INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 14/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 183–193
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Jan Pawełek, Władysław Grenda

WPŁYW ZBIORNIKÓW UJĘCIOWYCH NA MĘTNOŚĆ I BARWĘ WODY UJMOWANEJ Z RUDAWY DO CELÓW WODOCIĄGOWYCH

THE IMPACT OF INTAKE RESERVOIRS ON TURBIDITY AND COLOUR OF WATER DRAWN FROM THE RUDAWA RIVER FOR WATER SUPPLY PURPOSES

Streszczenie

Ujęcie wody z rzeki Rudawy do celów wodociągowych Krakowa zabezpieczono w 1998 roku zbiornikami zapasowymi o całkowitej objętości 981 tys. m^3. Zadaniem zbiorników jest poprawa jakości wody dostarczanej do Zakładu Uzdatniania (ZUW). Woda zgromadzona w zbiornikach spełnia rolę zapasu wykorzystywanego w czasie pogorszenia jakości wody w rzece i równocześnie jest w nich wstępnie oczyszczana. W pracy przedstawiono wpływ zbiorników na zmianę mętności i barwy wody w pierwszych 11 latach eksploatacji zbiorników (1999–2009). Analizę oparto na wynikach badań prowadzonych w pięciu punktach ciągu technologicznego od ujęcia poprzez zbiorniki zapasowe do studni wody surowej (Młynówka, dopływ do zbiorników, odpływ ze zbiornika I, odpływ ze zbiornika II, studnia wody surowej zlokalizowana na terenie ZUW). W analizowanym wieloleciu zbiorniki korzystnie wpływały na obniżenie mętności wody. Średnia jej wartość w studni wody surowej była niższa w stosunku do mętności wody ujmowanej z Rudawy (Młynówka) o 55,33 %, a zakres zmian uległ zawężeniu z przedziału 1–847 do 0,8–126 NTU. Natomiast zbiorniki w niewielkim stopniu oddziałują na zmianę barwy wody. Występuje w nich nieznaczne podwyższenie barwy, które spowodowane jest okresowymi „zakwitami", bowiem woda rzeki Rudawy jest zasobna w biogeny. Średnia wartość barwy wody ujmowanej z Rudawy (Młynówka) wynosiła 14 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ i wahała się od 4 do 40 mg $Pt \cdot dm^{-3}$, natomiast w studni wody surowej średnio 13 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ i w przedziale od 5 do 25 mg $Pt \cdot dm^{-3}$.

Słowa kluczowe: ujęcie wody, rzeka Rudawa, zbiornik zapasowy, mętność, barwa

Summary

In 1998 the water intake from the Rudawa river for water supply purposes of Krakow was secured by storage reservoirs with a total volume of 981 thousand m^3. The reservoirs are designed to improve the quality of water supplied to the Water Treatment Plant (WTP). Water collected in the reservoirs acts as supply used when water quality in the river deteriorates. Simultaneously the water is purified in these reservoirs. The article presents the impact of the reservoirs on the change of water turbidity and colour during the first 11 years of the exploitation of the reservoirs (1999-2009). The analysis was based on the results of the research carried out in five sites of the technological line, from the intake through the storage reservoirs to the raw water well (Młynówka, inflow to the reservoirs, outflow from the reservoir 1, outflow from the reservoir 2, the well of raw water located in the area of the WTP). The reservoirs had beneficial effect on the reduction in water turbidity in the analysed multi-year period. In the raw water well the average water turbidity value was lower than the turbidity of water drawn from the Rudawa river (Młynówka) by 55,33% and the scope of the changes narrowed from 1–847 to 0,8–126 NTU. On the other hand, the reservoirs have little effect on the change in water colour. Because water from the Rudawa river is rich in nutrients, a slight increase in colour may be observed in the reservoirs due to periodic algal blooms. The average colour value of water drawn from the Rudawa river (Młynówka) was 14 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ and varied from 4 to 40 mg $Pt \cdot dm^{-3}$, whereas in the well of raw water the average value was 13 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ and ranged from 5 to 25 mg $Pt \cdot dm^{-3}$.

Key words: *Water intake, the Rudawa river, storage reservoir, turbidity, colour*

WPROWADZENIE

Krakowski system wodociągowy korzysta z wody powierzchniowej ujmowanej z czterech rzek i z niewielkiej ilości wody podziemnej. Jednym ze źródeł wody jest rzeka Rudawa, która dostarcza wodę dla Krakowa od 1955 roku. Ujęta woda jest uzdatniana w Zakładzie Uzdatniania Wody (ZUW) „Rudawa". Pogarszająca się jakość wody w Rudawie oraz częste jej skażenia, zmuszały do przestoju ZUW bazującym na wodzie bezpośrednio dostarczanej z Rudawy. W celu poprawy jakości wody surowej i eliminacji przerw w pracy ZUW, spowodowanych incydentalnymi skażeniami wody, wybudowano dwa o określonej pojemności zbiorniki ujęciowe. Zbiorniki te zostały oddane do eksploatacji w 1998 roku. Pozwalają one na retencjonowanie ujętej wody przed jej dostarczeniem do ZUW „Rudawa".

Zapas zmagazynowanej wody surowej pozwala na zaniechanie poboru wody z rzeki po jej zanieczyszczeniu (duża mętność po intensywnych opadach, stany powodziowe, roztopy, prace w korycie rzeki powyżej ujęcia, incydentalne skażenia wody w rzece). Zbiorniki zapewniają pobór wody w ilości 1,0 m^3/s, niezależnie od wahań przepływów w Rudawie oraz zapewniają 10-dobowy zapas wody w przypadku skażenia wody w rzece.

Po ponad dziesięcioletniej eksploatacji zbiorników można przeprowadzić ocenę ich przydatności dla poprawy jakości wody dostarczanej do ZUW. Celem pracy jest ocena wpływu zbiorników na zmianę mętności i barwy wody. Badaniami objęto okres 11 lat eksploatacji zbiorników (1999–2009). Analizowane wskaźniki są jednymi z podstawowych, służącymi do oceny przydatności wody do spożycia. Mętność jest wskaźnikiem, który w sposób najwłaściwszy obrazuje wielkość zanieczyszczenia wód. Jest właściwością optyczną, polegającą na rozproszeniu i absorbowaniu części widma promieniowania widzialnego przez cząstki zdyspergowane w wodzie [Elbanowska i in. 1999]. Wielkość mętności zależy od takich zmiennych, jak rozmiar, kształt i własności refrakcyjne zawieszonych cząstek. Wyniki podaje się w jednostce nefelometrycznej NTU (nefelometryczno-turbidymetryczna jednostka mętności). Barwa wody jest natomiast cechą fizyczną wody powodowaną głównie obecnością naturalnych związków organicznych [Elbanowska i in. 1999]. Wywołana jest zawartością w wodzie nie tylko substancji rozpuszczonych i koloidów, ale także zawiesinami. Barwę można oznaczać metodą wizualną. Do oznaczenia barwy stosuje się metodę porównawczą, z wykorzystaniem skali wzorcowych roztworów platynowo-kobaltowych.

ZNACZENIE ZBIORNIKÓW UJĘCIOWYCH DLA POPRAWY JAKOŚCI UJMOWANEJ WODY RZECZNEJ

Wody powierzchniowe charakteryzują się dużą dynamiką zmian cech fizykochemicznych, a intensywność tego procesu zależy od wielu czynników, w tym głównie od zagospodarowania zlewni i warunków atmosferycznych. W okresach, kiedy jakość wody w rzece ulega krótkotrwałemu, ale znacznemu pogorszeniu, prostym i efektywnym rozwiązaniem umożliwiającym ograniczenie poboru wody o złej jakości jest zabezpieczenie ujęcia za pomocą zbiorników zapasowych, zlokalizowanych pomiędzy ujęciem a zakładem uzdatniania. Zbiorniki takie nazywamy ujęciowymi lub przybrzeżnymi. Podstawowym ich zadaniem jest gromadzenie odpowiedniej rezerwy wody o dobrej jakości (od 7 do 10-krotnej objętości dobowego zużycia) i stworzenie możliwości rezygnacji z poboru wody z rzeki w czasie osiągnięcia określonego stopnia jej zanieczyszczenia. Znaczenie zbiorników jest szczególne wówczas, gdy zanieczyszczenia wymagają skomplikowanych zabiegów uzdatniania wody lub wtedy, gdy istniejące urządzenia nie są w stanie wykonać tego w zadowalającym stopniu [Pawełek 1966].

Przebywanie wody w zbiornikach przez określony czas powoduje zmianę jej cech fizycznych, chemicznych, a także biologicznych. Na zmianę tych cech, a zatem na jakość wody pobieranej ze zbiornika, może mieć wpływ wiele czynników zależnych od uwarunkowań technologicznych i konstrukcyjnych zbiorników. Do podstawowych czynników należą: czas przebywania wody w zbiorni-

ku, częstość i zakres wahań zwierciadła wody, pora roku i stan pogody, stan dna i ścian zbiornika mających kontakt z wodą, sposób eksploatacji zbiornika, przepływ wody przez zbiornik gwarantujący dobre jej mieszanie i pełną wymianę (brak możliwości powstania martwych przestrzeni), głębokość wody w zbiorniku [Pawełek 2000].

Degradacja wód w rzekach, w tym także tych dopływających do zbiorników zapasowych, powoduje powstawanie w nich zjawiska eutrofizacji, którego następstwem jest okresowe pojawianie się „zakwitów wód". Niekorzystny wpływ tego procesu na jakość wody polega na pogorszeniu jej zapachu, smaku, barwy i mętności. Nadmierna produkcja biologiczna jest wynikiem współdziałania roślin i czynników abiotycznych: temperatury, oświetlenia i soli mineralnych, głównie azotowych i fosforowych. W przypadku, kiedy zbiornik zasilany jest wodami żyznymi jednym z głównych zadań zakładu uzdatniania powinno być utrzymanie substancji biogennych, zwłaszcza fosforu na poziomie minimalnym, bowiem jest to pierwiastek limitujący produkcje biologiczną.

Ogólnie można powiedzieć, że zbiorniki sprzyjają polepszeniu klarowności wody, poprawie własności bakteriologicznych, a także poprawie niektórych cech chemicznych wody. W technologii oczyszczania wody spełniają one rolę urządzeń do wstępnego oczyszczania wody oraz zmniejszają zakres wahań wskaźników jakości wody w stosunku do wahań w wodzie pobieranej z rzeki. Do wad magazynowania należy zaliczyć rozmnażanie się w zbiornikach glonów, szczególnie w przypadkach dużej koncentracji azotanów i fosforanów. Nadmierny rozwój organizmów planktonowych powoduje komplikację uzdatniania wody.

OPIS OBIEKTU BADAŃ

Rzeka Rudawa zawdzięcza swoją nazwę rdzawej barwie wody. Woda charakteryzuje się również podwyższoną twardością (średnio około 280 mg $CaCO_3 \cdot dm^{-3}$). Jest to wynikiem jej kontaktu ze skałami wapiennymi. Cechą charakterystyczną reżimu hydrologicznego rzeki Rudawy jest w miarę wyrównany przepływ. Przyczyną jest sposób zasilania rzeki oraz duża retencja wodna zlewni. W odpływie całkowitym 2/3 stanowią wody z zasilania podziemnego, a tylko 1/3 wody pochodzi ze spływu powierzchniowego. Dzięki temu w okresie bezdeszczowym odpływ podziemny łagodzi niżówki. Wahania stanów wody i przepływów uzależnione są głównie od roztopów i wysokich opadów. Średnie opady atmosferyczne wynoszą w tym regionie około 760 mm, z przewagą (65%) w półroczu letnim. Rzeka reaguje silnie na ulewy, a słabiej na niewielkie deszcze do 20 $mm \cdot d^{-1}$. Najwyższe stany wody i przepływy występują w miesiącach wiosennych, jako wynik roztopów oraz w miesiącach letnich, kiedy są rezultatem opadów.

Ujęcie wody z Rudawy dla potrzeb krakowskiego wodociągu zlokalizowane jest w Szczyglicach, w 8,8 km biegu rzeki. Jest ujęciem brzegowym, opartym na poborze wody piętrzonej na jazie. Woda pobierana jest poprzez śluzy wałowe i doprowadzalnikiem „Młynówką", o długości 700 m, trafia do komory rozdziału. Przed komorą zamontowane są sita wąskoszczelinowe. Woda przechodzi syfonem pod Rudawą i wpływa do 2 stawów osadowych, a następnie do 2 zbiorników retencyjnych. Podstawowe parametry techniczne zbiorników przedstawiono w tabeli 1. Ze zbiorników woda płynie grawitacyjnie do studni wody surowej zlokalizowanej na terenie ZUW. Dostawę wody ze zbiorników do ZUW charakteryzują następujące parametry: gwarantowana objętość dopływu do 1,0 $m^3 \cdot sek^{-1}$, gwarancja dostawy 98%, czas całkowitego wyczerpania rezerwy wody 8,7 doby. W przypadku pogorszenia jakości wody zmagazynowanej w zbiornikach, np. występowanie eutrofizacji wody, istnieje możliwość poboru wody z rzeki z pominięciem zbiorników.

Tabela 1. Charakterystyka zbiorników retencyjnych
Table 1. Characteristic water reserviors

	Ogółem	Zbiornik I	Zbiornik II
Całkowita objętość wody w zbiornikach [m^3]	981 000	516 000	465 000
Całkowita objętość wody dyspozycyjnej dla wodociągów [m^3]	755 000	417 000	338 000
Powierzchnia zwierciadła wody [ha]	36,7	19,1	17,6
Nieprzekraczalny poziom piętrzenia [m n.p.m.]	–	216,50	215,50
Poziom czerpania wody [m n.p.m]	–	214,25	213,50
Głębokość warstwy czerpanej [m]	–	2,25	2,00
Średnia głębokość zalewu w zbiornikach [m]	–	2,80	2,75
Czas zatrzymania wody w warunkach normalnej eksploatacji [d]	–	6,6	6,0

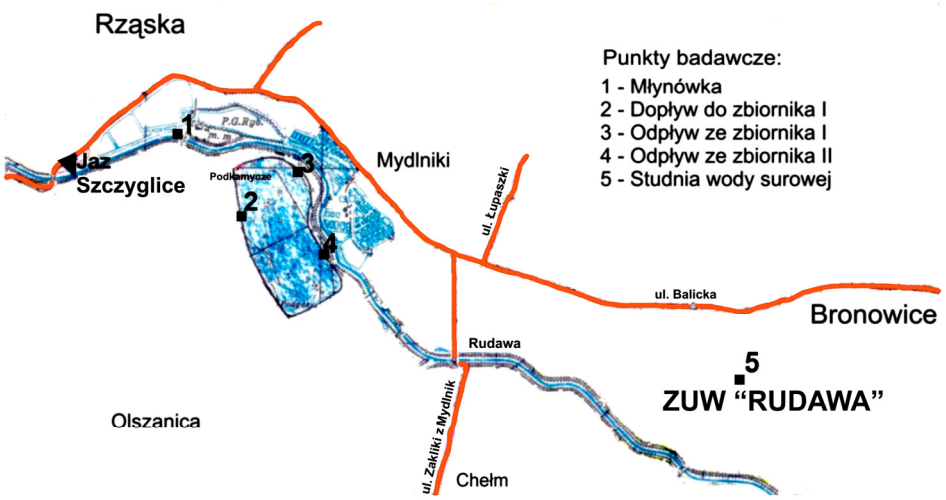
W celu zapewnienia poprawnego współdziałania ujęcia wody ze zbiornikami ujęciowymi prowadzony jest monitoring jakości wody. Ciągłe badanie jakości wody obejmujące: mętność, obecność tłuszczu, związki fosforu, amoniak, pH, temperaturę, toksyczność, odbywa się w stacji monitoringu usytuowanej w rejonie syfonu zasilającego zbiorniki retencyjne. Okresowo (1 raz w tygodniu) prowadzone są badania analityczne dodatkowych wskaźników: barwa, zapach, chlorki, twardość ogólna, żelazo ogólne, azotany, azotyny, zasadowość, krzem, ChZT, tlen, BZT_5, indeks nadmanganianowy, zawiesina, mangan, fenole lotne, chlorofil a. Próby wody do analizy pobierane są w sześciu punktach drogi przepływu wody od ujęcia z Rudawy do studni wody surowej, są to: rzeka Rudawa w Szczyglicach, komora rozdziału „Podkamycze" (Młynówka), dopływ do zbiornika I i II, odpływ ze zbiornika I, odpływ ze zbiornika II, studnia wody surowej. Monitoring jakości wody prowadzony w podanych punktach pozwala na podejmowanie decyzji o miejscu i ilości pobieranej wody.

METODYKA BADAŃ

W pracy wykorzystano wyniki badań mętności i barwy wody wykonywane przez Laboratorium ZUW „Rudawa". Laboratorium prowadzi oznaczenie mętności za pomocą mętnościomierza Nepla 239. Barwę oznacza się metodą wizualną. Do oznaczenia barwy stosuje się metodę porównawczą, z wykorzystaniem skali wzorcowych roztworów platynowo-kobaltowych.

W latach 1999–2002 analizy wody z ujęcia wykonywane były z częstotliwością 1 na miesiąc, natomiast od 2003 roku w wyniku pogorszenia jakości wody w zbiornikach (zakwity) z częstotliwością 1 na tydzień. Analiza wykonana do celów niniejszej pracy obejmuje wyniki badań prowadzonych w pięciu punktach (rys. 1):

1. Komora rozdziału „Podkamycze" (Młynówka).
2. Dopływ do zbiornika I i II.
3. Odpływ ze zbiornika I.
4. Odpływ ze zbiornika II.
5. Studnia wody surowej ZUW.



Rysunek 1. Lokalizacja miejsc poboru wody
Figure 1. Location of water sampling sites

Przeprowadzona analiza dotyczyła oceny stopnia redukcji mętności i barwy w wyniku przebywania wody w zbiornikach retencyjnych z równoczesnym porównaniem jakości wody w Rudawie z jakością w studni zbiorczej. Celem analizy było szukanie odpowiedzi na pytanie, czy i w jakim stopniu następuje poprawa jakości wody surowej, w zakresie mętności i barwy.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki badań obejmujące wartości mętności i barwy z okresu 11 lat kalendarzowych zestawiono w tabelach 2 i 3. Tabela 2 zawiera dane dotyczące mętności, uwzględniając wartości minimalne, średnie i maksymalne w poszczególnych latach i w okresie wielolecia. Średnie wartości mętności wody w Młynówce mieszczą się w granicach 6,9 (2005 r.) do 42,2 NTU (2002 r.), natomiast średnie wartości mętności wody w studni wody surowej kształtują się od 3,5 (1999 i 2000 r.) do 9,2 NTU (2002 r.). Średnia wartość mętności w okresie wielolecia wynosiła w Młynówce 16,9 NTU, natomiast w studni wody surowej tylko 6,0 NTU. Podane liczby wskazują na wysoką redukcję mętności wody po wprowadzeniu zbiorników zapasowych i obniżenie ładunku mętności wody dostarczanej do ZUW. Wysokość redukcji mętności w analizowanych latach przedstawiono na rysunku 2. W poszczególnych latach analizowanego wielolecia wahała się od 20,29 do 78,20 %.

Istotnymi wskaźnikami z punktu widzenia eksploatacji ZUW są wartości maksymalne wskaźników jakości wody surowej. Wtedy bowiem występuje największe zagrożenie niespełnienia warunków stawianych wodzie uzdatnionej. Maksymalna wartość mętności wody w Młynówce w poszczególnych latach mieściła się w przedziale od 19 do 847 NTU, natomiast w studni wody surowej od 5,9 do 126 NTU. Wartości te dodatkowo dokumentują znaczącą poprawę jakości wody w zakresie mętności.

Wpływ zbiorników ujęciowych na zmianę barwy wody jest przedmiotem tabeli 3, w której zestawiono jej charakterystyczne wskaźniki. Podane liczby dotyczące poszczególnych punktów badawczych wskazują, że zmiana barwy wody nie jest tak duża jak w przypadku mętności. Barwa wody w „Młynówce", mieściła się w przedziale od 4 do 40 mg $Pt \cdot dm^{-3}$, natomiast jej średnia wartość dla okresu wieloletniego wynosiła 14 mg $Pt \cdot dm^{-3}$.

Średnia wysokość barwy wody na dopływie do zbiorników była niższa w stosunku do Młynówki o 1 mg $Pt \cdot dm^{-3}$, natomiast zakres zmienności uległ także zmniejszeniu do przedziału 5–25 do mg $Pt \cdot dm^{-3}$. Przebywanie wody w I zbiorniku nie spowodowało zmiany średniej barwy, natomiast w II jej podwyższenie o 2 mg $Pt \cdot dm^{-3}$. Przedziały zmienności uległy zmianie poprzez podwyższenie górnych ich granic o 15 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ w przypadku zbiornika I i o 20 mg $Pt \cdot dm^{-3}$ w przypadku zbiornika II. To niekorzystne zjawisko było wywołane głównie przez „zakwity" wody w okresie występowania sprzyjających warunków rozwoju glonów.

Średnia wartość barwy wody w studni wody surowej zlokalizowanej na terenie ZUW, do której dopływa woda ze zbiorników lub bezpośrednio z ujęcia z pominięciem zbiorników (w przypadku lepszej jakości wody w Rudawie), wynosiła 13 mg $Pt \cdot dm^{-3}$, a jej zmienność mieściła się w przedziale 5 – 25 mg $Pt \cdot dm^{-3}$.

Tabela 2. Charakterystyka mętności wody w latach 1999-2009
Table 2. Characteristics of water turbidity in the period of 1999–2009

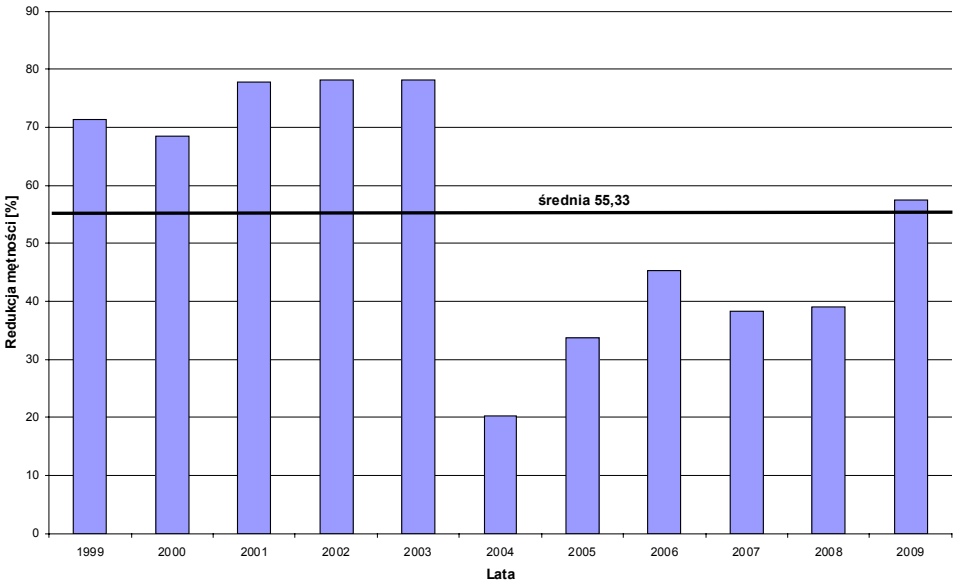
Lp.	Rok	Mętność wody NTU														
		Młynówka (pkt 1)			dopływ do zbiorników I i II (pkt 2)			odpływ ze zbiornika I (pkt 3)			odpływ ze zbiornika II (pkt 4)			studnia wody surowej (pkt 5)		
		mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna
1	1999	7	12,2	27,6	2	4	7,7	1,5	3	6,7	*)	*)	*)	1,3	3,5	10
2	2000	4,2	11,1	19	1,6	4,6	10,8	1,3	3,1	6,1	*)	*)	*)	1,4	3,5	7,8
3	2001	6,3	26,5	59,7	1,8	5	8,3	1	3,9	12,8	*)	*)	*)	1,1	5,9	13,4
4	2002	9,2	42,2	303	0,9	5,3	12	1,3	4,9	11,9	1,6	14,2	40,1	1,6	9,2	21,9
5	2003	1	27,5	847	0,6	5,6	34	0,6	5,3	33	1,6	5,3	15	1	6	5,9
6	2004	2	6,9	33	1,1	7,2	21	1,2	6,7	19	1,2	5,7	23	1,9	5,5	31
7	2005	2	7,1	26,1	1,1	8,4	22	1	8,6	25	1,2	7,5	29	1,1	4,7	29,7
8	2006	2,5	12,8	184	1	6,5	21	1	6,2	26	0,9	5,1	18	0,8	7	126
9	2007	2,5	9,4	34	1	7,4	18	1	5,5	20	1,4	8,5	31	1,4	5,8	20
10	2008	2,8	12,3	153	0,8	7,2	19	0,9	7,7	18	1,2	7,7	20	1,6	7,5	74,1
11	2009	4,4	17,4	150	1,6	10,6	72,3	1,2	8,9	64,4	1,3	7,5	23	2,6	7,4	23,5
Wielolecie		1	16,9	847	0,6	6,5	72,3	0,6	5,8	64,4	0,9	7,7	40,1	0,8	6	126

*) - brak danych dla zbiornika II spowodowany wyłączeniem z eksploatacji w latach 1999–2001

Tabela 3. Charakterystyka barwy wody w latach 1999–2009
Table 3. Characteristics of water colour in the period of 1999–2009

Lp.	Rok	Barwa wody mg Pt/l														
		Młynówka (pkt 1)			dopływ do zbiorników I (pkt 2)			odpływ ze zbiornika I (pkt 3)			odpływ ze zbiornika II (pkt 4)			studnia wody surowej (pkt 5)		
		mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna	mini-malna	średnia	maksy-malna
1	1999	8	14	20	8	16	22	6	17	35	*)	*)	*)	14	19	25
2	2000	8	14	30	7	12	18	8	11	15	*)	*)	*)	8	13	17
3	2001	9	16	23	8	13	20	8	14	20	*)	*)	*)	10	15	18
4	2002	8	14	25	8	11	16	8	12	16	10	17	25	8	13	18
5	2003	6	13	40	8	13	18	6	13	18	14	17	25	9	12	15
6	2004	5	14	28	8	15	24	7	15	26	5	17	45	8	13	20
7	2005	10	16	21	10	16	23	8	16	21	11	16	26	8	12	20
8	2006	8	13	28	8	13	25	8	14	24	6	15	25	9	12	22
9	2007	7	12	23	8	13	18	8	13	23	9	16	25	8	13	18
10	2008	7	12	26	8	12	17	7	11	16	7	12	18	8	12	17
11	2009	4	12	28	5	11	24	5	11	25	5	11	20	5	13	22
Wielolecie		4	14	40	5	13	25	5	13	35	5	15	45	5	13	25

*) - brak danych dla zbiornika II spowodowany wyłączeniem z eksploatacji w latach 1999–2001



Rysunek 2. Redukcja mętności w poszczególnych latach analizowanego wielolecia
Figure 2. Reduction of water turbidity in each year of the analysed multi-year period

Przedstawiona analiza barwy wody w okresie 11 lat eksploatacji zbiorników wskazuje, że zbiorniki ujęciowe mają nieznaczny wpływ na zmianę barwy wody. W zbiornikach następuje zwiększenie zakresu jej zmienności i podwyższenie jej średniej wartości w II zbiorniku o 2 mg Pt·dm^{-3}.

WNIOSKI

1. Wprowadzenie zbiorników zapasowych do ciągu technologicznego uzdatniania wody ujmowanej z Rudawy powoduje zmianę jakości wody dostarczanej do ZUW. Woda nagromadzona w zbiornikach spełnia rolę zapasu w czasie pogorszenia jakości wody w rzece podczas dużych wezbrań i skażeń wody.

2. Zbiorniki szczególnie korzystnie wpływają na obniżenie mętności wody, bowiem w analizowanym wieloleciu średnia wartość mętności wody w studni wody surowej była niższa w stosunku do Młynówki o 55,33 %, a zakres zmian uległ zawężeniu z przedziału 1–847 do 0,8–126 NTU, a zatem nastąpiło znaczne obniżenie obciążenia procesów uzdatniania wody w ZUW ładunkiem mętności.

3. Zbiorniki w niewielkim stopniu oddziałują na zmianę barwy wody. Występuje w nich nieznaczna jej zmiana, spowodowana głównie okresowymi „zakwitami", bowiem woda rzeki Rudawy jest zasobna w biogeny. Średnia wartość barwy wody ujmowanej z Rudawy (Młynówka) wynosiła 14 mg Pt·dm^{-3}

i wahała się od 4 do 40 mg Pt·dm^{-3}, natomiast w studni wody surowej średnio 13 mg Pt·dm^{-3} i mieściła się w przedziale od 5 do 25 mg Pt·dm^{-3}.

BIBLIOGRAFIA

Elbanowska H., Zerze J., Siepak J. *Fizykochemiczne badanie wód*. Wydawnictwo Naukowe UAM, 1999.

Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej Oddział w Krakowie – Operat wodnoprawny na eksploatację zbiorników retencyjnych dla ZUW Rudawa. 1998.

MPWiK S.A. w Krakowie – materiały własne, 1999–2009.

Pawełek J. *Wykorzystanie zapasu wody w celu zabezpieczenia ujęć wodociągowych z rzek i potoków górskich przy stanach podwyższonych mętności i zawiesin*. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej, 1996.

Pawełek J. *Zmiana mętności wody ujmowanej z Rudawy dla potrzeb Krakowa poprzez zastosowanie zbiorników zapasowych*. IX Krajowa, II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Zakopane–Kościelisko 2000.

Prof. dr hab. inż. Jan Pawełek
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
Tel. +48 12 632 57 88,
e-mail: rmpawele@ cyf-kr.edu.pl

Mgr inż. Władysław Grenda
Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A.
ZUW Rudawa, ul. Filtrowa 1, 30-148 Kraków
Tel. +48 12 639 22 10,
e-mail: Władysław.Grenda@mpwik.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*