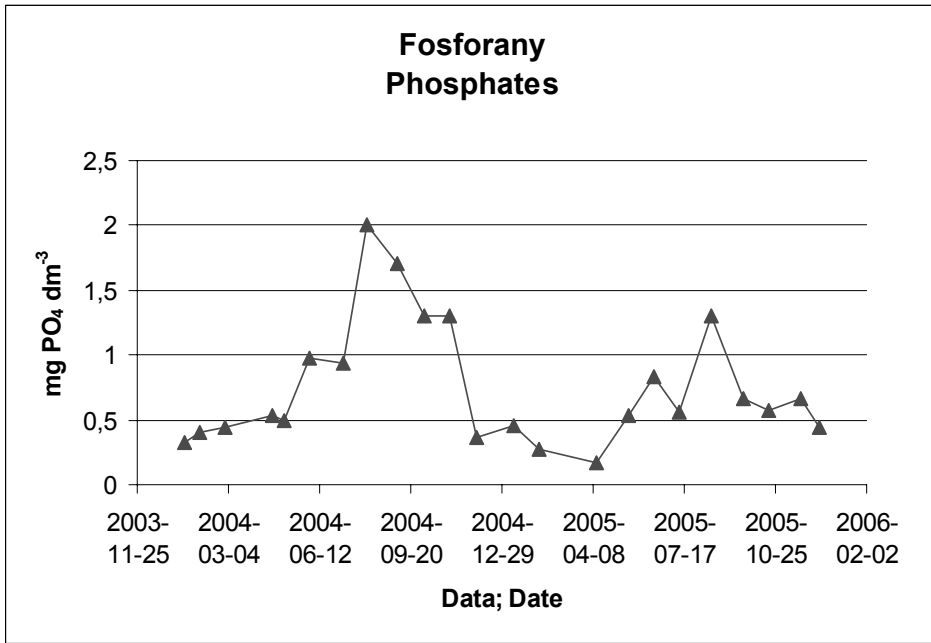
Analiza parametrów morfometrycznych zbiornika pozwala stwierdzić, że zbiornik jest płytki co wpływa niekorzystnie na jakość zmagazynowanej wody, ma wydłużony kształt i silnie rozwiniętą linię brzegową - czyli zwiększony kontakt ze zlewnią bezpośrednią. Niekorzystną wartością dla badanego zbiornika przyjmuje także współczynnik Schindlera - uwzględnia on powierzchnię zlewni mierzoną łącznie z powierzchnią zbiornika jako obszar przyjmujący zanieczyszczenia oraz objętość zbiornika jako ilość wody, która te zanieczyszczenia rozcieńcza [7]. Dla zbiornika Mściwojów jest on większy od 50, co świadczy o tym, że zanieczyszczenia z dużej zlewni są wprowadzane do małej objętości wody.

Z badań przeprowadzonych dla zbiornika Mściwojów w latach 2000-2002 [14] wynika, że zbiornik wstępny w znaczący sposób wpływa na poprawę jakości wody w zbiorniku głównym. W okresie badawczym zmniejszenie stężenia azotanów wynosiło 66,5%. W okresie zimowym wynosiło ono 48,0%, a w letnim 81,6%. Średnie stężenie azotanów na dopływach wynosiło dla Wierzbiaka $22,4 \text{ mg NO}_3\text{-dm}^{-3}$, a dla Zimnika $28,69 \text{ mg NO}_3\text{-dm}^{-3}$. Dla Wierzbiaka średnie stężenie fosforanów wynosiło $0,54 \text{ mg PO}_4\text{-dm}^{-3}$ i $0,51$ dla Zimnika. Stężenie fosforanów spadało średnio o 52,8% w wyniku działania zbiornika wstępnego.

Obliczony dopuszczalny i niebezpieczny ładunek według Vollenweidera wynosi dla zbiornika głównego $L_{\text{dop}}=0,2 \text{ g P m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, $L_{\text{nieb}}=0,6 \text{ g P m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Obliczony na podstawie powyższych danych dla lat 2000-2002 ładunek wprowadzany dopływami wynosi $3,2 \text{ g P m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, z uwzględnieniem zmniejszenia stężenia w zbiorniku wstępnym $1,5 \text{ g P m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Ładunki dopuszczalne i niebezpieczne są więc przekroczone, jednak w porównaniu z innymi zbiornikami nie są to drastyczne przekroczenia. Dla zbiornika Sulejowskiego obliczono, że ładunek niebezpieczny jest przekroczony o 3000% [4] podobne, bardzo duże wartości obserwuje się szczególnie dla polskich nizinnych zbiorników zaporowych.

Dla rzeki Wierzbiak WIOŚ we Wrocławiu prowadzi badania jakości wody w 3 przekrojach, z czego jeden znajduje się nad zbiornikiem Mściwojów [15]. Jak wynika z tych badań, wody rzeki Wierzbiak w przekroju powyżej zbiornika Mściwojów charakteryzują się wysokimi stężeniami biogenów. Wody te w roku 2005 i 2006 odpowiadały IV klasie i decydowały o tym głównie stężenia fosforanów, azotanów, liczba bakterii *coli* typu kałowego, BZT₅, stężenia amoniaku, azotu Kieldhala, azotynów i azotu ogólnego [11, 12]. Stężenia azotu azotanowego i fosforanów z roku 2004 i 2005, gdzie liczba pobranych prób była największa przedstawiono na wykresach (rys. 2).

Stężenia fosforanów były najwyższe w okresie lata i jesieni, natomiast stężenie azotu azotanowego w ciągu 2 lat nie spadało poniżej $6 \text{ mg N-NO}_3\text{-dm}^{-3}$ i dochodziło do $12 \text{ mg N-NO}_3\text{-dm}^{-3}$. Rzeka charakteryzuje się gwałtownymi przyborami [12], co może powodować nagle wnoszenie do zbiornika dużych ładunków zanieczyszczeń oraz zrywanie osadów zdeponowanych w części wstępnej zbiornika.



Rys.2. Stężenia fosforanów i azotu azotanowego w wodach rzeki Wierzbiak w roku 2004 i 2005 w przekroju powyżej zbiornika wodnego Mściwojów

Fig. 2. Concentration of phosphates and nitrate nitrogen in the waters of Wierzbiak river in the years 2004 and 2005 in the section above the Mściwojów water reservoir

Na zanieczyszczenie wód tego regionu znaczny wpływ ma nieuporządkowana gospodarka wodno ściekowa. Budynki są w ok. 98% podłączone do wodociągu z sieci bądź lokalnego natomiast większość wsi nie jest przyłączonych do kanalizacji – w gminie Mściwojów do kanalizacji z sieci nie jest przyłączone ok. 50% budynków, natomiast w gminie wiejskiej Strzegom ponad 90% [3, 11, 14]. Na terenie zlewni rzeki Wierzbak znajduje się 7 oczyszczalni ścieków [12] z czego pierwsza zlokalizowana jest w Mściwojowie, a więc na wysokości samego zbiornika, reszta poniżej zbiornika. Podczas inwentaryzacji zlewni widoczne były liczne przykłady odprowadzania ścieków bezpośrednio do wód powierzchniowych, zauważone także przez autorów wcześniejszych opracowań [14]. Problem stanowi także nieuporządkowana gospodarka odpadami [14].

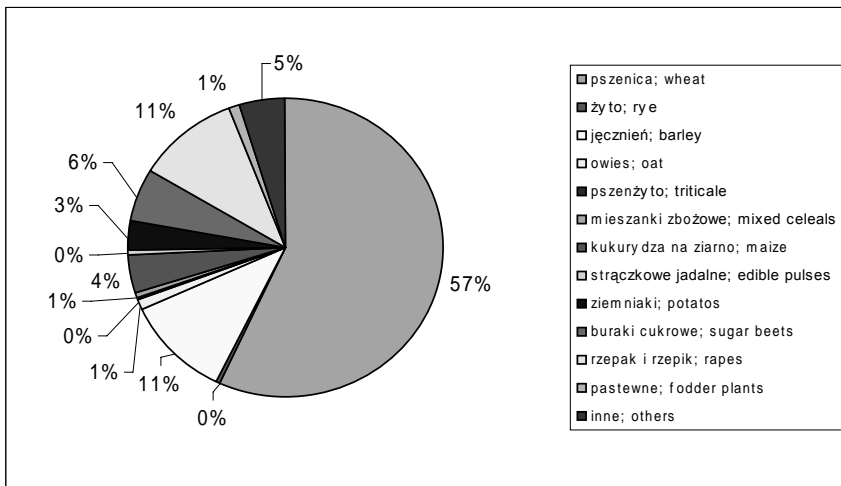
Ładunek azotu i fosforu wytworzony przez mieszkańców zlewni nieskanalizowanych, przy uwzględnieniu współczynnika wydzielania azotu i fosforu przez człowieka może wynosić wg Liebmana 1095 g P oraz 4380 g N na mieszkańca w ciągu roku [4]. Przyjmując, że zlewnię zamieszkuje ok. 4000 osób, w ciągu roku daje to 4 380 kg fosforu i 17 500 kg azotu.

Zlewnia zbiornika Mściwojów ma powierzchnię 47 km² [10], w tym powierzchnia Zimnika stanowi ok. 30%. Administracyjnie położona jest na terenie 4 gmin i 3 powiatów: powiat jaworski – gmina Mściwojów, powiat świdnicki – gmina Dobromierz i gmina wiejska Strzegom oraz powiat średzki - gmina Udanin [8, 9].

Na terenie gminy Udanin i Dobromierz położone są zaledwie 2 km² zlewni, dlatego do dalszych badań przyjęto, że 25% powierzchni zlewni leży w gminie Mściwojów, a 75% powierzchni należy do gminy wiejskiej Strzegom. Część zlewni położona na terenie gminy Mściwojów charakteryzuje się zdecydowanie mniejszymi spadkami terenu i znikomą lesistością ok. 3%, część zlewni położona na terenie gminy wiejskiej Strzegom charakteryzuje się zdecydowanie większymi spadkami terenu (Wzgórza Strzegomskie) oraz lesistością ok. 10% [9]. Średnia wysokość zlewni to 265,07 m n.p.m., średni spadek 2,26% [14].

Klimat zlewni jest korzystny dla rolnictwa – są tu łagodne zimy i długi okres wegetacyjny, opady 550-600mm [6]. Gleby dobre i bardzo dobre II-IV klasy są gleby brunatne, biellicowe, czarne ziemie i mady [5]. Według Ziemińskiego badany teren graniczy [1] z obszarami, gdzie można się spodziewać silnej erozji gleb ze względu na występowanie lessów.

Zlewnia zbiornika jest typową zlewnią rolniczą, z danych GUS wynika, że użytki rolne stanowią 75% powierzchni zlewni, około 8% użytków rolnych zajmują łąki i pastwiska. Dominuje tu hodowla bydła i trzody chlewnej. Największy areał zajmują zboża [3]. Strukturę zasiewów w procentach gruntów ornych przedstawiono na rys. 3.



Rys.3. Struktura upraw zlewni zbiornika Mściwojów

Fig. 3. Agricultural crops structure for the catchment of Mściwojów reservoir

Na podstawie danych na poziomie gmin z Powszechnego Spisu Rolnego 2002 [3], pozostałych danych GUS na poziomie powiatów i województwa oraz danych WIOŚ dla roku 2002 [11, 12] sporządzono dla zlewni bilans netto azotu i fosforu pochodzenia rolniczego metodą „soil surface balance” [13].

W bilansie tym po stronie przychodów uwzględnia się ilość azotu i fosforu w nawozach mineralnych, depozycje azotu z atmosfery, ilość azotu i fosforu z odchodów zwierząt gospodarskich. Po stronie rozchodów znajduje się wynoszenie w plonach roślin uprawnych. Dla azotu pochodzenia zwierzęcego uwzględnia się ulatnianie związków amonowych do atmosfery poprzez zastosowanie współczynnika redukcyjnego [13].

Strukturę inwentarza, powierzchnię upraw przyjęto jako średnią ważoną biorąc pod uwagę, że 25% zlewni leży w gminie Mściwojów, a pozostałe 75% leży w gminie wiejskiej Strzegom. Depozycję azotu z atmosfery na podstawie danych WIOŚ [12]. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że głównym źródłem azotu są nawozy mineralne, następnie depozycja z atmosfery oraz odchody zwierząt gospodarskich (bydła i trzody chlewnej), fosfor pochodzi z nawozów mineralnych i odchodów zwierząt gospodarskich. Biogeny wynoszone są głównie w plonach zbóż i buraków cukrowych.

Podobne badania autorka przeprowadziła dla zlewni zbiornika Gołuchów leżącego w Wielkopolsce, dla którego dla danych z roku 2002 uzyskano dużą nadwyżkę ok. 40 kg azotu i ok. 3 kg fosforu [2]. Z porównania tych zlewni wynika, że na terenie zlewni zbiornika Mściwojów jest trzykrotnie mniejsza obsada inwentarza, zdecydowanie wyższe plony przy niższym poziomie nawożenia można osiągnąć dzięki znacznie korzystniejszym warunkom glebowym i klimatycznym. Ujemny wynik bilansu nie oznacza, że nie ma zagrożenia wód, ponieważ na ich zanieczyszczenie znaczący wpływ mają dobre praktyki rolnicze oraz szereg innych czynników – tu nie występuje znacząca nadwyżka biogenów, ale w przypadku zbiornika Mściwojów w zlewni bezpośredniej uprawia się kukurydzę, ziemniaki i zboża – czyli uprawy spod których może wystąpić wysokie wymywanie biogenów bezpośrednio do zbiorni-

ka. Nie zrealizowano także zgodnie z projektem nasadzeń w strefie ekologicznej zbiornika. Struktura upraw zlewni, gdzie dominują zboża i okopowe, a brak jest upraw wieloletnich oraz niewielki udział lasów jest niekorzystna. Azot i fosfor z odchodów zwierzęcych jest tu także dużym zagrożeniem, mimo niewielkiej obsady zwierząt, która ma wpływ na ilość produkowanego azotu i fosforu, magazynowanie i wykorzystanie odchodów jako nawozów w zlewni nie jest prowadzone poprawnie co potwierdza przeprowadzona przez autorkę inwentaryzacja oraz wcześniejsze obserwacje [14], należy położyć nacisk na uporządkowanie tego problemu wynikającego ze złych praktyk rolniczych. Intensyfikacja produkcji w rolnictwie, wzrastające zużycie nawozów sztucznych sięgające w regionie w roku 2005/2006 ponad $56 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ przy zmniejszeniu się depozycji z atmosfery o zaledwie o $3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ [3] w porównaniu z rokiem 2002 wskazują, że zagrożenie wód powierzchniowych dostawą biogenów ze źródeł obszarowych wzrasta, tym bardziej, że nie widać zdecydowanych zmian i działań dotyczących ograniczenia dopływu zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego.

Tabela 1. Bilans azotu i fosforu dla zlewni zbiornika Mściwojów

Table 1. Balance of nitrogen and phosphorus for the catchment of Mściwojów reservoir

Element bilansu Balance element	Azot Nitrogen $\text{kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ $\text{kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$	Fosfor Phosphorus $\text{kg P ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ $\text{kg P ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$
Nawozy mineralne Mineral fertilizers	40,7	8,5
Depozycja z atmosfery Precipitation	16,3	-
Bydło; cattle	3,7	1,1
Trzoda chlewna; pigs	2,6	0,5
Owce; sheep	0,0	0,0
Konie; horses	0,3	0,1
Drób; poultry	0,6	0,4
Odchody zwierząt gospodarskich Breeding animal excreta	7,2	2,0
Pszenica; wheat	38,1	7,2
Żyto; rye	0,2	0,0
Jęczmień; barley	5,4	1,1
Owies; oat	0,4	0,1
Pszenżyto; triticale	0,2	0,0
Mieszanki zbożowe; mixed cereals	0,2	0,0
Kukurydza na ziarno; maize	3,5	0,8
Strączkowe jadalne; edible pulses	0,2	0,0
Ziemniaki; potatoes	2,2	0,4
Buraki cukrowe; sugar beets	12,5	1,8
Rzepak i rzepik; rapeseed	3,3	0,7
Pastewne; fodder plants	0,5	0,1
Inne; others	1,8	0,1
Łąki i pastwiska; meadows and pastures	8,3	1,1
Wynoszenie w plonach roślin uprawnych Uptake with crop	-76,8	-13,5
Razem Total	-12,6	-3,0

- w przeliczeniu na ha użytków rolnych; converted per hectare of agricultural lands

3. Podsumowanie i wnioski

Zlewnia zbiornika Mściwojów ma powierzchnię 47 km² i jest użytkowana rolniczo - 75% powierzchni zajmują grunty orne, lesistość w części należącej do gminy Mściwojów, gdzie znajduje się zbiornik należy do najniższych w województwie, a w części należącej do gminy Strzegom nie przekracza 10%. Wody powierzchniowe w zlewni charakteryzują się wysokimi stężeniami biogenów, które znacznie spadają w zbiorniku wstępnym. Klimat i dobre gleby sprzyjają uprawie roślin, obsada zwierząt gospodarskich nie jest duża. Z bilansu azotu i fosforu pochodzenia rolniczego wynika, że na badanym terenie nie obserwuje się nadwyżki tych pierwiastków, ale struktura upraw oraz sposób gromadzenia i wykorzystywania odchodów zwierzęcych są niekorzystne dla jakości wód powierzchniowych. Zagrożeniem dla wód powierzchniowych mogą być zjawiska erozji gleb. Niekorzystne parametry morfometryczne zbiornika oraz sposób zagospodarowania zlewni bezpośredniej sprzyjają dostawaniu się zanieczyszczeń bezpośrednio do zbiornika - potrzebna jest zmiana sposobu użytkowania zlewni bezpośredniej oraz wytworzenie strefy ekologicznej planowanej w projekcie zbiornika. Poprawy wymaga także odprowadzanie i oczyszczanie ścieków w zlewni oraz gospodarka odpadami.

Bibliografia

- [1] Baran S., Turski R. Degradacja ochrona i rekultywacja gleb. Lublin, 1996
- [2] Dąbrowska J. Wpływ czynników antropogenicznych na jakość zasobów wód powierzchniowych na przykładzie zlewni zbiornika Gołuchów. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska XII, nr 502. Wrocław, 2004
- [3] Główny Urząd Statystyczny. Bank danych regionalnych. www.stat.gov.pl (strona dostępna w dniu 30.01.2008)
- [4] Giercuskiewicz-Bajtlik M. Program ochrony zbiornika Sulejowskiego. Gospodarka Wodna nr 9, 1992
- [5] Gmina Mściwojów www.msciwojow.pl (strona dostępna w dniu 30. 01. 2008)
- [6] Internetowy Atlas Polski <http://maps.igipz.pan.pl/atlas/> (strona dostępna w dniu 30. 01. 2008)
- [7] Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. System oceny jakości jezior. Instytut Kształtowania Środowiska. Warszawa, 1983
- [8] Województwo dolnośląskie, mapa administracyjno-drogowa, 1:200 000. Mapy ścienne Beata Piętka. Katowice, 2003
- [9] Mapa topograficzna 1: 25 000. Główny Geodeta Kraju. Wybrane arkusze.
- [10] Zbiornik wodny „Mściwojów” na rzece Wierzbak gmina Mściwojów woj. legnickie. Projekt budowlany urządzeń i obiektów hydrotechnicznych. Instytut Inżynierii Środowiska. Akademia Rolnicza we Wrocławiu. Wrocław, 1995
- [11] Raport o stanie środowiska województwa dolnośląskiego w 2006 roku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu.

www.wroclaw.pios.gov.pl/index.php?id=publikacje&sub=raporty
(strona dostępna w dniu 24. 02. 2008)

- [12] Raport o stanie środowiska województwa dolnośląskiego w 2005 roku. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu.
www.wroclaw.pios.gov.pl/index.php?id=publikacje&sub=raporty
(strona dostępna w dniu 24. 02. 2008)
- [13] Szponar L., Pawlik-Dobrowolski J., Domagała R., Twardy S., Traczyk I. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. Instytut Żywności i Żywienia. Warszawa, 1996
- [14] Wiatkowski M., Czamara W., Kuczewski K. Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk. Works & Studies No. 67. Zabrze, 2006
- [15] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu Delegatura w Legnicy. Wyniki badań wód rzeki Wierzbiak 1999-2007 - forma elektroniczna. Legnica, 2008