

Kontrola wybranych wskaźników jakości wody przeznaczonych do spożycia w punkcie czerpalnym – przykład miasta Krakowa

Control of selected quality indicators of water intended for consumption at the draw-off point - the example of the city of Krakow

ANNA GIEREK-OŻÓG, MAŁGORZATA CIMOCHOWICZ-RYBICKA

DOI 10.36119/15.2023.4.6

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań z pomiarów prowadzonych w okresie od czerwca 2020r. do maja 2021r. Badano cztery parametry jakościowe wody tj. mętność, żelazo ogólne, chlor wolny i bakterie grupy Coli w wodzie surowej, wodzie uzdatnionej i w 50 wytypowanych punktach czerpalnych w strefie zaopatrzenia w wodę Zakładu Uzdatniania Wody „Raba” (ZUW „Raba”). Próby były pobierane w każdym tygodniu przez cały okres badawczy. Badania wykazały, że w.w wskaźniki w punktach czerpalnych okazały się być znacznie poniżej wymaganych wartości. Woda w punktach czerpalnych spełniła polskie i europejskie wymagania jakościowe [13]. Maksymalna wartość mętności wody nie przekroczyła wymaganego 1 NTU [13], została utrzymana na podobnym poziomie tj. 0,97 NTU w punkcie czerpalnym i 1 NTU w wodzie uzdatnionej. Zawartość żelaza ogólnego utrzymała się na podobnym poziomie tj. 0,03 mg/dm³ w wodzie w punktach czerpalnych i 0,02 mg/dm³ w wodzie uzdatnionej. Wartość chloru wolnego uległa zmniejszeniu z 0,73 mg/dm³ do 0 mg/dm³ (mediana). Liczba jednostek tworzących kolonie bakterii grupy Coli wyniosła 0, co jest wynikiem zgodnym z wymaganiami [13]. Badania wykazały, że woda dostarczana do odbiorców spełnia wymagane prawem parametry, co daje podstawę do stwierdzenia, że w systemie dystrybucji wody nie zachodzi zjawisko wtórnego jej zanieczyszczenia. *Słowa kluczowe: jakość wody przeznaczonych do spożycia przez ludzi, wtórne zanieczyszczenie wody do picia, analizy wody, ZUW Kraków „Raba”*

This article presents the results of the measurements carried out in the period from June 2020 until May 2021. Four water quality parameters were tested, i.e. turbidity, total iron, free chlorine and coliform bacteria in raw water, treated water and in 50 selected draw-off points in the water supply zone of the Water Treatment Plant „Raba” (ZUW „Raba”). Samples were taken every week throughout the study period. Studies have shown that the above-mentioned indicators at the draw-off points turned out to be significantly below the required values. The water at the draw-off point met Polish and European quality requirements [13]. The maximum water turbidity value did not exceed the required 1 NTU [13] and was maintained at a similar level, i.e. 0.97 NTU at the intake point and 1 NTU in the treated water. The content of total iron remained at a similar level, i.e. 0.03 mg/dm³ in water at draw-off points and 0.02 mg/dm³ in treated water. The value of free chlorine decreased from 0.73 mg/dm³ to 0 mg/dm³ (median). The number of colony-forming units of coliform bacteria was 0, which is a result consistent with the requirements [13]. Studies have shown that the water supplied to consumers meets the parameters required by law, which gives grounds to conclude that there is no secondary pollution in the water distribution system.

Keywords: quality of water intended for human consumption, secondary contamination of drinking water, water analysis, Kraków-Raba WTP

Wstęp

Nowa Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonych do spożycia przez ludzi (DWD) [2] zobowiązuje Kraje Członkowskie do monitorowania jakości wody przeznaczonych do spożycia przez ludzi w odniesieniu do wytycznych światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz zgodnie z normą EN-15975. Zaleca m.in. podejście do bezpieczeństwa wody oparte

na zarządzaniu ryzykiem, w które wchodzi przeprowadzenie oceny ryzyka na każdym etapie produkcji i dystrybucji wody, od ujęcia, aż do kranu konsumenta. Zasadnym jest późniejsze zweryfikowanie podjętych działań [9].

Bezpieczeństwo wody w rozumieniu Dyrektywy i Wytycznych WHO, to jej dostarczanie w sposób ciągły, pod odpowiednim ciśnieniem i o odpowiedniej jakości. Ocena i analiza ryzyka opiera się m.in. na identyfikacji zagrożeń, czyli rozpoznaniu najistotniejszych czynników, które mogą wpłynąć na

bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów [9, 14, 16]. Stanowisko to znajduje poparcie w nowej Dyrektywie (DWD) [2]. Jedną z wielu zmian, w porównaniu z Dyrektywą (EU) 98/83/EEC [3] jest wprowadzenie do zaopatrzenia w wodę obowiązkowego podejścia zgodnie z normą EN-15975 opartego na ocenie i zarządzaniu ryzykiem przez wszystkie podmioty występujące w całym łańcuchu dostaw od obszaru zasilania, poboru, uzdatniania, magazynowania i dystrybucji wody aż do punktu zgodności. System zarzą-

mgr inż. Anna Gierek-Ożóg, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, <https://orcid.org/0000-0001-6236-8503>, annagierek@gmail.com; dr hab. inż. Małgorzata Cimochoicz-Rybicka, prof. PK, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, <https://orcid.org/0000-0002-0216-9403>; mcrybicka@pk.edu.pl

dzania ryzykiem można podzielić na trzy części: obszar zasilania, zewnętrzny system zaopatrzenia w wodę oraz wewnętrzny system wodociągowy [4, 10]. Priorytetem w racjonalnym zarządzaniu ryzykiem w całym łańcuchu dostaw jest ścisła współpraca wszystkich zaangażowanych podmiotów, tj. m.in. zarówno właścicieli i eksploatorów zewnętrznych jak i wewnętrznych systemów zaopatrzenia w wodę.

Dostawcy wody w Polsce są zobowiązani (Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku z późn. zm.) [15] zasilac odbiorców w wodę w sposób ciągły i o wymaganej jakości oraz do prowadzenia systematycznej kontroli jakości wody. Ich odpowiedzialność za jakość dostarczanej wody kończy się w punkcie określonym w umowie pomiędzy przedsiębiorstwem wodociągowym a odbiorcą. Zazwyczaj jest to pierwszy zawór za wodomierzem głównym. Przedsiębiorstwo wodociągowe nie powinno być zatem zobowiązane do identyfikacji zagrożeń w obszarze nie objętym jego działalnością tj. w obszarze zasilania czy w instalacji wewnętrznej budynku. W świetle Rozporządzenia Ministra Zdrowia [13] oraz zapisów DWD i Dyrektywy (EU) 98/83/EEC [3], jakość wody do spożycia winna spełniać wymagania w punkcie zgodności. Wartości parametryczne do celów oceny jakości wody do spożycia mają być przestrzegane w punkcie, w którym woda wypływa z kranów do poboru wody przez odbiorców. Na jakość wody w kranie mogą mieć wpływ nie tylko zewnętrzne systemy wodociągowe, ale przede wszystkim wewnętrzne. Nawet jeśli jakość wody doprowadzanej do obiektu nie budzi zastrzeżeń, może ona ulec znacznemu pogorszeniu w wyniku oddziaływania wewnętrznej instalacji wodociągowej w samym obiekcie [1]. Zdecydowanie największa liczba niezgodności z wymaganiami jakości wody jest wynikiem błędów powstających podczas projektowania, wykonania i eksploatacji instalacji wodociągowych w budynkach [16]. Natomiast dostawca wody deklaruje, że jakość wody doprowadzonej do punktu zgodności będzie spełniała wymagania, o ile nie będzie na nią negatywnie oddziaływać stan techniczny przyłączy lub instalacji wewnętrznej będących we władaniu zarządcy lub administratora obiektu. W przypadku stwierdzenia jakiegokolwiek niezgodności w punkcie czerpalnym zlokalizowanym w budynku użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego lub budynku mieszkalnym, obowiązkiem właściwego państwowego inspektora sanitarnego jest weryfikacja jakości wody dostarczanej przez przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne w punkcie czerpalnym zlokalizowanym najbliżej zaworu głównego oraz ustalenie podmiotu odpowiedzialnego za nieodpowiednią jakość wody w tym punkcie.

Na jakość wody w instalacjach wodociągowych ma wpływ szereg czynników np. liczba i rodzaj źródeł wody, wiek i typ instalacji, stan infrastruktury (korozja), nieprawidłowe podłączenie przewodów, brak zabezpieczeń przed przepływem zwrotnym, bezpośrednie skażenie na skutek błędów w wykonywaniu instalacji wodociągowych, uwalnianie substancji niebezpiecznych z armatury, pośrednie skażenie przez połączenia pomiędzy instalacjami wody do picia oraz wody zanieczyszczonej lub magazynami substancji chemicznych, miejscowy rozwój mikroorganizmów (np. *Pseudomonas aeruginosa*, niegruźliczych prątków *Mycobacteria* oraz *Legionellae*). Ponadto pogorszeniu jakości wody może również sprzyjać wieloletni czas eksploatacji systemu, niski rozbiór wody i związany z nim długotrwały jej zastój w instalacji, wyższa temperatura wody w obiekcie oraz niekorzystny stosunek powierzchni elementów konstrukcyjnych instalacji do objętości kontaktującej się z nią wody, sprzyjający zjawisku migracji. To wszystko może prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia wody pod kątem mikrobiologicznym i fizykochemicznym [14]. Powyższe może się przekładać na aspekty zdrowotne, co jest istotne zwłaszcza w przypadku budynków przeznaczonych dla wrażliwych odbiorców np. szpitali czy przedszkoli [1].

Wodociągi Miasta Krakowa Spółka Akcyjna (WMK S.A.) stworzyła dokument dotyczący zarządzania bezpieczeństwem zaopatrzenia w wodę zgodnie z podejściem opisanym w Planach Bezpieczeństwa Wody zalecanych przez WHO oraz przepisach europejskich [2,3].

WMK S.A. posiada sprawny i nowoczesny system kontroli jakości wody i stosuje działania ochronne zaopatrzenia w wodę na zasadzie multibarier, w skład której wchodzi m.in.: stacje osłonowe zabezpieczające ujęcia wody przed incydentalnymi zanieczyszczeniami, system zdalnego przekazywania danych, zapasowe zbiorniki przepływowe wody surowej, alternatywne technologie uzdatniania wody, zapasowa objętość wody uzdatnionej (zbiorniki wody do picia), sanitarna ochrona zlewni – strefy ochronne, rezerwowa moc produkcyjna innych źródeł zaopatrzenia w wodę, stałe służby lokalizujące i zabezpieczające źródło skażenia.

WMK S.A. prowadzi badania wody przed, w trakcie i po procesie uzdatniania oraz optymalizuje proces technologiczny w zależności od parametrów wody surowej i w przypadku nadzwyczajnych zagrożeń. Optymalizacja procesu technologicznego jest ściśle związana z badaniami laboratoryjnymi [5]. Lokalizacja punktów poboru próbek wody do badania jej jakości, zakres, oraz częstotliwość monitoringu są zgodne z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia [13] oraz zostały zatwierdzone przez Małopolskiego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego [17].

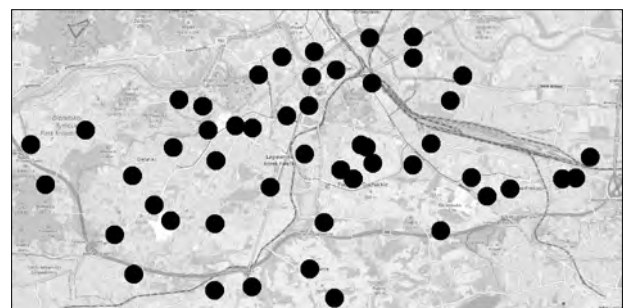
Pomimo, że jakość wody w instalacjach wewnętrznych znajduje się poza odpowiedzialnością WMK S.A., to nie ulega wątpliwości, że dbałość o bezpieczeństwo wody wymaga ścisłej współpracy także z odbiorcami usług. WMK S.A. monitoruje jakość wody w punktach zlokalizowanych w wewnętrznych systemach wodociągowych obiektów znajdujących się na terenie miasta. Woda pobierana jest w punktach czerpalnych, zatem zlokalizowanych w instalacji wodociągowej, za wodomierzem, pozostającej poza odpowiedzialnością Spółki. Na podstawie uzyskanych wyników można ocenić ryzyko wtórnego zanieczyszczenia wody przeznaczonej do spożycia.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników badań prowadzonych od czerwca 2020 r. do maja 2021 r. w kilkudziesięciu wytypowanych punktach czerpalnych zlokalizowanych w strefie zaopatrzenia w wodę z Zakładu Uzdatniania Wody „Raba” (ZUW „Raba”) i próba oceny wpływu systemu dystrybucji – zarówno zewnętrznego jak i wewnętrznego na jakość wody w punkcie czerpalnym. Rys. 1 przedstawia orientacyjną lokalizację punktów czerpalnych. Przedstawione rezultaty są wynikiem przeprowadzonych badań wstępnych dotyczących opracowania metodologii zarządzania bezpieczeństwem wody, oceny i analizy ryzyka dla wewnętrznych systemów wodociągowych.

Opis przedmiotu badań

Miasto Kraków zaopatrywane jest w wodę z czterech Zakładów Uzdatniania Wody (ZUW): Raba, Bielany, Dłubnia oraz Rudawa

Rys. 1
Orientacyjna lokalizacja punktów czerpalnych (mapa: [Openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org))
Fig. 1 Approximate location of draw-off points (map: [Openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org))



i podzielone jest na kilka stref zaopatrzenia w zależności od źródła poboru wody. Największym Zakładem jest zlokalizowany przy Jeziorze Dobczyckim ZUW „Raba”, który zaopatruje w wodę ponad 60% odbiorców miasta Krakowa oraz sąsiednie gminy. Woda pobierana jest poprzez ujęcie wieżowe (rys. 2) na trzech poziomach, a jej jakość badana jest w każdym z nich. Woda, z poziomu charakteryzującego się najlepszymi jej parametrami, tłoczona jest do ZUW „Raba”. Takie działanie ma uzasadnienie zarówno ekonomiczne jak i praktyczne i jest spójne z zaleceniami WHO oraz Komisji Europejskiej. Według tych zaleceń należy wybierać źródło wody o jak najlepszej jakości, aby tym samym upraszczać stosowane procesy uzdatniania wody (minimalizować liczbę procesów i ograniczać stosowanie substancji chemicznych) oraz zmniejszać ryzyko pojawienia się niepożądanych incydentów [16]. W ciągu technologicznego uzdatniania wody na ZUW „Raba” wykorzystuje się ponadto: koagulację, filtrację, ozonowanie oraz dezynfekcję lampami UV i podchlorynem sodu [5].

Woda uzdatniana jest w dwóch ciągach technologicznych – Raba I i Raba II i tłoczona jest do miasta Krakowa oraz gmin ościennych dwoma magistralami o tych samych nazwach.

Do badań wytypowano 50 punktów pomiarowych zlokalizowanych w strefie zaopatrzenia w wodę ZUW „Raba”. Orientacyjna lokalizacja punktów pokazana jest na rys. 1.

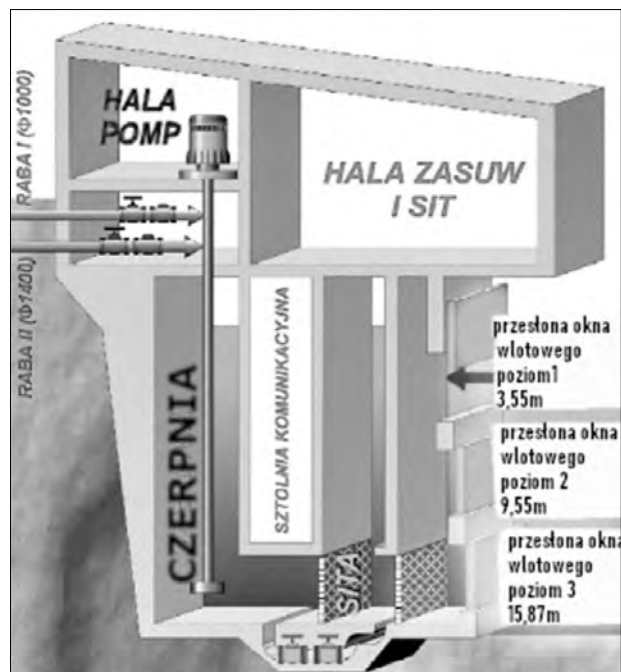
Metodyka badań

WMK S.A. monitoruje szereg parametrów jakościowych, jednakże do niniejszego artykułu wybrano cztery parametry (mętność, żelazo ogólne, zawartość chloru, bakterie z grupy Coli), które zdaniem Autorów mogą odzwierciedlać ewentualne występowanie wtórnego zanieczyszczenia wody w punkcie czerpalnym. Analizowane dane pochodziły z okresu badań przeprowadzonych od czerwca 2020 r. do maja 2021 r. Próby były pobierane w każdym tygodniu przez cały okres badawczy. Metoda pobierania prób była zgodna z normami PN-ISO 5667-5:2017-10, PN-EN ISO 19458:2007. Metody badawcze jakie zastosowano do badania parametrów są zgodne z normami: bakterie grupy Coli: PN-EN ISO 9308-1:2014-12 + Apl:2017-04,

Tabela 1. Jakość wody surowej i po uzdatnieniu
Table 1. Quality of raw and treated water

Parametr	Jednostka	Woda surowa				Woda po uzdatnieniu			
		Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średnia	Mediana	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średnia	Mediana
Mętność	NTU	0,6	16,7	3,22	3	0,05	1	0,1	0,09
Żelazo ogólne	mg/dm ³	0	0,2	0,03	0,03	0	0,2	0,02	0,02
Chlor wolny (Raba I)	mgCl ₂ /dm ³	Nie badany	-	-	-	0,08	0,98	0,72	0,73
Chlor wolny (Raba II)	mgCl ₂ /dm ³	Nie badany	-	-	-	0,08	0,88	0,72	0,73
Ilość bakterii grupy Coli	Ilość jtk/100ml	0	13000	922	134	0	0	0	0

Rys. 2.
Schemat ujęcia wieżowego w ZUW Raba [5]
Fig. 2. Scheme of the tower intake in the Raba WTP [5]



mętność: PN-EN ISO 7027-1:2016-09, żelazo ogólne: PN-EN ISO 17294-2:2016-11, chlor wolny: PN-EN ISO 7393-2:2011.

Po przeprowadzeniu badań jakości wody surowej, uzdatnionej i pobranej w punktach czerpalnych, wykonane zostały obliczenia średnich rocznych wartości poszczególnych wskaźników jakości wody oraz mediana. Wyniki te wraz z zakresem wartości minimalnych i maksymalnych, przedstawiono w tabelach 1 oraz 2.

Wyniki badań i dyskusja

W tabeli 1 przedstawione zostały wartości badanych parametrów jakości wody surowej i po jej uzdatnieniu: mętności, żelaza ogólnego, chloru wolnego i bakterii grupy Coli [5].

Na podstawie zamieszczonych wyników można stwierdzić, że mętność wody surowej, która wahała się początkowo w granicach 0,6 - 16,7 NTU, po jej uzdatnieniu, obniżyła się do poziomu od 0,05 - 1 NTU.

Średnia zawartość żelaza ogólnego spadła nieznacznie o 0,01mg/dm³, ale nadal jego zawartość wahała się w granicach 0-0,2 mg/dm³. Chlor wolny w dwóch ciągach technologicznych wyniósł średnio 0,71 mgCl₂/dm³ (Raba I) i 0,72 mgCl₂/dm³ (Raba II). Zgodnie z wymaganiami prawnymi [13] ilość bakterii grupy Coli po uzdatnieniu

ma wynosić 0 jtk/100ml.

Natomiast w tabeli nr 2 przedstawiono wartości badanych parametrów jakości wody z ww. okresu badań tj. mętności, żelaza ogólnego, chloru wolnego i bakterii grupy Coli w punktach czerpalnych wytypowanych w ramach badań w odniesieniu do wymagań polskich, europejskich i zaleceń WHO.

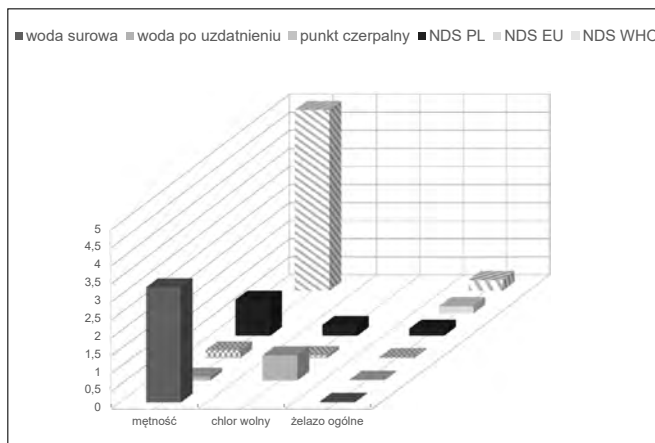
Badania wykazały, że w punktach czerpalnych nie występują bakterie grupy Coli. Zakres mętności wody w punktach poboru wahał się pomiędzy 0 NTU a 0,97 NTU, przyjmując średnią 0,22 NTU (mediana 0,16 NTU), gdzie w wodzie wychodzącej z ZUW „Raba” wartości te prezentowały się następująco: zakres wartości 0,05-1 NTU, średnio 0,1 NTU (mediana 0,09 NTU). Zakres zawartość żelaza ogólnego również się zmienił, przybierając wartości w zakresie od 0 do 0,05 mg/dm³, gdzie po wyjściu z ZUW „Raba” zakres wahał się w przedziale 0 - 0,2 mg/dm³. Wartość chloru wolnego spadła w porównaniu do wartości w wodzie po uzdatnieniu i wahała się w zakresie od 0 mgCl₂/dm³ do 0,27mgCl₂/dm³ przy wyjściowych wartościach (w zależności od ciągu technologicznego) od 0,08-0,98 mgCl₂/dm³.

Na podstawie analizowanych wskaźników zanieczyszczeń można stwierdzić, że wartości wybranych parametrów były znacznie poniżej wymaganych. Woda w punkcie

Tabela 2 Jakość wody w punktach czerpalnych w odniesieniu do wymagań polskich, europejskich i WHO
Table 2 Water quality at draw-off points in relation to Polish, European and WHO requirements

Wskaźnik	Jednostka	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średnia	Mediana	NDS PL	NDS UE	NDS WHO
Mętność	NTU	0	0,97	0,22	0,16	1	Akcept.	5
Żelazo ogólne	mg/dm ³	0	0,05	0,03	0,03	0,2	0,2	0,3
Chlor wolny	mg/dm ³	0	0,27	0,09	0	0,3	niewymagane	niewymagane
Bakterie grupy Coli	Ilość jtk/100ml	0	0	0	0	0	0	0

Rys. 3. Średnie wartości mętności, chloru wolnego i żelaza ogólnego w poszczególnych punktach badań w odniesieniu do przepisów polskich, europejskich i wymagań WHO
Fig. 3. Average values of turbidity, free chlorine and total iron at individual test points in relation to Polish and European regulations and WHO requirements



czerpalnym spełniła polskie i europejskie wymagania jakościowe [13]. Woda okazała się zdalna do spożycia i nie wykazywała cech wtórnego zanieczyszczenia spowodowanego stanem infrastruktury lub ewentualnymi zastojami, zarówno w zewnętrznym systemie zaopatrzenia w wodę jak też wewnętrznym. Maksymalna wartość mętności wody nie przekroczyła wymaganego 1 NTU [13] - dla wody uzdatnionej była równa 1 NTU, a w wodzie w punkcie czerpalnym utrzymała się na poziomie 0,97 NTU (pomiar w granicach błędu). Świadczyć to może o tym, że w wyniku dystrybucji wody zarówno w zewnętrznym jak i wewnętrznym systemie nie doszło do wtórnego zanieczyszczenia wody substancjami nierozpuszczalnymi (organicznymi lub nieorganicznymi). Tego typu substancje mogą powodować ponadnormatywny wzrost mętności np. poprzez uwolnienie cząstek zawieszin z osadów ze ścian przewodów wodociągowych. Powyższe zjawiska mogą zachodzić w wyniku gwałtownej zmiany warunków przepływu i turbulencji [6]. Na ogół obserwuje się wzrost parametrów mętności w puckie czerpalnym u konsumenta, co wynika z faktu, że nawet przy optymalnym funkcjonowaniu systemu uzdatniania wody nie jest możliwe uniknięcie powstania niewielkich ilości osadów.

Zawartość żelaza ogólnego utrzymała się na poziomie tj. 0,03 mg/dm³ w wodzie w punktach czerpalnych i 0,02 mg/dm³ w wodzie uzdatnionej. Analizując dane zauważono jednocześnie zjawisko, że wartość maksymalna żelaza ogólnego w wodzie uzdatnionej osiągnęła wartość 0,2 mg/dm³, a w punkcie czerpalnym 0,05 mg/dm³. Świadczyć to może o zatrzymaniu żelaza w systemie dystrybucji – zarówno w sieci wodociągowej jak i instalacji np. w postaci osadów lub np. na filtrach sznurkowych stosowanych przez konsumentów w instalacji [7].

Wartość chloru wolnego uległa zmniejszeniu z 0,73 mg/dm³ do 0 mg/dm³ (media-

na). Zjawisko zmniejszenia wartości chloru w systemie dystrybucji jest uznawane za naturalne [8]. Im dłuższą drogę ma do pokonania woda, tym mniejsze jest w niej stężenie pozostałego podczas dezynfekcji chloru wolnego. Część chloru wprowadzonego do wody reaguje ze związkami organicznymi i nieorganicznymi. Tym samym chlor zużywany jest na utlenianie substancji organicznych i nieorganicznych obecnych w wodzie oraz osadach chemicznych i biologicznych zgromadzonych na wewnętrznych powierzchniach rurociągów, dezaktywację mikroorganizmów itd. [8]. O całkowitym zmniejszeniu zawartości chloru w wodzie w systemie dystrybucji decyduje jego zużycie w reakcjach zachodzących równocześnie w strumieniu wody i na powierzchni przewodów wodociągowych oraz innych elementów tego systemu.

Ilość jednostek tworzących kolonie bakterii grupy Coli wyniosła 0, co jest wynikiem zgodnym z wymaganiami polskimi, europejskimi i zaleceniami WHO [13]. Woda na wyjściu z ZUW „Raba” nie zawierała bakterii typu Coli, zatem dezynfekcja oraz sposób uzdatniania wody w ZUW „Raba” były skuteczne. W związku z powyższym, brak bakterii grupy Coli u odbiorców świadczy o tym, że nie doszło do wtórnego zanieczyszczenia wody tego typu bakteriami np. w wyniku awarii lub nieszczelności przewodów w procesie dystrybucji.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w punktach czerpalnych uzyskano parametry jakości wody spełniające normy polskie, europejskie oraz odpowiadające wytycznym WHO. W wodzie dostarczonej do klientów nie występowało zjawisko wtórnego zanieczyszczenia wody spowodowanego stanem infrastruktury, ewentualnymi zastojami lub awariami. Taki stan udało się osiągnąć m.in. dzięki optymalnie dobranemu

procesowi uzdatniania i dbałości o infrastrukturę wodociągową oraz wdrożoną ochronę systemu na zasadzie multibarier.

Badania przeprowadzono w ramach realizacji projektu nr DWD/6/0583/2022 z programu Doktorat wdrożeniowy, MEiN, VI edycja.

LITERATURA:

- [1] Cunliffe D. et. al.(2011). Water safety in buildings. WHO,
- [2] Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi,
- [3] Dyrektywa Rady 98/83/WE z dn. 3.11.1998r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. UE-L 330/32 z 5.11.1998r.). <https://igwop.org.pl/plany-bezpieczenstwa-wody/>
- [4] Materiały Wodociągów Miasta Krakowa S.A.
- [5] Maziarka D., Krogulska B, Mętność wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń, Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego Zakład Bezpieczeństwa Zdrowotnego Środowiska Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny, Warszawa 2018
- [6] Maziarka D., Krogulska B, Żelazo w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Postępowanie w przypadku podwyższonych stężeń, Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego Zakład Bezpieczeństwa Zdrowotnego Środowiska Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny, Warszawa 2018
- [7] Nawrocki J. Uzdatnianie wody, Procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010
- [8] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., Boryczko K., Szpak D., Metody analizy i oceny ryzyka w funkcjonowaniu systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę Plan Bezpieczeństwa Wodnego, Konwent Kierowników Jednostek Komunalnych woj. Podkarpackiego, Boguchwała 2018
- [9] Ramm K. Wyzwania dyrektywy 2020/2184 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Technologia Wody, Rok XIII, Zeszyt 1(75) styczeń-marzec 2021 ss.36-41
- [10] Rinehold A. et. al. Global Status report on Water Safety Plans: A review of proactive risk assessment and risk management practices to ensure the safety of drinking-water, 2017
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 29.08.2019 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi Dz. U. 2019 poz. 1747
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 grudnia 2017 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. 2017 poz. 2294
- [13] Tchórzewska-Cieślak B., Papciak D., Pietrucha-Urbaniak K., Szacowanie Ryzyka zmian jakości wody w sieciach wodociągowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2017
- [14] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. Z 2017. poz. 328, 1566 i 2180)
- [15] Zimoch I. Mulik B. Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – nowe wyzwania sektora wodociągowego, Instal 2018, nr 2, ss.34-37
- [16] Zimoch I., Zaba T., Skulska W. Ocena potencjalnych zagrożeń dla jakości wody w sieci wodociągowej miasta Krakowa, Instal, 2019, nr 4, ss. 34-39