

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK\*, Jarosław STASZCZAK\*\*

## ***Dobowa zmienność składu fizykochemicznego wód rzeki Raby pobieranych w punkcie czerpalnym***

Streszczenie: Wody rzeki Raby stanowią podstawę zaopatrzenia w wodę do picia dla ponad połowy mieszkańców Krakowa oraz wielu podkrakowskich miejscowości. Dane literaturowe wskazują na możliwość wzbogacania wody w sieciach w metale ciężkie. Każda kolejna analiza jakości wody pobieranej z sieci dostarcza nowych danych i może przyczynić się do tworzenia całościowego obrazu problemu. Przedmiotem badań i analiz w ramach prezentowanej pracy jest jakość wody pobieranej z rzeki Raby, spożywanej przez konsumentów. Opróbowanie przeprowadzono w dwóch punktach czerpalnych, które stanowią dwa zabudowania indywidualne, zlokalizowane na południowych obrzeżach miasta Krakowa. Pobór wód prowadzono bezpośrednio z zaworów czerpalnych, użytkowanych przez mieszkańców konkretnego obiektu. W każdym przypadku instalacja wewnątrz budynku wykonana została z rur stalowych, a bateria czerpalna, z której pobierano wodę, wykonana została z mosiądzu. Pobór próbek wody do analizy wykonano dwukrotnie. Próbkę wody pobierano na przestrzeni jednej doby, w zróżnicowanych odstępach czasowych.

Przeprowadzone badania składu fizykochemicznego wód pobieranych w cyklu dobowym wykazały zmienność zawartości poszczególnych metali. Generalnie, jakość wody pobieranej w przedmiotowych punktach czerpalnych, mieści się w granicach dopuszczalnych, stawianych dla wód przeznaczonych do picia, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia. Jednak po okresie stagnacji, kilkudniowej lub nawet kilkugodzinnej, obserwuje się chwilowy, ponadnormatywny wzrost stężenia żelaza oraz ołowiu i glinu, który następnie ulega obniżeniu. Badania przeprowadzone potwierdzają, zatem możliwość wzbogacania wód pobieranych z zaworu czerpalnego (po przejściu przez sieć wodociagową) w żelazo i ołów oraz dodatkowo glin i cynk. W przypadku pozostałych oznaczanych składników nie obserwuje się wzrostu ich stężenia w wodach po okresie stagnacji. Badania pozwalają na przypuszczenie, że wzrost zawartości w wodzie pobieranej przez konsumentów może być wynikiem wzbogacania w poszczególne elementy w wyniku jej przebywania w sieci wodociagowej. Istotnym czynnikiem kształtującym charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów może być zatem czas przebywania wody w sieci wodociagowej oraz materiał, z którego poszczególne instalacje zostały wykonane.

Słowa kluczowe: ujęcie wód Raby, sieć wodociagowa, punkt czerpalny, jakość wody

\* Dr inż., \*\* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl, jaro@min-pan.krakow.pl

## **Diurnal variability in the physicochemical composition of the waters of the River Raba collected at the water intake**

**Abstract:** The River Raba supplies drinking water for more than half the population of Krakow and for numerous towns and villages in its vicinity. Existing documentation indicates the possibility of contamination of water from the mains with heavy metals. Each subsequent analysis of the water quality drawn from the mains provides new data and may contribute to the overall picture of the issue. The aim of the research and analysis in the present work is the quality of water drawn from the River Raba after it goes through the mains. Samples were collected at two water intake sites which are located in two separate buildings on the southern outskirts of the city of Krakow. Water was collected directly from the intake valve used by residents of a particular housing facility. In both cases, the installation inside the building was made of steel and the intake tap where the water was collected was made of brass. Samples of water for analysis were collected twice. Water samples were collected over a period of one day at different time intervals.

The conducted study of the physicochemical composition of water collected in a diurnal cycle indicated variability in the content of individual metals. Generally, the quality of water collected at these specific water intake sites meets the acceptable limits for potable water according to a decree by the Minister of Health. However, following stagnation of a few days or even a few hours, a temporary increase exceeding the standard in the concentration of iron, lead, and aluminium is observed which decreases after water is drawn. The studies confirm, therefore, the possibility of contamination of water from an intake valve (after it goes through the water mains) with iron and lead, and additionally with aluminium and zinc. In the case of the remaining assayed components, no increase in their concentration in the water after a period of stagnation has been observed. The studies allow for the formulation of a supposition that the change in the composition of water supplied to consumers may be the result of tainting by individual elements due to their presence in the water supply system. Therefore, the stagnancy time of water in the mains and the material from which individual installations are constructed may be an important factor affecting the physicochemical composition of the water supplied to consumers.

**Key words:** the River Raba water intake, water supply system, water intake, water quality

## **Wprowadzenie**

Jakość wody przeznaczonej do spożycia, dostarczanej siecią dystrybucyjną do odbiorców, jest wynikiem nakładania się wielu czynników. Najważniejszym z nich jest skład fizykochemiczny wody pozyskiwanej z konkretnego ujęcia. Jakość wody kształtowana jest także w wyniku procesu jej uzdatniania oraz procesu ługowania poszczególnych składników z sieci i armatury wodociągowej.

Możliwość wzbogacania wody w sieciach wodociągowych w poszczególne składniki sygnalizowana była we wcześniejszych pracach wielu autorów (m.in. Kowal 1997; Postawa i in. 2008; Świątczak i in. 2008; Górski, Siepak 2011; Postawa, Witczak, red. 2011). Zjawisko wzbogacania uzależnione jest głównie od właściwości korozyjnych wody oraz od rodzaju materiału, z którego zbudowana jest sieć. Istotnym czynnikiem kształtującym charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów jest czas przebywania (stagnacji) wody w sieci wodociągowej. Ługowanie dotyczy przede wszystkim domowych instalacji wewnętrznych, zbudowanych z rur miedzianych oraz stalowych, ocynkowanych czy armatury wodociągowej.

Istotnym zagadnieniem jest konieczność dotrzymywania odpowiednich parametrów wody, dostarczanej do odbiorców oraz minimalizacja zawartości substancji szkodliwych. Obecnie w Polsce najważniejszym dokumentem regulującym stan jakościowy wody przeznaczonej do spożycia jest rozporządzenie wydane przez Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 roku *zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia*

przez ludzi (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466; Dz.U. z 2007 nr 61 poz. 417). Zapisy rozporządzenia są wdrożeniem dyrektywy 98/83/EC z dnia 3 listopada 1998 roku, w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Rozpoznanie skali problemu wzbogacania wody w poszczególne elementy w sieciach wodociągowych wymaga przeprowadzenia wieloletnich badań o szerokim zasięgu. Każda kolejna analiza jakości wody w sieci będzie dostarczać nowych danych i może przyczynić się do tworzenia całościowego obrazu problemu w Polsce. W prezentowanej pracy przedmiotem badań i analizy jest jakość wody pobieranej z rzeki Raby, spożywanej przez konsumentów. Wody rzeki Raby stanowią podstawę zaopatrzenia w wodę do picia dla ponad połowy mieszkańców Krakowa oraz wielu podkrakowskich miejscowości (Raport roczny 2009, 2010). Opróbowanie przeprowadzono na poziomie prywatnych użytkowników, wodę pobierano w skali doby z baterii czerpalnych. Przedmiotem badań zmienności składu fizykochemicznego wody rzeki Raby objęto dwa punkty czerpalne – dwa domy jednorodzinne o zbliżonej lokalizacji i charakterystyce, ale o różnym wieku i zróżnicowanej wielkości poboru wody.

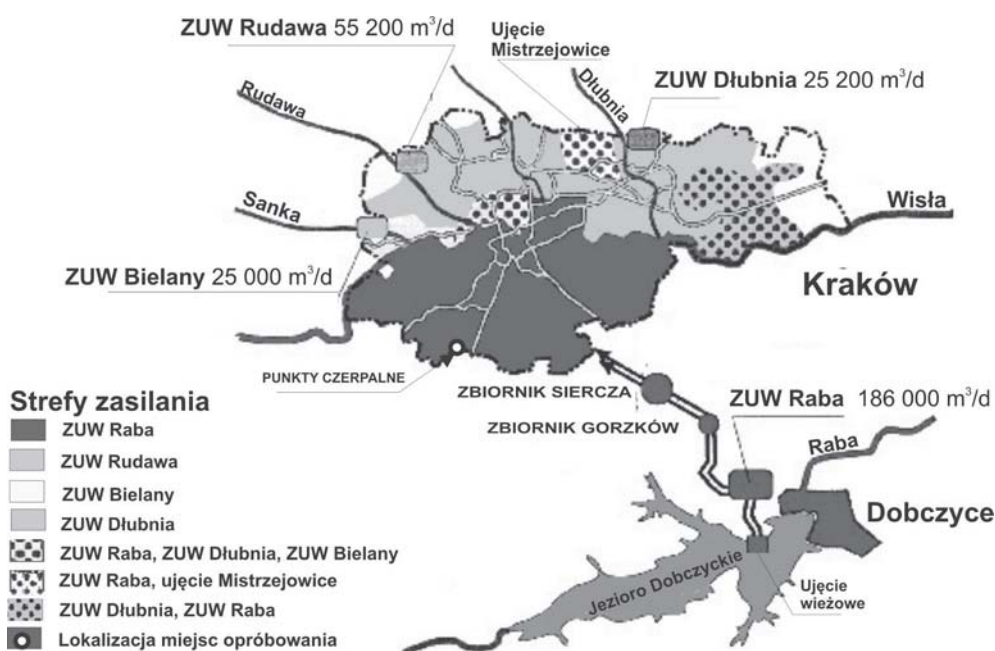
## **1. Charakterystyka schematu ujmowania wód rzeki Raby**

Raba jest prawobrzeżnym dopływem Wisły o wielkości zlewni 1537 km<sup>2</sup>, ogółem przyjmuje 25 bezpośrednich większych dopływów bocznych (Punzet 1969; Paszkiewicz 2009; <http://oki.krakow.rzgw.gov.pl>).

Na 60,1 km rzeki Raby usytuowana została zaporą zbiornika wodnego Dobczyce. Wysokość zapory umożliwia spiętrzenie wód Raby do rzędnej 272,60 m n.p.m., przy której zbiornik osiąga pojemność 127 mln m<sup>3</sup>, w tym około 85 mln m<sup>3</sup> pojemności użytkowej, co pozwala na pobór wody w ilości do 259,2 tys. m<sup>3</sup>/d (<http://www.mpwik.krakow.pl>). Zakład Uzdatniania Wody obejmuje dwa ciągi technologiczne „Raba I” i „Raba II”. Procesy technologiczne w obu zakładach prowadzone są niezależnie i polegają na wstępnym ozonowaniu wody surowej, koagulacji, sedymentacji, filtracji oraz dezynfekcji. Obecnie, uwzględniając potrzeby własne związane z wymaganiami procesu technologicznego, ZUW „Raba I” i „Raba II” są w stanie dostarczyć około 190 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę. Są one głównym źródłem zaopatrzenia w wodę dla Krakowa oraz kilku innych miejscowości. Ich łączny udział w ogólnej dostawie wody wynosi około 55% dobowego zapotrzebowania na wodę (<http://www.mpwik.krakow.pl>). Syntetyczny schemat procesu dostarczania wody dla mieszkańców miasta Krakowa, w tym ZUW Raba („Raba I” i „Raba II”) przedstawia praca T. Żaby (2009). Po opuszczeniu ciągów technologicznych „Raba I” i „Raba II”, uzdatniana woda tłoczona jest rurociągami o średnicy 1000 mm i 1400 mm do zbiorników w Gorzkowie. Dalej grawitacyjnie spływa do zbiorników wody pitnej w Sierczy, a następnie dopływa do Krakowa, gdzie stanowi podstawowe źródło zasilania w wodę dla Podgórzka oraz części Śródmieścia i Nowej Huty, a także obszarów podmiejskich (Żaba 2009).

Schemat dostarczania wody do odbiorców w Krakowie oraz podmiejskich miejscowościach wraz z lokalizacją obiektów badawczych (będących przedmiotem pracy) przedstawiono na rysunku 1.

Zgodnie z danymi podawanymi w raportach MPWiK w Krakowie (Raport roczny 2009; 2010; 2011; Postawa, Witczak, red. 2011), prowadzone są stałe badania składu fizyko-



Rys. 1. Schemat dostarczania wody z ZUW Raba do odbiorców Krakowa i okolic wraz z lokalizacją miejsc opróbowania (schemat za T. Żaba 2009)

Fig. 1. Diagram of ZUW Raba waterworks supply system to customers in Krakow and vicinity and the location of sampling sites (diagram based on T. Żaba 2009)

chemicznego wody rzeki Raba. Jakość wody uzdatnionej w ZUW Raba, włączanej do sieci wodociągowej, mieści się w granicach dopuszczonych rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466; Dz.U. z 2007 nr 61 poz. 417) – tabela 1.

## 2. Metodyka badań i charakterystyka obiektów badawczych

Przedmiotem badań i analizy jest jakość wody pobieranej z rzeki Raba i dostarczanej do mieszkańców Krakowa, ale po przejściu przez sieć wodociągową. Opróbowanie przeprowadzono w dwóch punktach czerpalnych, które stanowią dwa zabudowania indywidualne, zlokalizowane na południowych obrzeżach miasta (lokalizacja na rysunku 1). Pobór wód prowadzono bezpośrednio z zaworów czerpalnych, użytkowanych przez mieszkańców konkretnego obiektu.

Pierwszy z budynków zamieszkuje czteroosobowa rodzina. Obiekt powstał w latach 1987–1988, a do sieci wodociągowej został przyłączony około 10 lat temu za pomocą rur PCV. Instalacja wewnątrz budynku wykonana została z rur stalowych, a baterię czerpalną, z której została pobrana woda, wykonano z miedzi.

Drugi budynek zamieszkuje jedna osoba, zapotrzebowanie na wodę w tym obiekcie jest zatem o wiele niższe. Jest to stary budynek, a data jego powstania nie jest możliwa do określenia (przybliżony czas powstania obiektu to lata pięćdziesiąte ubiegłego stulecia).

TABELA 1. Uśrednione zawartości poszczególnych składników w próbkach wody w skali doby, pobieranych w punktach czerpalnych zlokalizowanych na obrzeżach Krakowa

TABLE 1. The mean concentration of individual components in water samples collected over 24 hrs from intake sites located on the outskirts of Krakow

Wskaźnik	Wartość dopuszczalna [mg/dm <sup>3</sup> ] (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466)*	Usrednione zawartosci skladnikow w wodzie uzdatnionej w ZUW Raba (lata 2004–2007) [mg/dm <sup>3</sup> ]**	Uśrednione zawartości poszczególnych składników w próbkach wody u konsumentów (w skali doby) [mg/dm <sup>3</sup> ]			
			dom 1 osoba 2009	dom 4 osoby 2009	dom 1 osoba 2012	dom 4 osoby 2012
Al	0,2	0,08750	0,2925	0,0813	0,0107	0,0134
As	0,01	0,00031	0,0017	0,0025	0,0044	0,0019
Cd	0,005	0,00015	0,0007	0,0001	0,0006	0,0002
Cu	2	0,00404	0,0218	0,0099	0,0077	0,0041
Fe	0,2	0,01630	0,5913	0,2738	0,1855	0,0556
Hg	0,001	–	0,0006	0,0012	0,0003	0,0002
Mn	0,05	0,01381	0,0267	0,0071	0,0031	0,0023
Ni	0,02	0,00185	0,0036	0,0008	0,0099	0,0084
Pb	do 31.12.2012 r.: 0,025 od 01.01.2013r.: 0,010	0,00315	0,0080	0,0005	0,0050	0,0004
Zn	–	0,009	0,7387	0,1346	0,2236	0,0323

\* Wartości przekraczające stężenie dopuszczalne w wodzie do picia zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466; Dz.U., z 2007 nr 61 poz. 417).

\*\* Zawartosci metali i metaloidow w wodzie uzdatnionej w ZUW Raba (wartosci usrednione w latach 2004–2007) wg MPWiK Kraków (Postawa, Witczak, red., 2011 – Metale i substancje towarzyszące w wodach przeznaczonych do spożycia w Polsce. AGH Kraków).

Do sieci wodociągowej budynek został przyłączony w tym samym czasie, co dom zamieszkały przez 4-osobową rodzinę. Przyłącze również zostało wykonane z rur PCV, a wewnętrzna instalacja wodociągowa w budynku jest stalowa, z tą różnicą, że o wiele starsza. Bateria czerpalna, podobnie jak w przypadku pierwszego budynku, wykonana została z mosiądzu.

Pobór próbek wody do analizy został wykonany dwukrotnie. Po raz pierwszy próbki wody z tych dwóch budynków zostały pobrane w listopadzie 2009 roku (Staszczak 2010). Próbkę wody pobierano z baterii czerpalnych na przestrzeni 1 doby, w godzinowych odstępach czasowych. Pierwszy pobór wykonano o godzinie 18, po 4 dniach stagnacji w instalacji sieciowej budynku starszego. W budynku nowszym nie miał miejsca okres stagnacji przed pierwszym poborem.

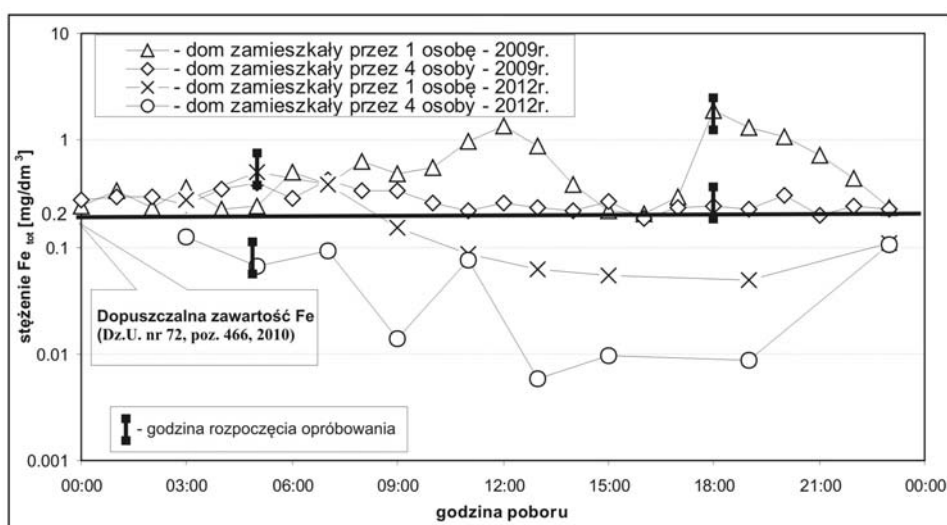
Kolejne pobory wody z sieci zostały przeprowadzone w kwietniu w roku 2012. Pobór w obydwu obiektach rozpoczęto o godzinie 5, po kilkugodzinnej stagnacji wody w sieci,

zarówno w budynku starszym, jak też nowszym. Próbkę pobierano początkowo w dwugodzinnych odstępach czasu, a następnie w odstępach czterogodzinnych.

Wszystkie próbki pobierano bezpośrednio z baterii czerpalnych; utrwalano, przechowywano i transportowano zgodnie z przyjętą w literaturze i normach metodyką (Szczępańska, Kmiecik 1998; Witczak, Adamczyk 1995; PN-EN ISO 5667-1; PN-EN ISO 5667-3). Oznaczenia zawartości poszczególnych metali w próbkach przeprowadzono z wykorzystaniem spektrometru atomowego z detektorem masowym ICP-MS (*Elan 6100, Perkin Elmer*) oraz spektrometru emisyjnego ze wzbudzeniem plazmowym ICP-OES (*Optima 7300 DV, Perkin Elmer*).

### 3. Dyskusja otrzymanych wyników

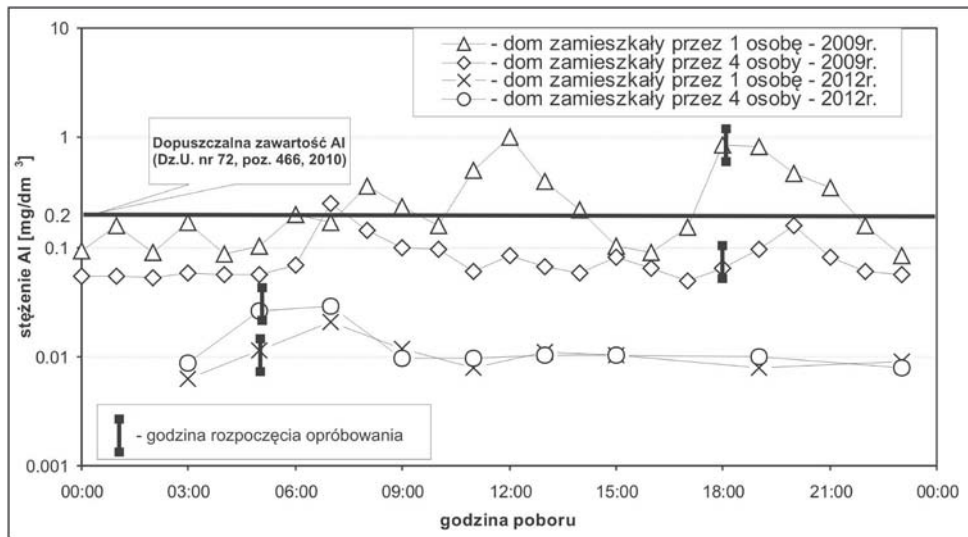
Przeprowadzone badania składu fizykochemicznego wód pobieranych w cyklu dobowym w zróżnicowanych odstępach czasowych wykazały zmienność zawartości poszczególnych metali. Obserwuje się charakterystyczny wzrost stężenia składników w wodzie pobieranej po okresie dłuższej stagnacji. Wyniki poszczególnych oznaczeń stężenia metali w próbkach wody (z zaznaczeniem godziny rozpoczęcia poboru) przedstawiono na wykresach od 2 do 5, a wartości uśrednione zestawiono w tabeli 1.



Rys. 2. Zmienność stężenia żelaza ogólnego w wodach pobieranych w skali doby z baterii czerpalnych (woda z ujęcia wód rzeki Raby)

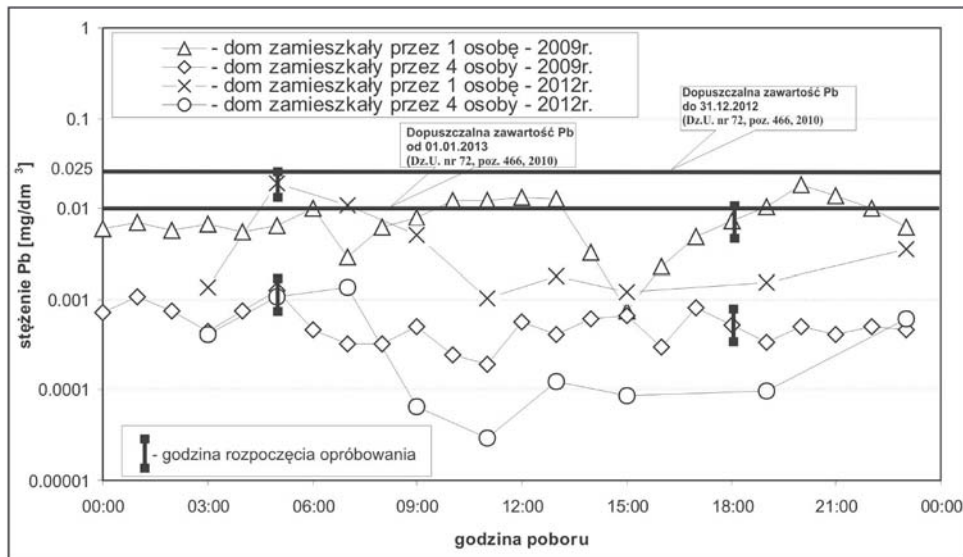
Fig. 2. Variability of total iron concentration in water collected over 24 hrs from the intake tap (water from the river Raba water intake)

Generalnie w wodzie pobieranej w sposób ciągły (bez okresu stagnacji) z sieci wodociągowej w budynku zamieszkałym przez czteroosobową rodzinę nie obserwuje się zdecydowanych zmian stężenia zawartości poszczególnych metali w skali doby. Jednak w wo-



Rys. 3. Zmienność stężenia glinu w wodach pobieranych w skali doby z baterii czerpalnych (woda z ujęcia wód rzeki Raby)

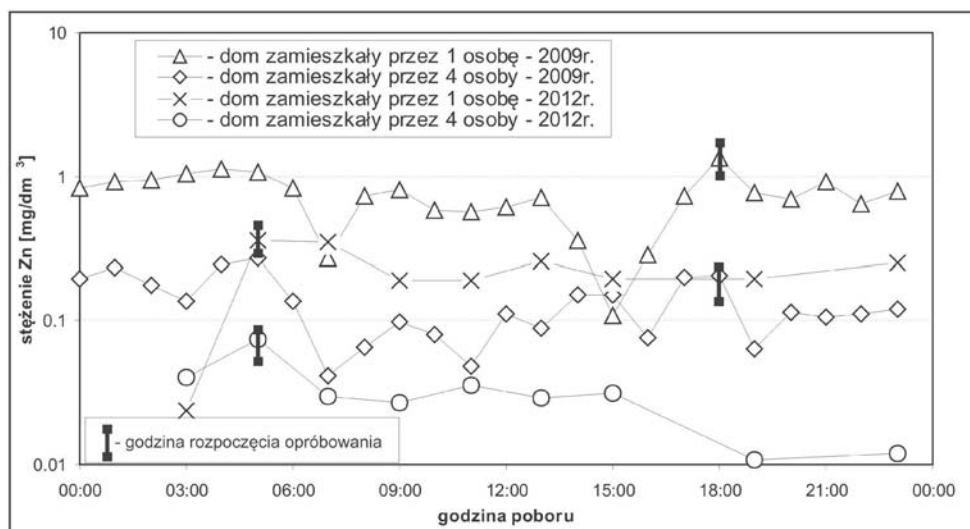
Fig. 3. Variability of aluminium concentrations in water collected over 24 hrs from the intake tap (water from the river Raba water intake)



Rys. 4. Zmienność stężenia ołowiu w wodach pobieranych w skali doby z baterii czerpalnych (woda z ujęcia wód rzeki Raby)

Fig. 4. Variability of lead concentrations in water collected over 24 hrs from the intake tap (water from the river Raba water intake)





Rys. 5. Zmienność stężenia cynku w wodach pobieranych w skali doby z baterii czerpalnych (woda z ujęcia wód rzeki Raby)

Fig. 5. Variability of zinc concentration in water collected over 24 hrs from the intake tap (water with the river Raba water intake)

dach pobieranych przy zachowaniu kilkugodzinnej stagnacji (opróbowanie 2012 r.) obserwuje się nieco wyższe stężenia Fe, Al, Pb oraz Zn w próbkach pobieranych w początkowych godzinach eksperymentu. Stężenie oznaczanych metali w wodzie mieści się generalnie w granicach dopuszczalnych rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466; Dz.U. z 2007 nr 61 poz. 417), za wyjątkiem stężenia żelaza, które w badaniach z roku 2009 przekraczało nieznacznie wartości dopuszczalne (rys. 2).

W próbkach wody pobieranych z sieci wodociągowej w budynku zamieszkałym przez jedną osobę, a zatem o zdecydowanie niższym zużyciu wody, obserwuje się większe zróżnicowanie stężenia poszczególnych metali w skali doby (rys. 2, 3, 4, 5). Wyraźny wzrost poszczególnych składników zaobserwowano po dłuższym czasie przebywania wody w sieci (czas stagnacji wynosił 4 dni), czyli w próbkach pobieranych w roku 2009. Po okresie dłuższej stagnacji obserwuje się najwyższe stężenia żelaza (sięgające  $1,91 \text{ mg/dm}^3$ ) oraz wysokie, w odniesieniu do kolejnych pomiarów, stężenia glinu ( $0,85 \text{ mg/dm}^3$ ), ołowiu ( $0,007\text{--}0,018 \text{ mg/dm}^3$ ) oraz cynku ( $1,34 \text{ mg/dm}^3$ ). W kolejnych godzinach następuje stopniowe obniżanie i stabilizacja zawartości poszczególnych metali. W wodzie pobieranej z sieci wodociągowej w tym samym punkcie czerpalnym w roku 2012, charakter zmian jej jakości jest analogiczny jak dla wód pobieranych w tym samym roku, po takim samym okresie stagnacji, ale w obiekcie zamieszkiwanym przez czteroosobową rodzinę. Stężenie poszczególnych składników, w szczególności żelaza, ołowiu oraz cynku we wszystkich próbkach jest jednak wyższe w skali całej doby. W przypadku żelaza i ołowiu, obserwowane stężenie w wodach pobieranych po okresie stagnacji przekracza wartości dopuszczalne rozporządzeniem Ministra Zdrowia (szczególnie obowiązujące od roku 2013).



Dane literaturowe wskazują na możliwość lugowania i przedostawania się do wody niebezpiecznych dla zdrowia metali, takich jak arsen, ołów, kadm i nikiel, a także żelazo i mangan, również w wodach u konsumentów w południowej części Krakowa (Górski, Siepak 2011; Postawa, Witczak, red. 2011). Badania przeprowadzone przez autorów pracy potwierdzają możliwość wzbogacania wód pobieranych z zaworu czerpalnego (po przejściu przez sieć wodociagową) w żelazo i ołów oraz dodatkowo glin i cynk. W przypadku pozostałych oznaczanych składników nie obserwuje się wzrostu ich stężenia w wodach po okresie stagnacji.

### **Podsumowanie i wnioski**

Możliwość wzbogacania wody w wyniku stagnacji w sieci wodociagowej była przedmiotem rozważań wielu prac. Jednak każda kolejna analiza jakości wody pobieranej z zaworem czerpalnym z sieci, dostarcza nowych danych i może przyczynić się do tworzenia całościowego obrazu problemu. Wyniki prezentowanej pracy stanowią element wzbogacający stan wiedzy o jakość wody pobieranej z rzeki Raba, a następnie dostarczanej konsumentom.

Generalnie jakość wody pobieranej w przedmiotowych punktach czerpalnych, zlokalizowanych na południowych obrzeżach Krakowa, mieści się w granicach dopuszczonych rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz.U. z 2010 nr 72, poz. 466; Dz.U. z 2007 nr 61 poz. 417). Jednak po okresie stagnacji, kilkudniowej lub nawet kilkugodzinnej, obserwuje się chwilowy ponadnormatywny wzrost stężenia żelaza oraz ołowiu i glinu, który w czasie eksploatacji wody ulega obniżeniu.

Zgodnie z danymi MPWiK w Krakowie, prowadzone stałe badania składu fizykochemicznego wody rzeki Raba włączanej do sieci wodociagowej, nie wykazały przekroczenia stężeń dopuszczalnych poszczególnych składników (tab. 1). Przeprowadzone badania pozwalają na przypuszczenie, że wzrost zawartości w wodzie pobieranej przez konsumentów może być wynikiem wzbogacania w poszczególne elementy w wyniku jej przebywania w sieci wodociagowej. Istotnym czynnikiem kształtującym charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów może być zatem czas przebywania wody w sieci wodociagowej oraz materiał, z którego poszczególne instalacje zostały wykonane.

### **Literatura**

- Górski J., Siepak M., 2011 – Metale i substancje towarzyszące w wodzie do picia u konsumentów w Poznaniu. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego nr 445, s. 139–148.  
<http://oki.krakow.rzgw.gov.pl> – Osrodek Koordynacyjno-Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie.  
<http://www.mpwik.krakow.pl> – Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka Akcyjna w Krakowie.  
Kowal A.L., 1997 – Ochrona sieci wodociagowej przed korozją i zarastaniem. Ochrona Środowiska, nr 4(67), s. 3–6.  
Paszkievicz M., 2009 – Rozprawa doktorska „Metodyka gospodarowania zasobami wód podziemnych z uwzględnieniem ich jakości na przykładzie zlewni Raby”. Kraków, AGH (praca niepublikowana).

- Postawa i in. 2008 – Postawa A., Sekuła-Skotnicka E., Witczak S., 2008 – Selected methodological problems in tap survey in Krakow water supply area. [W:] Metals and related substances in drinking water, 2rd Conf., 50–60, Lisbon, Portugal.
- Postawa A., Witczak S., (red.), 2011 – Metale i substancje towarzyszące w wodach przeznaczonych do spożycia w Polsce. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków, s. 363.
- Punzet J., 1969 – Charakterystyka hydrologiczna rzeki Raby. Acta Hydrobiologica t. XI, z. 4, Kraków, 423–477.
- Raport roczny 2008, Kraków, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka Akcyjna w Krakowie, 2009.
- Raport roczny 2009, Kraków, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka Akcyjna w Krakowie, 2010.
- Raport roczny 2010, Kraków, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka Akcyjna w Krakowie, 2011.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 61, poz. 417 z roku 2007).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 72, poz. 466 z roku 2010).
- Staszczak J., 2010 – Sezonowe i dobowe zmiany składu chemicznego wód przeznaczonych do spożycia w Krakowie. Kraków, AGH (praca niepublikowana).
- Szczeptańska J., Kmiecik E., 1998 – Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych. Kraków, Wydawnictwo AGH, ISBN ISSN0239-6114-A.
- Świątczak i in. 2008 – Świątczak J., Skotak K., Bratkowski J., Postawa A., 2008 – Metale i substancje towarzyszące w wodach przeznaczonych do spożycia w Polsce. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód (red. M.M. Sozański i in.), 289–301.
- Witczak S., Adamczyk A., 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oczyszczania. Tom I, II, Warszawa, PIOŚ.
- Żaba T., 2009 – Wodociąg krakowski pełne i niezawodne źródło zaopatrzenia w wodę. „Woda i My” nr 4, s. 40–41.