INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND EKOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 5/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 13–21
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Anna Siemieniuk, Joanna Szczykowska

OCENA STANU ZANIECZYSZCZENIA WODY ZBIORNIKÓW MAŁEJ RETENCJI W REGIONIE PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ POLSKI

EVALUATION OF POLLUTION LEVEL IN LOW-RETENTION RESERVOIRS IN THE NORTH-EAST REGION OF POLAND

Streszczenie

Artykuł podejmuje tematykę jakości powierzchniowych wód stojących w aspekcie identyfikacji głównych czynników wpływających na stan ich czystości na przykładzie dwóch wybranych zbiorników małej retencji województwa podlaskiego. Celem pracy była ocena stanu zanieczyszczenia retencyjnych zbiorników wodnych w Korycinie i w Wasilkowie, jak również określenie sezonowych zmian zawartości wybranych wskaźników fizykochemicznych w charakterystycznych punktach pomiarowo – kontrolnych za okres od kwietnia 2007 do marca 2008. Na jakość wód w badanych zbiornikach wodnych wpływa wiele czynników do których możemy zaliczyć między innymi naturalne procesy samooczyszczania, zachodzące przy udziale organizmów roślinnych i zwierzęcych. Przebieg procesów zachodzących w zbiornikach wodnych, a tym samym na jakość wód odpływających z nich jest uzależniona od stopnia zanieczyszczenia wody cieków, które je zasilają.

Największe stężenia badanych wskaźników uzyskano w zbiorniku wodnym w Wasilkowie. Obiekt w Korycinie miał wody lepszej jakości. Większość badanych wskaźników fizykochemicznych wody, zarówno w zbiorniku Korycin, jak i Wasilków, odpowiadała I/III klasie jakości, wskaźnikami dyskwalifikującymi ich jakość była barwa, fosforany, TKN oraz ChZT – Cr. Zalew w Korycinie ma zdolności do samooczyszczania, natomiast w wodzie zalewu w Wasilkowie nie obserwuje się przebiegu takiego procesu.

Słowa kluczowe: mała retencja, jakość wody, związki biogenne

Summary

This article is concerned with surface water quality with regard to the identification of its main factors influence on water quality state on the basis of two selected low-retention reservoirs in the Podlaskie. The aim of the work was to evaluate the pollution level in the reservoirs in Korycin and in Wasilków, and also to determine the seasonal changes in the contents of the selected physio-chemical indicators in characteristic measurement and control points of the reservoirs, from April 2007 to March 2008. There are many factors which affect the quality of the water in the reservoirs, for instance the natural processes of self-purification which occur with the participation of plant and animal organisms. The progress of the process being in the reservoirs as well as water outflowing quality depends on the water contamination degree that supply the reservoirs.

The highest concentration of the analysed parameters were obtained in the reservoir in Wasilków. The water in Korycin had better quality. Most of the analysed physic- chemical indicators of water in both reservoirs were equivalent to I/III quality class, but colour, phosphates and COD-Cr were the disqualifying parameters of water quality. The reservoir in Korycin indicates a self-purifying capacity, whereas it was not determined this kind of process in the one in Wasilków.

Key words*: low retention, water quality, biogenic compounds*

WSTĘP

Systematycznie malejące zasoby, zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych, powodują, że woda w odpowiedniej ilości i jakości jest coraz trudniejsza do pozyskania. Niedobór wody ogranicza odpowiedni rozwój rolnictwa oraz przemysłu. Dlatego konieczna jest odbudowa prawidłowej gospodarki wodnej, związana z działaniami z zakresu małej retencji, której zadaniem jest zwiększenie potencjalnych zdolności retencyjnych małych zlewni. Regulacja obiegu wody w małych zlewniach w bezpośredni sposób rzutuje na stan wód gruntowych, a także na przepływy poniżej i powyżej zbiornika. Podstawowymi elementami małej retencji są wszelkiego typu niewielkie zbiorniki wodne. Poprawiają one bilans wodny i mogą polepszać stan czystości wód powierzchniowych. Zbiorniki retencyjne mają możliwość zatrzymania zawiesin i związków biogennych w procesie sedymentacji i biologicznego wykorzystania przez organizmy autotroficzne.

Celem niniejszego opracowania jest analiza źródeł zanieczyszczeń wpływających na stan czystości wód zbiorników małej retencji na terenie województwa podlaskiego, jak również określenie sezonowych zmian zawartości wybranych wskaźników fizykochemicznych w charakterystycznych punktach zbiorników.

METODYKA I MATERIAŁY BADAWCZE

Badania stanu zanieczyszczenia wody w zbiornikach prowadzono na dwóch wybranych obiektach zlokalizowanych na Podlasiu. Są to zbiorniki zlokalizowane w Korycinie na rzece Kumiałka oraz Wasilkowie na rzece Supraśl.

We wrześniu 2002 roku w Korycinie oddano do użytku zbiornik małej retencji na rzece Kumiałka, o objętości $81 \cdot 10^3$ m^3, powierzchni zalewu 6,8 ha (przy normalnym piętrzeniu) oraz długości linii brzegowej 1000 metrów. Zalew został zbudowany do użytku rekreacyjnego - sportowego, ale pełni również rolę zbiornika retencyjnego i przeciwpowodziowego.

Zbiornik w Wasilkowie o objętości około $80 \cdot 10^3$ m^3 i powierzchni zalewu 6,2 ha (przy normalnym piętrzeniu), oddano do użytku w 1968 roku. Utworzony został w wyniku spiętrzenia rzeki Supraśl dla potrzeb ujęcia wody w Wasilkowie. Maksymalna głębokość zbiornika wynosi 3 m. Niegdyś akwen pełnił funkcje rekreacyjne. Na wybetonowanym brzegu znajdują się miejsca spacerowe, w wodzie baseny kąpielowe. Obecnie zalew jest zamulony i w 80% zarośnięty roślinnością wynurzoną.

Podczas badań obrano po trzy punkty pomiarowo – kontrolne w czaszy zbiornika w Korycinie oraz trzy w czaszy zbiornika w Wasilkowie. Wybór i rozmieszczenie punktów pomiarowo - kontrolnych podyktowany był możliwością uchwycenia zmian właściwości fizyko - chemicznych wody zachodzących w analizowanych zbiornikach. Zarówno w jednym, jak i drugim zbiorniku pierwszy punkt usytuowany był w obrębie dopływu, drugi w środkowej części, zaś trzeci przy ujściu wody ze zbiornika. Zakres pracy obejmował analizę fizyko - chemiczną obejmującą następujące oznaczenia: przewodność elektrolityczna, barwa, TKN, azot amonowy, azotany (III) i azotany (V), fosforany, żelazo, mangan oraz $ChZT_{Cr}$. Badania próbek wody, pobieranych z warstwy powierzchniowej strefy brzegowej, przeprowadzano co miesiąc, w okresie od kwietnia 2007 roku do marca 2008 roku. Analizy właściwości fizyko chemicznych wody wykonano zgodnie z obowiązującą metodyką, zaś ocenę przeprowadzono, porównując otrzymane wyniki z wartościami granicznymi określonymi w stosownym Rozporządzeniu.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań laboratoryjnych, dotyczące sezonowych zmian wybranych wskaźników fizyko chemicznych w wodach zbiorników w Korycinie i Wasilkowie zostały przedstawione tabelarycznie (tab. 1 i 2). W opracowaniu statystycznym obliczono wartości średnie, minimalne i maksymalne oraz medianę i odchylenie standardowe na podstawie wszystkich uzyskanych wyników badań, wykorzystując program Statistica 6.

Tabela 1. Podstawowe parametry statystyczne analizowanych wskaźników zanieczyszczeń wody zbiornika w Korycinie
Table 1. The main statistical parameters analysing indicators of reservoir in Korycin water contamination

Punkt pierwszy / First point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość / Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Minimum	Maximum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	394,00	578,00	509,25	510,50	55,51
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	35,00	137,00	58,33	49,00	26,95
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,60	3,00	1,8	1,65	0,73
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,33	0,17	0,19	0,11
azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
Azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,01	1,00	0,44	0,40	0,26
Fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,05	1,26	0,533	0,435	0,37
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,05	0,48	0,31	0,32	0,12
Mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,02	0,29	0,15	0,15	0,07
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	20,00	34,00	28,33	29,00	4,42
Punkt drugi / Second point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość / Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Minimum	Maximum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	391,00	570,00	501,50	498,00	51,99
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	26,00	100,00	57,58	56,00	20,88
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,75	4,05	1,74	1,5	0,93
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,42	0,18	0,19	0,12
Azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
Azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,10	0,90	0,38	0,30	0,28
Fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,14	1,07	0,416	0,320	0,25
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,20	0,70	0,37	0,36	0,14
Mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,01	0,39	0,17	0,14	0,11
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	22,00	32,00	26,83	26,50	3,16

Punkt trzeci / Third point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość / Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Minimum	Maximum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	394,00	578,00	508,00	511,00	51,71
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	27,00	123,00	69,42	64,50	28,02
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,60	3,60	1,89	1,73	0,99
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,41	0,22	0,26	0,14
azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,15	0,03	0,01	0,04
Azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,10	1,40	0,56	0,50	0,40
Fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,05	0,61	0,423	0,470	0,16
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,33	0,79	0,44	0,42	0,12
mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,01	0,36	0,20	0,19	0,12
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	22,00	34,00	31,42	32,00	3,26

Źródło: opracowania własne, n =12

Tabela 2. Podstawowe parametry statystyczne analizowanych wskaźników zanieczyszczeń wody zbiornika w Wasilkowie
Table 2. The main statistical parameters analysing indicators of reservoir in Wasilków water contamination

Punkt pierwszy / First point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość / Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Minimum	Maximum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	271,00	404,00	361,75	369,00	34,93
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	19,00	115,00	63,08	68,00	27,53
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,75	2,55	1,58	1,50	0,54
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,84	0,24	0,22	0,22
azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,10	1,50	0,72	0,50	0,49
fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,35	0,71	0,498	0,495	0,11
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,38	0,57	0,47	0,46	0,07
mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,07	0,28	0,18	0,19	0,06
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	29,00	49,00	41,58	43,50	7,18

Punkt drugi / Second point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość / Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Mini-mum	Maxi-mum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	271,00	393,00	340,50	337,50	32,28
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	35,00	140,00	73,08	75,50	31,47
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,60	3,15	1,29	1,20	0,63
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,75	0,31	0,32	0,21
azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,20	1,50	0,63	0,65	0,36
fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,06	1,2	0,587	0,585	0,28
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,36	0,63	0,47	0,46	0,07
mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,01	0,26	0,14	0,15	0,08
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	30,00	52,00	40,67	40,00	8,26
Punkt trzeci / Third point						
Badany parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość Value			Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
		Mini-mum	Maxi-mum	Średnia Medium		
przewodność, e.c	$\mu S \cdot cm^{-1}$	302,00	412,00	362,83	364,00	29,55
barwa, color	$mg \cdot dm^{-3}$ Pt	37,00	119,00	73,50	76,50	22,67
TKN	$mg \cdot dm^{-3}$ N	0,60	2,10	1,25	1,28	0,41
azot amonowy, ammonia	$mg \cdot dm^{-3}$ NNH_4^+	0,01	0,73	0,28	0,28	0,18
azotany (III), nitrate	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_3^-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
azotany (V), nitrite	$mg \cdot dm^{-3}$ NNO_2^-	0,01	1,30	0,54	0,55	0,33
fosforany, phosphates	$mg \cdot dm^{-3}$ PO_4	0,09	1,58	0,622	0,525	0,36
żelazo, iron	$mg \cdot dm^{-3}$ Fe	0,30	0,58	0,46	0,47	0,07
mangan, manganese	$mg \cdot dm^{-3}$ Mn	0,02	0,27	0,15	0,17	0,08
ChZT–Cr, COD_{Cr}	$mg \cdot dm^{-3}$ O_2	34,00	55,00	43,08	39,50	7,89

Źródło: opracowania własne, n = 12

Rozkład przestrzenny barwy ulega bardzo dużym wahaniom w obydwu zbiornikach i klasyfikuje je od III do V klasy jakości wody. Zakres wartości barwy kształtował się od 19 mg Pt · dm^{-1} do 140 Pt · dm^{-1} w wodach zalewu w Wasilkowie.

Wskaźnikiem, który determinował jakość wody obu zbiorników był Kjeldahla. Jego stężenie w wodach obydwu zbiorników wahało się od wartości

0,6 mg N · dm^{-3} do wartości 4,05 mg N · dm^{-3}, co kwalifikowało wody obu zbiorników do II/V klasy jakości. Na obecność azotu amonowego w wodach powierzchniowych mają wpływ: dopływ amoniaku ze źródeł punktowych i obszarowych, rozwój roślinności wodnej, warunki tlenowe oraz temperatura. Zawartość azotu amonowego wykazuje znaczne wahania w ciągu roku. Ilość tej formy azotu w wodach zbiornika w Korycinie klasyfikowała zbiornik do I klasy jakości, a w Wasilkowie do I/II klasy jakości. Zaobserwowano, iż stężenia amoniaku są bardzo małe latem, w okresach wyższych temperatur, gdy amoniak z jednej strony jest zużywany przez rośliny, a z drugiej podlega nitryfikacji. Zimą natomiast, gdy temperatura jest niska proces nitryfikacji jest zahamowany, stężenia amoniaku osiągają wyższe wartości. Azotany (III) na ogół występują w wodach w niewielkich stężeniach. Miało to również miejsce w przypadku badanych akwenów. Stężenie azotanów (III) we wszystkich badanych punktach poboru mieściło się w zakresie wymagań I klasy jakości wód. Azotany (V) należą do substancji pożywkowych, niezbędnych do życia roślin wodnych, dlatego też ilość ich jest często uzależniona od rozwoju biomasy. W obydwu akwenach stężenie azotanów (V) można było zaliczyć do I klasy jakości wody. Jednocześnie zaobserwowano podwyższone wartości azotanów (III) oraz azotanów (V) wiosną i jesienią, co prawdopodobnie było spowodowane intensywnymi opadami atmosferycznymi.

Związki fosforu są stałym składnikiem wód powierzchniowych, lecz ich stężenia zależą od poziomu zanieczyszczenia wód, w związku z tym są zmienne w ciągu roku. Ilość fosforanów w wodach obu zbiorników klasyfikowała je do I/V klasy. W trakcie badań zanotowano okresowość występowania fosforanów jesienią, zimą i wiosną, zaś znaczne zmniejszenie ich ilości w okresie letnim.

Stężenie żelaza w badanych wodach ulegało bardzo dużym wahaniom. W omawianych akwenach żelazo występowało w stężeniach od 0,05 mg Fe · dm^{-3} do 0,79 mg Fe · dm^{-3} w Korycinie oraz od 0,30 mg Fe · dm^{-3} do 0,63 mg Fe · dm^{-3} w Wasilkowie. Zwiększona ilość żelaza może być powodem wytrącania się jego związków w wodach o lekko alkalicznym odczynie, co ma miejsce zarówno w jednym, jak i w drugim zbiorniku.

Zawartość manganu (Mn) zależy głównie od jego wymywania z podłoża, natomiast w mniejszym stopniu od dopływu ścieków. W przeprowadzonych badaniach ulegał on dosyć dużym zmianom zarówno w okresie rocznym, jak i przy porównaniu wyników w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych. Wartości te klasyfikowały wody obu akwenów do I/III klasy jakości.

Zawartość substancji organicznych, wyrażona wartością $ChZT_{Cr}$ klasyfikowała wody akwenów do II/IV klasy jakości. Wzrost wartości tego wskaźnika, zarówno w jednym, jak i w drugim zbiorniku, można zaobserwować wraz z początkiem okresu wakacyjno-urlopowego i utrzymanie podwyższonej wartości do późnej jesieni.

Największe stężenia badanych wskaźników uzyskano w zbiorniku w Wasilkowie, akwen w Korycinie miał wody lepszej jakości. Porównując średnie wyniki badań w poszczególnych akwenach, nie można jednoznacznie zaklasyfikować danego zbiornika do konkretnej klasy. Właściwszym byłoby przyporządkowanie klasy poszczególnym parametrom w danym akwenie.

Najmniejsze zróżnicowanie stężenia w wodach zalewu w Korycinie zaobserwowano w przypadku azotu amonowego, azotanów (III) i azotanów (V). Wskaźniki te sklasyfikowały wody akwenu do I klasy jakości. Przewodność przyporządkowała wody zalewu w Korycinie do II klasy jakości, natomiast żelazo, mangan do klasy III. Parametrami dyskwalifikującymi wody zbiornika była barwa, fosforany, TKN oraz ChZT. Obserwacje przestrzennego rozkładu badanych wskaźników wykazały, że zbiornik w Korycinie ma zdolności do samooczyszczania.

Badane parametry wód zbiornika w Wasilkowie: przewodność, azot amonowy, azotany (III), azotany (V) oraz odczyn klasyfikują akwen do I/II klasy jakości, natomiast żelazo, mangan zaliczają zalew do III klasy. Najgorsze wyniki otrzymano w przypadku barwy, fosforanów, TKN oraz ChZT–Cr, przyporządkowały one badane wody do IV/V klasy jakości. Obserwacje przestrzennego rozkładu badanych wskaźników wykazały, iż akwen w Wasilkowie nie ma zdolności do samooczyszczania. Porównując wyniki badań w poszczególnych punktach poboru od 1 do 3, powinno się zaobserwować obniżenie zawartości wszystkich badanych parametrów. Niestety nie miało to miejsca w zbiorniku Wasilków.

Przedstawione wyniki badań pozwalają na dokonanie wstępnej oceny stanu zanieczyszczenia badanych wód powierzchniowych. Na jakość wód w obu zalewach wpływa wiele czynników. Między innymi są to naturalne procesy samooczyszczania się wód, zachodzące przy udziale organizmów roślinnych i zwierzęcych. Wpływ na przebieg procesów zachodzących w zbiornikach, a tym samym na jakość wód odpływających z nich ma również stopień zanieczyszczenia wód zasilających zbiorniki.

WNIOSKI

1. Największe stężenia badanych wskaźników uzyskano w zbiorniku w Wasilkowie, akwen w Korycinie miał wody lepszej jakości.
2. Większość badanych parametrów wody, zarówno w zbiorniku Korycin, jak i Wasilków, odpowiadała I/III klasie jakości, wskaźnikami dyskwalifikującymi ich jakość była barwa, fosforany, TKN oraz ChZT–Cr.
3. Zalew w Korycinie ma zdolności do samooczyszczania, natomiast w akwenie w Wasilkowie nie zachodzą naturalne procesy samooczyszczania się wód.

Badania wykonano w ramach realizacji pracy własnej W/IIŚ/27/07

BIBLIOGRAFIA

Gromiec M. J. *Program małej retencji.* Gospodarka Wodna 12, 484, 2004.

Hermanowicz A. L., Dojlido J., Dońska W., Kosiorowski B. *Fizykochemiczne badanie wody i ścieków*. Wyd. Arkady, Warszawa 1999.

Kowal A. L., Świderska–Bróż M. *Oczyszczanie wody*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Wrocław 1997.

Mioduszewski W. *Mała retencja: Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego – poradnik*. Wydawnictwo IMUZ, Falenty 2003.

Mioduszewski W., Łoś M. J. *Mała retencja w systemie ochrony przeciwpowodziowej kraju*. Gospodarka Wodna 2, s. 68–73, 2002.

Radczuk L., Olearczyk D. *Małe zbiorniki retencyjne jako element poprawy bilansu wodnego zlewni użytkowanej rolniczo*. Zesz. Nauk. AR Kraków 393, s. 139–148, 2002.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. z dnia 1 marca 2004r., nr 32, poz. 284)

Szymańska H. *Retencja wody, a jej jakość*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konferencje 11, s. 237–243, 1996.

Dr inż. Anna Siemieniuk, dr n. tech. Joanna Szczykowska
Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska
Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45B, tel 085-7469630
aniasiemieniuk@wp.pl, szczykowska@wp.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Stanisław Krzanowski*