

Maria Świdarska-Bróż, Małgorzata Wolska

## Wpływ nierównomierności rozbioru wody wodociągowej na zmianę jej jakości

Niepożądane zmiany jakości wody wodociągowej podczas jej transportu do odbiorców stwierdzone są przede wszystkim w systemach dystrybucji wykonanych z rurociągów metalowych, charakteryzujących się niewłaściwym stanem technicznym i sanitarnym, w których zdeponowane są osady chemiczne (głównie produkty korozji) i rozwija się tzw. biofilm. Osady chemiczne, jak również biologiczne, stanowią źródło zanieczyszczenia wtórnego, a zasadniczą przyczyną ich powstawania jest brak stabilności chemicznej i biologicznej wody wprowadzanej do sieci wodociągowej [1–7]. O intensywności gromadzenia się osadów na wewnętrznych powierzchniach przewodów wodociągowych w istotnym stopniu współdecyduje prędkość przepływu wody. Zbyt mała prędkość przepływu wody lub jej stagnacja sprzyjają sedymentacji cząstek stałych i kumulacji produktów korozji w przewodach wodociągowych oraz rozwojowi biofilmu, a tym samym korozji biologicznej i rozpuszczaniu osadów. Takie warunki zwykle panują w końcówkach sieci wodociągowej, a także w przewymiarowanych systemach wodociągowych.

Duża i stała prędkość przepływu wody w sieci zapobiega gromadzeniu się w niej osadów. Gwałtowny i zbyt duży wzrost prędkości przepływu wody powoduje natomiast wypłukiwanie i uruchamianie zanieczyszczeń zdeponowanych w osadach, w konsekwencji czego poziom wtórnego zanieczyszczenia wody jest największy podczas dużych (chwilowych) jej rozbiorów oraz po włączeniu przewodów wodociągowych do eksploatacji po przerwach w dostawie wody [8–13].

Celem badań przedstawionych w niniejszym artykule było określenie wpływu nierównomierności rozbioru na zmianę wartości wybranych wskaźników składu fizyczno-chemicznego wody wodociągowej.

### Przedmiot badań

Przedmiotem badań były próbki wody wodociągowej pobrane w zakładzie oczyszczania wody powierzchniowej w miejscu jej wprowadzania do sieci wodociągowej oraz z zaworu czerpalnego odległego od zakładu o 15,8 km. Przewód rozdzielczy i przyłącze w analizowanej części sieci wodociągowej wykonane są z żeliwa, natomiast instalacja – z żeliwa ocynkowanego. Wodę pobierano z zaworu czerpalnego w budynku użyteczności publicznej, w którym największa liczba osób przebywała w godzinach 8.00–15.00. Próbkę wody

pobrano w ciągu czterech dni (zawsze w piątek), sześciokrotnie każdego dnia (zawsze o tych samych godzinach). Pierwszy pobór wody miał miejsce o godz. 7.00 (po nocnej stagnacji wody), a ostatni o godz. 19.00 (po godzinach pracy). Na podstawie odczytów wodomierza, dokonanych przed każdym poborem wody oraz o godz. 19.00 dnia poprzedzającego badania, obliczono ilość wody zużytej pomiędzy kolejnymi poborami próbek. Określone w ten sposób zużycie wody było podstawą do wyznaczenia uśrednionych wartości natężenia przepływu w przyjętych przedziałach czasu pomiędzy kolejnymi poborami próbek wody, tj. 2,0 godz., 2,5 godz. i 12 godz. Próbkę wody każdorazowo pobrano po jej 5-minutowym spuszczeniu przy maksymalnie otwartym zaworze czerpalnym [14], a wskaźniki składu fizyczno-chemicznego wody oznaczano zgodnie z obowiązującymi w Polsce PN.

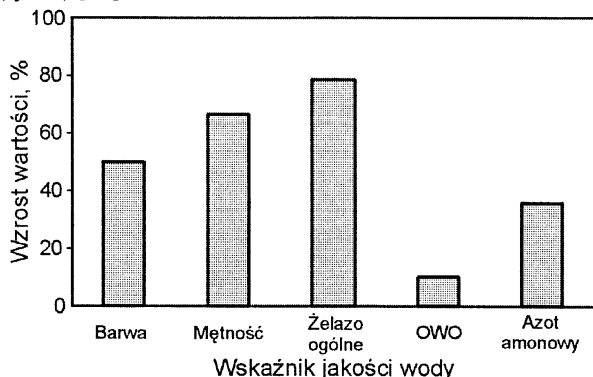
### Omówienie wyników badań

Skład fizyczno-chemiczny wody pobranej o różnych godzinach charakteryzował się znaczną zmiennością, o czym świadczą zakresy wartości wybranych wskaźników jakości wody zebrane w tabeli 1. Analiza wyników badań wykazała, że wszystkie próbki wody miały większą mętność, intensywność barwy oraz zawartość żelaza i azotu amonowego niż woda pobrana w zakładzie wodociągowym oraz zawierały mniejszą niż wymagana zawartość chloru wolnego (tab. 1). Zmiany wartości pozostałych wskaźników jakości wody były małe i w większości wypadków mieściły się w granicach błędów analizy.

Tabela 1. Zakresy wartości wybranych wskaźników jakości wody

| Wskaźnik, jednostka   | Zakład oczyszczania wody | Zawór czerpalny |
|---|--------------------------|-----------------|
| pH,–  | 7,5÷7,7                  | 7,2÷7,8         |
| Barwa, gPt/m <sup>3</sup>                                   | 2÷3                      | 6÷10            |
| Mętność, NTU  | 0,2÷0,3                  | 0,8÷1,6         |
| Ogólny węgiel organiczny, gC/m <sup>3</sup>                 | 2,57÷4,67                | 2,99÷5,10       |
| Azot amonowy, gN/m <sup>3</sup>                             | 0,05÷0,13                | 0,06÷0,25       |
| Chlor wolny, gCl <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>               | 0,72÷0,94                | 0,00÷0,08       |
| Żelazo ogólne, gFe/m <sup>3</sup>                           | 0,01÷0,02                | 0,09÷0,42       |
| Żelazo nierozpuszczone, gFe/m <sup>3</sup>                  | –                        | 0,05÷0,38       |
| Przewodność właściwa, μS/cm                                 | 553÷693                  | 599÷731         |
| Dwutlenek węgla agresywny, gCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | 0,0                      | 0,01÷3,2        |
| Zasadowość ogólna, val/m <sup>3</sup>                       | 3,0÷3,1                  | 2,8÷3,4         |
| Twardość ogólna, gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>         | 285÷306                  | 254÷321         |

Poziom wtórnego zanieczyszczenia wody wodociągowej najczęściej zależał od jej rozbioru. Prawidłowość ta nie dotyczyła jedynie próbek wody pobranych o godz. 7.00, których jakość była gorsza, niż wynikałoby to z rozbioru wody ( $Q_{sr}=0,83 \text{ dm}^3/\text{h}$ ) w okresie poprzedzającym ich pobór. Przyczyną zanieczyszczenia tych próbek była nocna stagnacja wody w instalacji wodociągowej. Świadczył o tym również wzrost średnich wartości wskaźników jakości wody w wyniku jej stagnacji, pobranej z sześciu innych zaworów czerpalnych, zlokalizowanych w analizowanym systemie dystrybucji (rys. 1) [15].



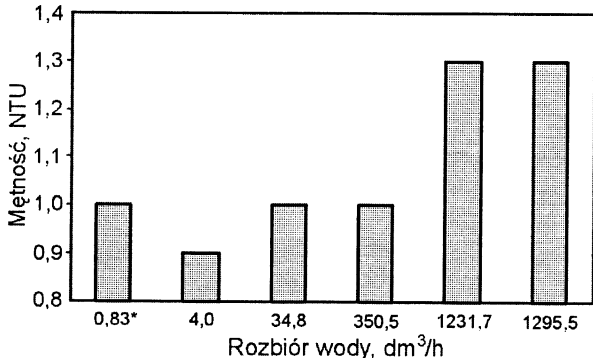
Rys. 1. Wzrost średnich wartości wskaźników jakości wody w wyniku jej stagnacji w instalacji wodociągowej [13]

Jakość wszystkich próbek wody pobranych o godz. 12.00, tj. w okresie największego jej rozbioru, z uwagi na mętność i zawartość żelaza ogólnego, nie odpowiadała wymaganiom stawianym wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi (tab. 2).

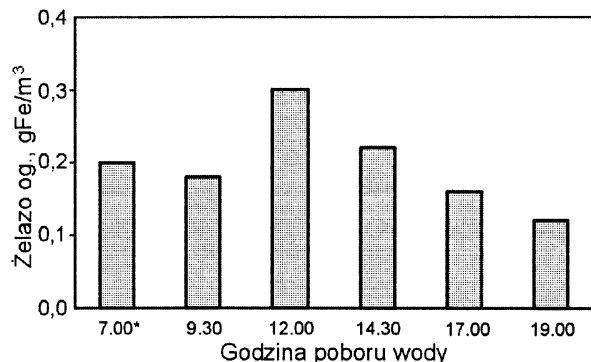
Tabela 2. Odsetek próbek niespełniających wymagań stawianych wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi

| Wskaźnik, jednostka               | Godzina poboru |      |       |       |       |       |
|-----------------------------------|----------------|------|-------|-------|-------|-------|
|                                   | 7.00           | 9.30 | 12.00 | 14.30 | 17.00 | 19.00 |
| Mętność, NTU                      | 25             | 25   | 100   | 100   | 25    | 25    |
| Żelazo ogólne, gFe/m <sup>3</sup> | 25             | 25   | 100   | 50    | 0     | 0     |

Z analizy wpływu uśrednionego rozbioru wody na jej średnią mętność wynika, że nierównomierność rozbioru wody współdecydowała o zawartości w niej zawiesin i zanieczyszczeń koloidalnych (rys. 2). Taką samą prawidłowość stwierdzono dla żelaza ogólnego, którego średnia zawartość była największa w próbkach wody pobranych o godz. 12.00 i 14.30 (rys. 3).



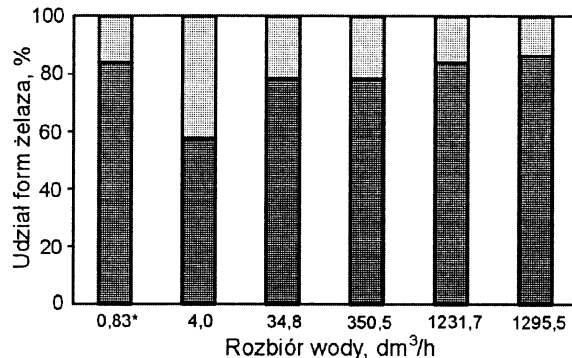
Rys. 2. Wpływ uśrednionego rozbioru wody na jej średnią mętność (\*próbka pobrana po nocnej stagnacji)



Rys. 3. Zmiana średniej zawartości żelaza ogólnego w wodzie (\*próbka pobrana po nocnej stagnacji)

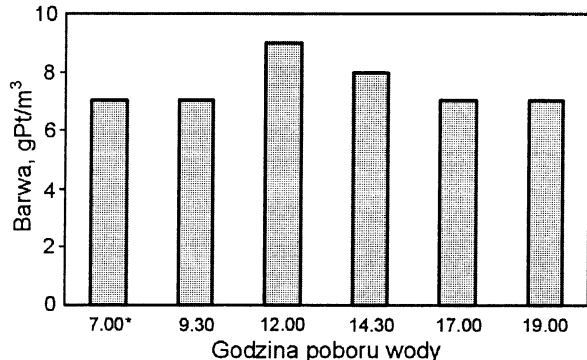
We wszystkich próbkach wody zawartość żelaza nierozpuszczonego była zdecydowanie większa niż rozpuszczonego (tab. 1) co wskazuje, iż woda wodociągowa uległa zanieczyszczeniu produktami korozji żeliwa występującymi w postaci zawiesin i koloidów.

Porównanie średnich udziałów żelaza rozpuszczonego i nierozpuszczonego w zawartości żelaza ogólnego wskazuje, iż zarówno stagnacja wody jak i jej zwiększony pobór intensyfikowały uwalnianie nierozpuszczonych produktów korozji żeliwa oraz mętność wody (rys. 4). Współzależność między mętnością wody i zawartością nierozpuszczonych związków żelaza potwierdza również regresji liniowej ( $M=2,1962\text{Fe}_{\text{nrz}}+0,7841$ ;  $R=0,73$ ;  $n=16$ ;  $p>99,9\%$ ).



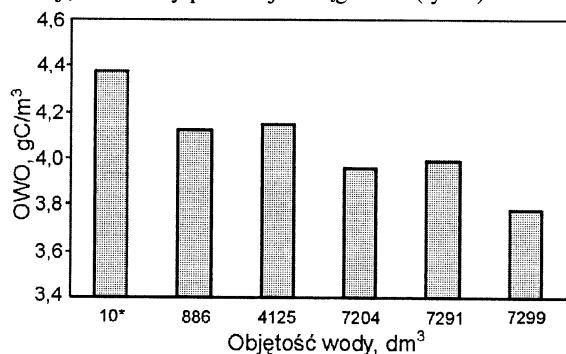
Rys. 4. Wpływ uśrednionego rozbioru wody na średni udział żelaza nierozpuszczonego (słupki ciemniejsze) i rozpuszczonego (słupki jaśniejsze) w całkowitej zawartości żelaza ogólnego w wodzie (\*próbka pobrana po nocnej stagnacji)

Nierównomierność rozbioru wody wpływała również – chociaż w mniejszym stopniu – na intensywność barwy wody, przy czym jej średnia wartość była także największa w próbkach pobranych o godz. 12.00 (rys. 5).



Rys. 5. Zmiana średniej intensywności barwy wody (\*próbka pobrana po nocnej stagnacji)

Jednocześnie nie stwierdzono jednoznacznego wpływu rozbioru wody na poziom zanieczyszczenia organicznego badanych próbek, a średnia zawartość OWO zmniejszała się wraz ze wzrostem objętości wody pobranej w ciągu dnia (rys. 6).



Rys. 6. Wpływ objętości pobranej wody na zmianę średniej zawartości ogólnego węgla organicznego w wodzie (\*próbka pobrana po nocnej stagnacji)

Największą zawartość ogólnego węgla organicznego stwierdzono w próbkach pobranych po nocnej stagnacji wody w instalacji wodociągowej. Wydłużony czas kontaktu wody z osadami znajdującymi się na wewnętrznej powierzchni przewodów wodociągowych stworzył dogodny warunki do uwalniania składników osadów do wody, w tym także substancji organicznych, przy czym nie stwierdzono jednoznacznego wpływu nierównomierności rozbioru wody na zawartość w niej azotu amonowego.

## Wnioski

◆ Przeprowadzone badania wykazały, że w analizowanym systemie dystrybucji woda wodociągowa uległa wtórnemu zanieczyszczeniu.

◆ Zarówno stagnacja wody, jak i nierównomierność jej rozbioru, a tym samym zmiana prędkości przepływu wody, współdecydowały o poziomie zanieczyszczenia wody dostarczonej odbiorcom.

◆ W warunkach zwiększonego poboru wody z przewodów wodociągowych wyplukiwane były zanieczyszczenia, głównie nierozpuszczone produkty korozji żeliwa, powodujące wzrost zawartości związków żelaza oraz mętności i w mniejszym stopniu intensywności barwy wody.

◆ Nierównomierność rozbioru wody nie wpłynęła w sposób jednoznaczny na poziom zanieczyszczenia wody związkami organicznymi, a także na zmianę zawartości azotu amonowego oraz wartości pozostałych wskaźników jakości wody wodociągowej.

## LITERATURA

1. L. S. MCNEILL, M. EDWARDS: Iron pipe corrosion in distribution systems. *Journal AWWA*, 2001, No. 7, pp. 88–99.
2. P. NIQUETTE *et al.*: Bacterial dynamics in the drinking water distribution system of Brussels. *Water Research*, 2001, No. 3, pp. 675–682.
3. M. W. LECHEVALLIER *et al.*: Examining the relationship between iron corrosion and the disinfection of biofilm bacteria. *Journal AWWA*, 1993, No. 7, pp. 111–123.
4. D. VAN DER KOOIJ: Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. *Journal AWWA*, 1992, No. 2, pp. 57–65.
5. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Skutki braku stabilności wody wodociągowej. *Ochrona Środowiska*, 2003, nr 4, ss. 7–12.
6. A. L. KOWAL: Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych. *Ochrona Środowiska*, 2003, nr 4, ss. 3–6.
7. K. OLAŃCZUK-NEYMAN: Mikroorganizmy w ukształtowaniu jakości i uzdatnianiu wód podziemnych. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2001.*
8. K. KUŚ, P. GRAJPER, G. ŚCIERANKA i in.: Wpływ spadku zużycia wody w miastach zaopatrywanych przez wodociąg grupy GPW w Katowicach na jakość wody w systemie dystrybucji. *Ochrona Środowiska*, 2003, nr 3, ss. 29–34.
9. Z. SIWOŃ, J. CIEŻAK, S. BOGACZEWICZ: Analiza hydraulicznej oporności eksploatowanych przewodów tłocznych i przesyłowych. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, PZITS, Poznań 1998, ss. 321–328.*
10. M. W. LECHEVALLIER: Coliform regrowth in drinking water. *Journal AWWA*, 1990, No. 11, pp. 74–85.
11. O. M. ZACHEOS, M. J. LAHTOLA, L. K. KORHONEN, P. J. MARTIKAINEN: Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. *Water Research*, 2001, No. 7, pp. 1757–1765.
12. M. PAWLACZYK-SZPIŁOWA: *Biologia i ekologia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.*
13. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ, M. WOLSKA: Wpływ przerw w dostawie wody wodociągowej na zmiany jej składu fizyczno-chemicznego. *Ochrona Środowiska*, 2003, nr 4, ss. 69–73.
14. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz. U. nr 203, poz. 1718, zał. nr 2.*
15. M. WOLSKA: Zmiany wybranych wskaźników jakości wody wodociągowej w systemie jej dystrybucji. *Praca doktorska, Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej nr SPR-20, Wrocław 2004 (praca nie publikowana).*

Świdarska-Bróż, M., Wolska, M. Tap Water Quality Variations Due to the Irregularity of Partition. *Ochrona Środowiska* 2004, Vol. 26, No. 4, pp. 21–23.

**Abstract:** The objective of the study was to analyze the problem of how the irregularity of water partition affects the physicochemical composition of the tap water. It was found that the rise in water consumption accounted for the deterioration of water quality in terms of colour, turbidity, and total iron

concentration. The increased partition of the water, as well as the resulting rise in flow velocity, washed away the pollutants from the internal surfaces of the pipes. Among the released pollutants, colloids and suspended solids were found to dominate, and that is why the water pollution level was proportional to the concentration of insoluble iron. The irregularity of partition had no effect whatsoever on the level of pollution by organic matter.

**Keywords:** Water supply system, tap water, recontamination.