

Jan Pawełek, Władysław Grenda

**GOSPODAROWANIE WODĄ UJMOWANĄ Z RUDAWY
DLA POTRZEB WODOCIĄGU KRAKOWSKIEGO
PRZY WYKORZYSTANIU ZBIORNIKÓW UJĘCIOWYCH**

***MANAGEMENT OF WATER WITHDRAWN FROM
THE RUDAWA RIVER FOR WATER SUPPLY NETWORK
OF KRAKÓW WITH USE OF STORAGE RESERVOIRS***

Streszczenie

Pobór wody z rzeki Rudawy dla potrzeb wodociągowych Krakowa odbywa się na jazie w Szczyglicach. Ujęta woda jest kierowana do dwóch zbiorników ujęciowych, gdzie jest wstępnie oczyszczana i magazynowana, stanowiąc zabezpieczenie poboru na czas pogorszenia jakości wody w rzece. Natomiast przy nieodpowiedniej jakości wody w zbiornikach (podczas eutrofizacji) pobór następuje bezpośrednio z rzeki. Podstawą do wyboru „źródła” wody jest monitoring jej jakości i dostawa do stacji uzdatniania wody (ZUW) surowca o możliwie najlepszej jakości. W pracy przedstawiono strukturę poboru wody w okresie 8 lat. Poddano analizie w poszczególnych latach procentowy udział wody pobranej z rzeki i zbiorników w odniesieniu do objętości wody uzdatnianej. Udział ten zmienia się w czasie na korzyść zbiorników ujęciowych, od 32,0 w 2004 do 88,0% w 2010 roku. Średni udział w analizowanym czasie wynosił odpowiednio: pobór bezpośrednio z rzeki 40,0%, zbiornik I 41,0%, zbiornik II 19,0%. W podsystemie występują częste zmiany udziału poszczególnych „źródeł” wahając się od korzystania w 100% do rezygnacji z danego „źródła”. Pogarszająca się jakość wody w sezonie letnim (rozwój glonów, wzrost chlorofilu a) powoduje zwiększenie poboru z rzeki, nawet do całkowitego zaniechania korzystania ze zbiorników. W okresie zimowym, w czasie roztopów lub przy skażeniu rzeki, woda w 100% pobierana jest ze zbiorników. Analiza czasu trwania poboru wody z trzech analizowanych „źródeł” wykazała, że woda bezpośrednio z Rudawy była pobierana przez 2582 dni (łącznie czas badań 2922 dni), co stanowiło 88,3% czasu, natomiast ze zbiornika I w czasie 2449 dni co odpowiada 83,8% czasu, a ze zbiornika II w czasie 1200 dni, czyli 41,1% czasu. Podane wartości procentowe wskazują, że przez znaczną część czasu woda do ZUW była dostarczana równocześnie z dwóch,

a nawet z trzech „źródeł”, przy zróżnicowanej wysokości poboru. Rosnący udział w dostawie wody pobieranej ze zbiorników potwierdza celowość wprowadzenia zbiorników ujęciowych.

Słowa kluczowe: Rzeka Rudawa, ujęcie, zbiornik zapasowy, gospodarowanie wodą

Summary

Water for water supply network of Kraków is withdrawn from the Rudawa river on the weir in Szczyglice. The withdrawn water is directed to two intake reservoirs, for pretreatment and storage to ensure water supply for the time of water quality decrease in the river. At the time of incorrect water quality in the reservoirs (e.g. during eutrophication) water is withdrawn directly from the river. The water source is selected based on the water quality monitoring in order to provide best possible quality material to the waterworks. The paper presents the structure of water intake during the 8 year period. The percentage share of water withdrawn from the river and from the reservoirs in respect of the volume of treated water was analysed in each year. This percentage changes in time in favor of the intake reservoirs, from 32.0 in 2004 to 88.0% in 2010. The average share in the analyzed period of time reached the following values: intake directly from the river – 40.0%, reservoir I - 41.0%, reservoir II - 19.0%. Changes in the total percentage of each source occur often, ranging from 100% use to complete resignation from the source. Deteriorating water quality in summer (algae development, increase of chlorophyll a) causes an increase of water intake from the river, even up to complete resignation from the reservoirs. In winter, during snowmelt season or with pollution of the river waters, 100% of water is withdrawn from the reservoirs. The analysis of water withdrawal time in three analyzed sources indicated that the withdrawal of water directly from the Rudawa river lasted 2582 days (the total time of analysis - 2922), which represented 88.3% of time, while the water withdrawal from the reservoir I lasted for 2449 days, which represented 83.8% of time, and from the reservoir II - 1200 days, which was 41.1% of time. The presented percentage values indicate that for the most of time water was supplied to the waterworks from two or even from three sources at the same time, with variable intake volume. Increasing share in water supply from the reservoirs confirmed the purposefulness of intake reservoirs

Key words: *the Rudawa river, water intake, storage reservoir, water management*

WSTĘP

Korzystanie z wody powierzchniowej do celów wodociagowych ujmowanej z rzeki powoduje, że podsystem jej uzdatniania musi być na tyle elastyczny i skuteczny, aby niezależnie od jej jakości w rzece „produkować wodę” spełniającą warunki stawiane wodzie do spożycia. Problemy ze spełnieniem tych warunków mogą występować w okresach pogorszenia jakości ujmowanej wody, a zatem w czasie wiosennych roztopów, intensywnych opadów, czy też incydentalnych skażeń wody, np. w wyniku nieumyślnego działania człowieka.

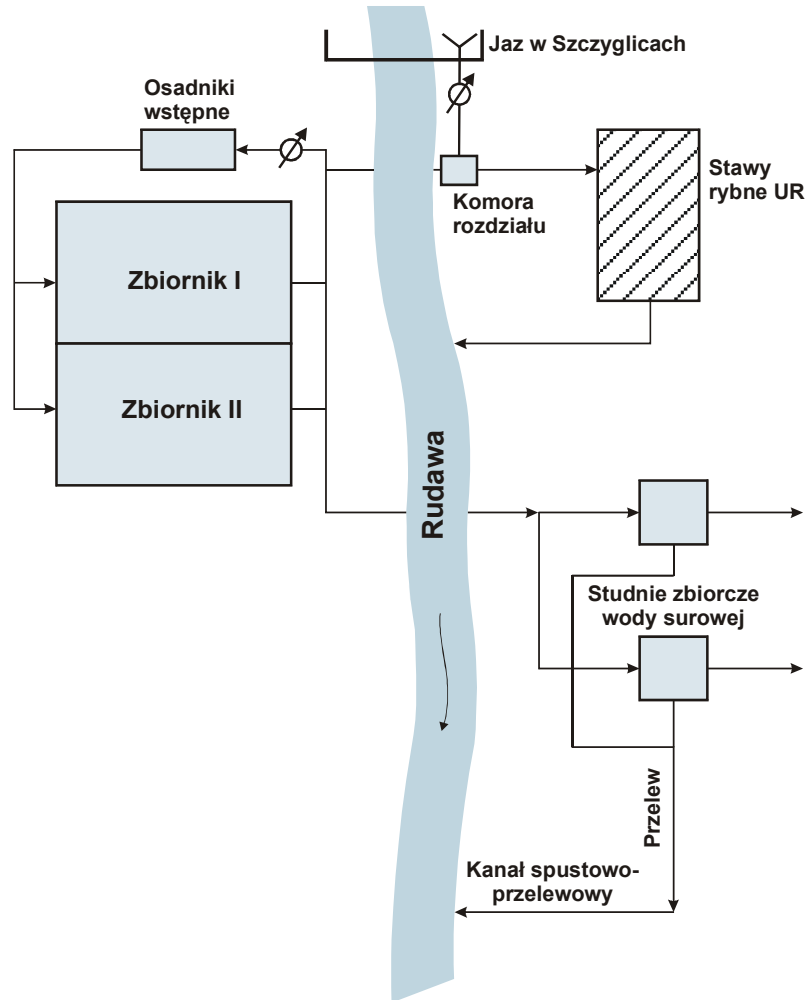
Jednym ze sposobów ograniczenia tych trudności jest budowa przy ujęciu zbiorników zapasowych gromadzących wodę ujętą przed jej dostawą do zakładu uzdatniania. Pomimo nie w pełni docenianej w Polsce roli tego typu rozwiązań są przykłady ich stosowania. Rozwiązanie takie zastosowano w 1998 roku w Krakowie przy korzystaniu z wody rzeki Rudawy. Zadaniem zbiorników jest gromadzenie odpowiedniej rezerwy wody o dobrej jakości i umożliwienie rezygnacji z poboru wody z rzeki w czasie osiągnięcia określonego stopnia jej zanieczyszczenia. Znaczenie zbiorników jest szczególne wówczas, gdy okresowo występujące zanieczyszczenia wymagają skomplikowanych zabiegów uzdatniania wody lub wtedy, gdy istniejące urządzenia nie są w stanie wykonać tego w zadowalającym stopniu [Pawełek 1996].

Celem pracy jest analiza struktury dostawy wody do Zakładu Uzdatniania Wody „Rudawa” (ZUW) pobieranej ze zbiorników ujęciowych i bezpośrednio z Rudawy oraz kształtowanie jej zmian w czasie. Miejsce poboru wody oraz kształtowanie zmian są uzależnione od jakości wody w zbiornikach i rzece. Celem prawidłowej gospodarki wodą w podsystemie ujmowania i magazynowania wody jest dostawa wody do stacji uzdatniania o możliwie najlepszej jakości z punktu widzenia obciążenia urządzeń do jej uzdatniania ładunkami zanieczyszczeń, a zatem minimalizacji kosztów uzdatniania i możliwości uzyskania wody spełniającej warunki stawiane wodzie przeznaczonej do spożycia. Przeprowadzona analiza pozwala na ocenę zasadności wprowadzenia zbiorników do ciągu technologicznego ujmowania i uzdatniania wody. Badania obejmują okres ośmiu lat (2003-2010).

CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH URZĄDZEŃ OBIEKTU BADAŃ

Rzeka Rudawa jest lewobrzeżnym dopływem Wisły, który uchodzi do niej na terenie Krakowa. Długość Rudawy wynosi 40,8 km, a powierzchnia jej zlewni 338,5 km². Cechą charakterystyczną reżimu hydrologicznego Rudawy jest stosunkowo duże wyrównanie przepływów. Przyczyną jest sposób zasilania rzeki oraz duża retencja wodna zlewni. W odpływie powierzchniowym 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, a duże wezbrania powodziowe występują bardzo rzadko [Operat ..., 1996]. Zasoby wodne rzeki Rudawy zabezpieczają w pierwszej kolejności potrzeby krakowskiego wodociągu, a następnie potrzeby Rybackiej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego.

Ujęcie wody jest zlokalizowane w Szczyglicach w 8,8 km biegu rzeki. Jest ono ujęciem brzegowym, opartym o pobór wody piętrowej na jazie, rys. 1. Woda jest kierowana do Młynówki w ilości potrzebnej dla zabezpieczenia potrzeb ZUW „Rudawa” i Rybackiej Stacji Doświadczalnej. Młynówka ma długość 700 m i doprowadza wodę do komory rozdziału, w której następuje rozdział wody dla ZUW i Stacji Rybackiej. Komora jest zabezpieczona kratą o prześwicie 20 mm i zespołem sit samoczyszczących.



Rysunek 1. Podsystem ujmowania i retencjonowania wody z rzeki Rudawy dla wodociągu w Krakowie

Figure 1. A subsystem of water intake and retention from the Rudawa river for water supply of Kraków

Woda przeznaczona do celów wodociągowych przechodzi syfonem pod Rudawą i trafia do komory zasuw, z której może być kierowana do podsystemu retencjonowania wody składającego się z dwóch stawów osadowych i dwóch zbiorników retencyjnych lub bezpośrednio do ZUW. Zadaniem stawów o wymiarach 25x120 m jest usunięcie z wody w procesie sedymentacji cząsteczek stałych o średnicy większej od 0,05 mm. Ze stawów woda przepływa do zbiorników, których powierzchnia wynosi 36,7 ha i objętość całkowita 981 000 m³,

w tym pierwszy o powierzchni 19,1 ha, objętości 516 000 m³ i średniej głębokości 2,80 m, natomiast drugi odpowiednio 17,6 ha, 465 000 m³ i 2,75 m. Zadaniem zbiorników jest poprawa jakości wody dostarczanej do ZUW, bowiem z jednej strony woda zgromadzona w zbiornikach spełnia rolę zapasu wykorzystywanego w czasie pogorszenia jakości wody w rzece, a z drugiej następuje w nich jej wstępnie oczyszczanie [Pawełek i Grenda 2010]. Konstrukcja zbiorników, a także sposób doprowadzenia i odprowadzenia wody pozwalają na ich równoległą eksploatację, bądź z wykorzystaniem jednego, lub z ich pominięciem. Dostawa wody do ZUW może bowiem odbywać się także bezpośrednio z rzeki, bez korzystania ze zbiorników.

Woda ze zbiorników retencyjnych oraz woda dostarczana do ZUW z pominięciem zbiorników płynie rurociągiem pod Rudawą i kanałem wody surowej dopływa do dwóch studni wody surowej zlokalizowanych na terenie ZUW, a z nich za pomocą pomp jest podawana do urządzeń realizujących proces uzdatniania. Schemat podsystemu ujmowania i gromadzenia wody rzeki Rudawy dla wodociągu w Krakowie przedstawia rys. 1.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Analiza wykonana do celów niniejszej pracy obejmuje wyniki badań objętości wody, prowadzonych w trzech punktach poboru: ujęcie z rzeki, odpływ ze zbiornika I i odpływ ze zbiornika II. Wybór miejsca i ilości pobieranej wody kierowanej do ZUW uzależniony jest od jakości surowca w danym miejscu. Dla zapewnienia poprawnego współdziałania ujęcia wody ze zbiornikami ujęciowymi prowadzony jest przez użytkownika 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 prowadzone są dodatkowe badania analityczne innych wskaźników: barwa, zapach, chlorki, twardość ogólna, żelazo ogólne, azotany, azotyny, zasadowość, fosfor ogólny, krzem, ChZT, tlen, BZT₅, 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 (Młynówka), dopływ do zbiornika I i II, odpływ ze zbiornika I, odpływ ze zbiornika II, studnia wody surowej. Prowadzony monitoring jakości wody pozwala na podejmowanie decyzji o miejscu i ilości pobieranej wody tak, aby uzyskać surowiec o najlepszych własnościach do dalszego uzdatniania. Od 2003 roku zwiększono częstość dodatkowych analiz do 1 raz na tydzień, dlatego do badań wybrano okres lat 2003–2010.

Celem analizy było szukanie odpowiedzi na pytanie, czy zbiorniki spełniają funkcję odpowiedniego zabezpieczenia potrzeb ZUW i jak kształtuje się w rozpatrywanym okresie struktura poboru wody w zależności od miejsca jej po-

boru. Określono procentowy udział poboru wody z rzeki i zbiorników I i II w okresie 8 lat. Do analizy wykorzystano dane będące w posiadaniu ZUW obejmujące objętość wody uzdatnianej oraz udział w niej wody pobieranej ze zbiorników i bezpośrednio z rzeki Rudawy.

WYNIKI BADAŃ

Kształtowanie jakości wody. 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 [Pawelek 1996]. Jednym z tych czynników jest przepływ wody przez zbiornik gwarantujący dobre jej mieszanie i pełną wymianę (brak możliwości powstania martwych przestrzeni). W celu równomiernego przepływu przez zbiorniki woda dopływa i odpływa w sześciu punktach. Woda wprowadzana na całej powierzchni ściany dopływowej zbiornika, wypiera znajdującą się już w nim wodę w kierunku odpływów, które są usytuowane na ścianie przeciwległej. Ma to na celu ograniczenie tworzenia się zastoisk, w których z uwagi na penetrację światła do dna zbiornika rozwija się życie biologiczne. Czerpanie wody odbywa się z głębokości około 1 m nad dnem.

Innym ważnym czynnikiem jest sposób eksploatacji zbiornika. Ze względu na zwiększone prawdopodobieństwo zakwitów wody, szczególnie od kwietnia do października, w zbiornikach utrzymuje się maksymalny poziom wody. W celu przeciwdziałania pogorszeniu jakości wody, także jej poprawie dla zwiększenia możliwości jej poboru ze zbiorników prowadzi się następujące działania:

- usuwanie glonów (kozuchów) w czasie zakwitów i transport poza strefę ochronną,
- koszenie 2 razy w roku trawy i usuwanie poza strefę ochronną,
- odstraszenie ptactwa (płoszenie),
- biomanipulację poprzez odłowy i wprowadzenie dorosłych osobników ryb drapieżnych, w porozumieniu z ichtiologami z Uniwersytetu Rolniczego (od 2004 roku prowadzi się proces ograniczania liczebności ryb w zbiornikach).

Intensywność eksploatacji zbiorników, polegająca głównie na ilości pobieranej z nich wody, jest uzależniona od jakości wody w nich magazynowanej. Dysponując dużą ilością zmagazynowanej wody o znanym składzie fizykochemicznym i hydrobiologicznym oraz korzystniejszej jakości w porównaniu z jakością wody w Rudawie ZUW pobiera wodę wyłącznie ze zbiorników. W okresie letnim w czasie występowania zakwitów wody, powodujących pogorszenie jakości wody w zbiornikach, następuje zaniechanie lub ograniczenie poboru wody i korzystanie ZUW-u z wody bezpośrednio dostarczanej z Rudawy.

Dla stwierdzenia zakwitnięcia wody oraz określenia grupy glonów powodujących zakwit wykonuje się analizy mikroskopowe przez hydrobiologa w Centralnym Laboratorium MPWiK SA. Pobór wody dla ZUW odbywa się ze zbiornika bez zakwitnięcia. W przypadku wystąpienia zakwitnięcia w obydwu zbiornikach wyłącza się zbiorniki z użytkowania wodociągowego. Wodę dostarcza się wówczas bezpośrednio rurociągiem obiegowym z Rudawy.

Objętość pobieranej wody i jej struktura. Zdolność produkcyjna ZUW wynosi aktualnie 55 tys. m³/dobę. Ilość wody pobranej w ostatnich 10 latach z rzeki Rudawy w Szczyglicach przez MPWiK S.A. dla potrzeb ZUW „Rudawa” przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dobowa produkcja wody w ZUW Rudawa w latach 2001–2010
Table 1. Daily water production in the “Rudawa” waterworks in the period of 2001-2010

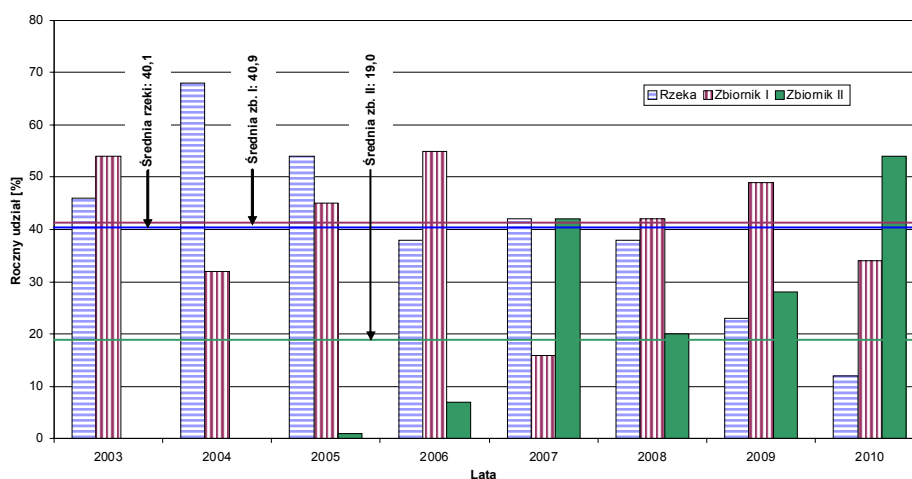
Parametr	Produkcja dobowa wody w ZUW Rudawa [m ³ /d]				
	2001-2004	2005- 2007	2008	2009	2010
Średnia dobowa Q _{śr.}	41594	32 494	30 423	29 714	20 613
Maksymalna dobowa Q _{max}	48773	41 050	40 760	39 664	28 358
Minimalna dobowa Q _{min}	33769	21 122	20 590	14 126	12 204

Zużycie wody na potrzeby własne ZUW „Rudawa” wynosi ok. 4,5%.

W ostatnim dziesięcioleciu corocznie następuje spadek produkcji. W 2010 roku ZUW podawał do sieci średnio na dobę tylko połowę produkcji z lat 2001-2004, prawie trzykrotnie zmalała produkcja minimalna, a produkcja maksymalna jest niższa o 42%. Dynamikę zmiany produkcji wody nie należy utożsamiać proporcjonalnie ze spadkiem zużycia wody w Krakowie, bowiem system wodociągowy Krakowa korzysta z czterech ujęć wody powierzchniowej i jednego wody podziemnej.

Woda dopływająca do ZUW „Rudawa” jest najczęściej mieszaniną wody pochodzącej ze zbiorników retencyjnych i wody doprowadzonej bezpośrednio z Rudawy. Miejsce i objętość pobieranej wody w latach 2003-2010 uzależnione były głównie od jakości wody płynącej w rzece i nagromadzonej w zbiornikach. Procentowy udział trzech miejsc jej poboru w całości wody dostarczanej do ZUW w poszczególnych latach analizowanego okresu przedstawiono na rys. 2. Objętość wody pobieranej z rzeki stanowiła średnio 40,1% produkcji i wahała się w poszczególnych latach od 12,0 do 68,0% i jej udział ulegał systematycznemu zmniejszaniu. Natomiast następował wzrost udziału wody pobieranej ze zbiorników w porównaniu z poborem z rzeki, począwszy od 32,0 w roku 2004

do 88,0% w roku 2010. Udział wody zbiornikowej był znacznie zróżnicowany, bowiem zbiornik I zasilał ZUW w 40,9%, natomiast zbiornik II tylko w 19,0%. Średnie roczne wahania w przypadku zbiornika I były od 16,0 do 55,0%, natomiast II od zera do 19,0%. Zbiornik II został włączony do eksploatacji od 2005 roku.



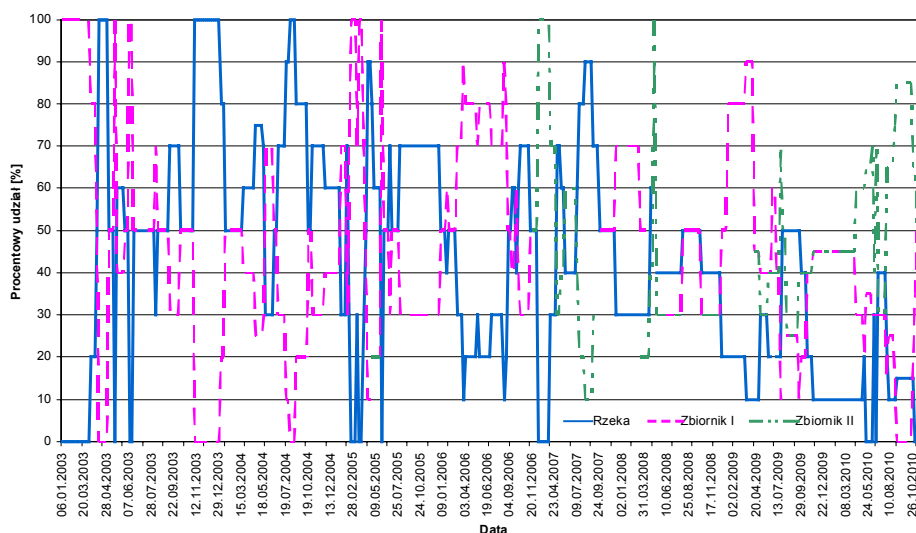
Rysunek 2. Udział w dostawie do ZUW Rudawa wody pobieranej ze zbiorników i bezpośrednio z rzeki w latach 2003–2010

Figure 2. A share of water withdrawn from the reservoirs and directly from the river supplied to the “Rudawa” waterworks in the period of 2003–2010

Przedstawiony udział w dostawie wody z wykorzystaniem średnich rocznych wartości uszczegółowiono na rysunku 3 prezentując zmianę struktury poboru wody w czasie. Z przedstawionego wykresu wynika, że monitoring jakości wody był podstawą do częstych zmian udziału poszczególnych „źródeł” w dostawie i wahał się od zerowego udziału do pokrycia potrzeb wodnych w 100%. Pogarszająca się okresowo w lecie jakość wody w zbiornikach (rozwój glonów, wzrost chlorofilu *a*) powoduje zwiększenie poboru z rzeki, nawet do całkowitego zaniechania dopływu ze zbiorników. W okresie zimowym, w czasie roztopów lub przy skażeniu rzeki, woda w 100% pobierana jest ze zbiorników.

Analiza czasu trwania poboru wody z trzech analizowanych „źródeł” wskazuje, że woda była pobierana bezpośrednio z Rudawy przez 2582 dni (łączny czas badań 2922 dni), co stanowiło 88,3% czasu, natomiast ze zbiornika I w czasie 2449 dni co odpowiada 83,8% czasu, a ze zbiornika II w czasie 1200 dni, czyli 41,1% czasu. Podane wartości procentowe wskazują, że przez znaczną

część czasu woda do ZUW była dostarczana równocześnie z dwóch, a nawet z trzech „źródeł”, przy zróżnicowanej wysokości poboru, rys. 3.



Rysunek 3. Zmiana struktury wody surowej dostarczanej do ZUW "Rudawa" w zależności od miejsca jej poboru

Figure 3. A structure of raw water supplied to the „Rudawa” waterworks depending on the sampling site

WNIOSKI

1. Prowadzone działania w celu zwiększenia poboru wody magazynowanej w zbiornikach dają dobre skutki. Następuje stałe zwiększenie poboru wody ze zbiorników w stosunku do poboru z rzeki od 32,0 w 2004 do 88,0% w 2010 roku. Udział w zwiększeniu poboru ma także zbiornik II włączony do eksploatacji w 2005 roku i jego udział w ogólnym bilansie wzrasta. W analizowanym okresie woda bezpośrednio z rzeki była pobierana przez 88,3% czasu, ze zbiornika I 83,8%, natomiast ze zbiornika II 41,1%.

2. Woda dostarczania do ZUW bezpośrednio z rzeki stanowi coraz mniejszy udział wynoszący w 2010 roku 12%, ale była pobierana przez 275 dni, co ma wytłumaczenie w celowym pozornym pogorszeniu jakości wody do celów uzdatniania, bowiem zwiększona mętność w znacznym stopniu poprawia koagulację przez co mętność po osadnikach pokoagulacyjnych wynosi poniżej 1 NTU.

3. Pogorszenie jakości wody magazynowanej w zbiornikach ma miejsce szczególnie w okresie ciepłym (kwiecień-wrzesień). Ostatni okres, gdy woda nie była zdatna do uzdatniania z obydwu zbiorników trwał 14 dni i wystąpił w sierpniu 2004 roku. Od tego czasu zgromadzona w zbiornikach woda nieprzerwanie służy do dalszego uzdatniania.

4. Uzyskane rezultaty badań pozwalają na stwierdzenie, że wprowadzenie zbiorników ujęciowych retencjonujących wodę do ciągu technologicznego przygotowania wody do spożycia, w istotny sposób przyczyniło się do poprawy jakości wody surowej dostarczanej do ZUW. Rosnący udział wody pobieranej ze zbiorników w porównaniu z bezpośrednią dostawą z Rudawy, przy stosowaniu kryterium jakości wody, dodatkowo uzasadnia taki wniosek.

BIBLIOGRAFIA

- 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, 2003-2010.
- Pawełek J. *Wykorzystanie zapasu wody w celu zabezpieczenia ujęć wodociągowych z rzek i potoków górskich przy stanach podwyższonych mętności i zawiesin*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, 1996, 121 ss.
- Pawełek J. Grenda W. *Wpływ zbiorników ujęciowych na mętność i barwę wody ujmowanej z Rudawy do celów wodociągowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 14/2010, PAN Oddział w Krakowie, 2010, s. 183-193.
- Zakład Problemów Środowiskowych. Operat wodnoprawny dla potrzeb ubiegania się przez MPWiK S.A. Kraków o pozwolenie na odprowadzanie do rzeki Rudawy ścieków technologicznych i opadowych z Zakładu Uzdatniania Wody „Rudawa” przy ul. Filtrowej 1, 2008.

Prof. dr hab. inż. Jan Pawełek
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
tel 012.632 57 88,
e-mail: rmpawele@cyf-kr.edu.pl

Mgr inż. Władysław Grenda
Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A.
ul. Filtrowa 1, 30-148 Kraków
tel 012 639 21-94,
e-mail: Władysław.Grenda@mpwik.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jerzy Gruszczyński*