

Kazimierz Bonetyński, Dariusz Kowalski, Kazimierz Stelmach

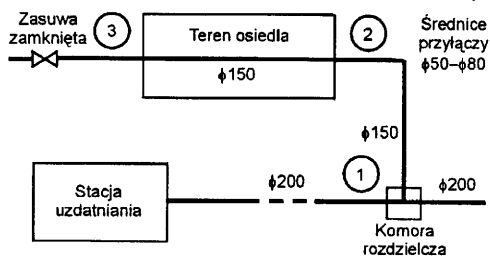
Skutki stosowania normy $0,5 \text{ gFe/m}^3$ w wodzie uzdatnionej na przykładzie wybranego wodociągu komunalnego

Woda do picia i na potrzeby gospodarcze musi spełniać wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 4 maja 1990 r. Pomimo przestrzegania warunków tego rozporządzenia w zakładach wodociągowych, wyniki analiz wody w punktach czerpalnych wykazują czasami znaczne przekroczenia wartości dopuszczalnych wskaźników zanieczyszczeń, a szczególnie związków żelaza [1–4]. Przyczyn tego stanu można upatrywać w korozyjności materiałowej rur [1,4,7], z których wykonano sieci i instalacje wodociągowe oraz wysokiej dopuszczalnej zawartości żelaza w wodzie do picia [5–7].

Celem niniejszego artykułu było przedstawienie skutków stosowania normy $0,5 \text{ gFe/m}^3$ w wodzie wodociągowej, pod kątem przekroczeń wartości tego wskaźnika w punktach czerpalnych. Zakres artykułu obejmuje analizę wpływu instalacji i sieci wodociągowej na wtórne zanieczyszczenie wody związkami żelaza.

Charakterystyka obiektu

Zasadniczą podstawę badań nad skutkami stosowania normy $0,5 \text{ gFe/m}^3$ w wodzie wodociągowej stanowiły instalacje w budynkach mieszkalnych jednego z nowych osiedli mieszkaniowych miasta powiatowego. Schemat ideowy zaopatrywania w wodę budynków badanego osiedla przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat rozpatrywanego wodociągu komunalnego

Pogorszenie parametrów jakościowych wody wodociągowej stwierdzono w osiedlu składającym się z 9 budynków mieszkalnych 5-kondygnacyjnych. Liczba mieszkańców osiedla wynosi około 1300. Budynki podłączone zostały do przewodu rozdzielczego sieci wodociągowej stalowymi przyłączami z rur o średnicach 50+80 mm. Instalacje wodociągowe wykonano z rur stalowych ocynkowanych wg PN-74/H-74200, łączonych przy pomocy typowych łączników ocynkowanych, stanowiących 90% oraz nieocynkowanych, stanowiących 10% wszystkich łączników.

Instalacje znajdują się w użytkowaniu od 10 lat. Przewody sieci wodociągowej wykonano również z rur stalowych o średnicach 150+200 mm.

Niewłaściwa jakość czerpanej wody spowodowała skierowanie licznych skarg mieszkańców do władz spółdzielni i miasta. Zasadność skarg została potwierdzona badaniami przeprowadzonymi przez lokalną Stację Sanitarno-Epidemiologiczną. Badania te wykazały następujące średnie stężenia zanieczyszczeń w wodzie doprowadzanej do mieszkań: $\text{pH}=7,4$, twardość – $3,93 \text{ val/m}^3$, azot amonowy – $0,83 \text{ gN/m}^3$, żelazo ogólne – $1,62 \text{ gFe/m}^3$, mangan – $0,24 \text{ gMn/m}^3$. Stwierdzone stężenia maksymalne związków żelaza i manganu wynosiły nawet $21,2 \text{ gFe/m}^3$ i $0,32 \text{ gMn/m}^3$. Należy jednak dodać, że badaniami objęto – zgodnie ze skargami lokatorów – jedynie te budynki, w których występowało największe zanieczyszczenie wody wodociągowej.

Według wskazań wodomierzy ustalono, że średnie zapotrzebowanie na wodę dla każdego z rozpatrywanych budynków wynosiło: $Q_{dśr}=10,7 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{dmax}=13,9 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{hśr}=0,58 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{hmax}=1,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Analiza źródeł zanieczyszczeń wody

Przyczyn tak istotnego pogorszenia jakości wody dopatrywano się w silnej korozyjności instalacji w budynkach i sieci wodociągowej, a także w wytrącaniu związków żelaza i manganu z wody.

Korozyja instalacji

Wykonane obliczenia hydrauliczne dla analizowanych budynków wykazały, że prędkości przepływu wody wodociągowej w instalacjach, w godzinie największego rozbioru, wahały się w granicach $0,5+1,0 \text{ m/s}$. Prędkość wody w przyłączy $\phi 65$ wynosiła $0,09 \text{ m/s}$. Obliczona pojemność wodna instalacji wodociągowej wynosiła $0,28 \text{ m}^3$, a powierzchnia wewnętrzna – 35 m^2 . Wskaźnik wyrażający stosunek objętości wody w instalacji do powierzchni wewnętrznej przewodów wynosił $0,8\%$, co wskazuje na wyraźną dominację środowiska stałego nad wodnym. Na tej podstawie można sądzić, że większy wpływ na kształtowanie jakości wody wodociągowej mogą mieć osady znajdujące się na ściankach rur i w warstwie przyściennej, niż w samym środowisku wodnym.

Zgodnie z danymi literaturowymi [7,8], szybkość korozyjności wody wodociągowej, w warunkach rozpatrywanego obiektu, mogła wynosić dla cynku – $0,5 \text{ g/m}^2\text{d}$ i żelaza – $0,17 \text{ g/m}^2\text{d}$. Zakładając, że powierzchnia ocynkowana przewodów wynosi 90% , zaś stalowa (łączniki) 10% całej powierzchni, ilość produktów korozyjacji można ocenić następująco:

Dr inż. K. Bonetyński, dr inż. D. Kowalski: Politechnika Lubelska, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków, ul. Nadbystrzycka 40, 20–618 Lublin

Dr K. Stelmach: Politechnika Lubelska, Katedra Inżynierii i Ochrony Środowiska, ul. Nadbystrzycka 40, 20–618 Lublin

– cynk: $0,9\text{--}35\text{--}0,5=15,75$ gZn/d, co przy rozbiórce Q_{dmax} daje stężenie związków cynku około $1,13$ gZn/m³,

– żelazo: $0,1\text{--}35\text{--}0,17=0,60$ gFe/d, co przy rozbiórce Q_{dmax} daje stężenie związków żelaza około $0,04$ gFe/m³.

W obu wypadkach uzyskano wielkości stężeń mniejsze od dopuszczalnych ($5,0$ gZn/m³, $0,5$ gFe/m³). Zawartość cynku nie była oznaczana w badanych próbkach wody, stąd podaną wartość należy traktować jedynie orientacyjnie. Wyznaczone stężenie żelaza stanowi zaledwie 8% dopuszczalnej wartości tego wskaźnika.

W powyższej analizie nie uwzględniono produktów korozji w przewodach miejskiej sieci wodociągowej, jako wielkości trudnej do oszacowania. Na podstawie przedstawionych obliczeń wydaje się, że produkty korozji przewodów instalacyjnych nie mogą być w istotnej części odpowiedzialne za pogorszenie jakości wody doprowadzanej do odbiorców. Przedstawione wyjaśnienie nie tłumaczy również znaczących nierównomierności stężeń związków żelaza w wodzie rozpatrywanych budynków, jak również braku skarg z innych budynków osiedla.

Wytrącanie związków żelaza z wody wodociągowej

Zjawisko pogarszania się jakości wody stwierdzono niezależnie od wieku sieci, rodzaju materiału, z jakiego została wykonana, a także efektywności zastosowanej technologii uzdatniania wody. Cechą charakterystyczną tych systemów jest jednak przewymiarowanie sieci. Określenie to dotyczy przewodów, w których średnia prędkość przepływu wody w ciągu doby jest mniejsza od $0,5$ m/s [3].

Na podstawie danych literaturowych [1–8] i doświadczeń innych miast przyjęto, że żelazo wytrąca się z wody w czasie jej transportu ze stacji uzdatniania do rozpatrywanego osiedla i kumuluje się wraz z manganem w rurociągach w postaci osadów. Kumulacja osadów jest szczególnie intensywna w okresach zmniejszonych rozbiórów wody. Rozmywanie nagromadzonych osadów następuje w okresach wysokich rozbiórów wody, kiedy to osady mogą być transportowane do końcówek sieci. Hipoteza ta mogłaby tłumaczyć stwierdzony na podstawie badań fizyczno-chemicznych efekt znacznej nierównomierności stężeń związków żelaza w ciągu doby i w różnych punktach osiedla. Tłumaczy również obecność związków manganu w punktach czerpalnych rozpatrywanego osiedla.

Zgodnie z sugestiami literaturowymi sprawdzono średnie prędkości w przewodach sieciowych, uwzględniając zmienny rozkład zapotrzebowania na wodę w wodociągach komunalnych, wyróżniono cztery charakterystyczne okresy doby o zróżnicowanym (%) zużyciu wody w wielokondygnacyjnych budynkach mieszkalnych:

- I: godz. 23.00+6.00 – 4,6%,
- II: 6.00+9.00 – 22,6%,
- III: 9.00+15.00 – 20,8%,
- IV: 15.00+23.00 – 54,0%.

Z punktu widzenia wytrącania związków żelaza z wody, kumulacji i rozmywania złożeń osadów związków żelaza, za istotne przyjęto dwa okresy – III, o przepływie zbliżonym do $Q_{h\text{sr}}$ i IV, w którym występują przepływy zbliżone do $Q_{h\text{max}}$. Wyznaczone w tych okresach średnie prędkości przepływu wody w przewodach przedstawiały się następująco (oznaczenia jak na rys. 1):

- przewód tranzytowy $\phi 200$: niezależnie od okresu ponad $0,5$ m/s,
- przewód tranzytowy 1–2, $\phi 150$: okres III – $0,38$ m/s, okres IV – $0,68$ m/s,
- przewód rozdzielczy 2–3, $\phi 150$: okres III – $0,06+0,20$ m/s, okres IV – $0,11+0,36$ m/s,
- przyłącza wodociągowe $\phi 50+80$: okres III – $0,005+0,09$ m/s, okres IV – $0,009+0,016$ m/s,

Czasy retencji wody w przewodach przekraczały $1,75$ h dla okresu III i $1,0$ h dla okresu IV. Przy czasie retencji charakterystycznym dla okresu III, w wodzie napowietrzanej i transportowanej ze stacji uzdatniania może wytrącić się w znacznym stopniu żelazo. Badania porównawcze stężeń żelaza przeprowadzone tuż za stacją wodociągową i w komorze rozdzielczej (pkt. 1 na rys. 1) wykazały wzrost stężeń związków żelaza od $0,35$ do $0,545$ gFe/m³.

Jak wykazano, wytrącające się osady nie powinny akumulować się w przewodzie tranzytowym $\phi 200$, ze względu na zbyt dużą prędkość i zachowanie ruchu burzliwego. Są one zatem transportowane do dalszych części sieci, w rozważanym wypadku do odbiorców wody, którzy złożyli skargi.

Porównanie przedstawionych wyników analiz zmian prędkości przepływu wody na trasie zasilania z dokonaną analizą jakościową próbek wody u rozpatrywanych odbiorców pozwoliło na wyszczególnienie trzech podstawowych sytuacji kształtujących skład wody u odbiorców, które przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość związków żelaza w wodzie w zależności od warunków hydraulicznych panujących w sieci wodociągowej

Warunki panujące w sieci wodociągowej	Zawartość związków żelaza w wodzie
Przepływ minimalny w godz. 23.00–6.00 (okres I): sedimentacja maksymalna, na całej trasie zasilania, rozmywanie osadów w czasie przepływu maks. w godz. 6.00–9.00	Stężenia żelaza we wszystkich punktach poboru minimalne, na poziomie $0,25\text{--}0,35$ gFe/m ³
Przepływ średni w godz. 9.00–15.00 (okres III): sedimentacja i gromadzenie złożeń osadów w przewodzie 150 mm i w przyłączach	Stężenie żelaza w punktach poboru od minimalnego $0,25$ gFe/m ³ do średniego $0,60$ gFe/m ³ , sporadycznie wyższe w niektórych punktach
Przepływ maksymalny w godz. 15.00–23.00 (okres IV): rozmywanie wcześniej nagromadzonych osadów, szczególnie w końcowych fragmentach sieci	Stężenia żelaza w punktach poboru maksymalne, od $0,6$ gFe/m ³ do $1,2$ gFe/m ³ i wyższe, często krótkotrwałe, szczególnie w budynkach przyłączonych do końcowego fragmentu sieci

Wnioski

♦ Stwierdzone na podstawie badań fizyczno-chemicznych podwyższone stężenia żelaza w wodzie wodociągowej w niektórych punktach czerpalnych w rozpatrywanym osiedlu nie mogą być skutkiem korozji przewodów miejskiej sieci wodociągowej, ani też instalacji wewnętrznej budynków. Korozja ta może powodować wzrost rozpatrywanego stężenia co najwyżej na poziomie $0,1$ gFe/m³.

♦ Udokumentowane analitycznie znaczne zróżnicowanie stężeń związków żelaza w próbkach pobieranych w różnych punktach czerpalnych i o różnych godzinach jest wynikiem

wytrącania i odkładania, a następnie rozmywania osadów we wszystkich przewodach rozpatrywanego systemu wodociągowego.

♦ Decydujący wpływ na ilość odłożonych osadów ma liniowa prędkość przepływu wody. Prędkość poniżej 0,1 m/s w przyłączach i końcówkach sieci powoduje, że największe ilości osadów właśnie tam się gromadzą. W obsługiwanych przez nie budynkach pojawiają się najwyższe stężenia żelaza w czerpanej wodzie.

♦ Należy podkreślić, że w związku z wprowadzeniem opomiarowania wody u indywidualnych odbiorców w budynkach mieszkalnych, we wszystkich systemach wodociągowych obserwuje się znaczące zmniejszenie zużycia wody, znacznie poniżej zakładanego w projektach poziomu (w badanym osiedlu zużycie wody spadło do 40 dm³/M·d. Zasygnalizowany w niniejszym artykule problem pogarszania się jakości wody wewnątrz systemu wodociągowego, w świetle dokonanych analiz, będzie zatem narastać.

♦ W warunkach przewymiarowanej sieci wodociągowej, jak to ma miejsce w rozpatrywanym wodociągu komunalnym, stosowane dotychczas płukanie sieci nie wystarczy. Związki żelaza powinny być usuwane z ujmowanej i uzdatnianej wody w stopniu znacznie większym, niż wymagają tego obecnie obowiązujące normatywy.

LITERATURA

1. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Przyczyny i skutki braku równowagi węglanowo-wapniowej w wodzie wodociągowej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1998, nr 12.
2. B. KROGULSKA, J. MALESZEWSKA, B. WICHROWSKA, D. ŻYCIŃSKI: Jakość wody do picia przesyłanej rurociągami z tworzyw sztucznych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1994, nr 7.
3. M. KULBIK: Ochrona jakości wody w sieci wodociągowej przez wymuszenie ukierunkowanego przepływu. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1998, nr 10.
4. Z. HAŁUPKA, S. SOSNOWSKI: Ochrona jakości wody w sieci wodociągowej w instalacjach. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1997, nr 12.
5. J. DEMBIŃSKA: Ocena agresywności korozyjnej wód wodociągowych w stosunku do materiałów instalacyjnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1993, nr 11.
6. M. CZARNOWSKA: Agresywność korozyjna wód wodociągowych w niektórych miastach Polski, w odniesieniu do istniejących materiałów instalacyjnych. *Informacja Instal*, 1996, nr 5.
7. A. GÓRECKI: Zasady łączenia materiałów w instalacjach wodociągowych. *Informacja INSTAL*, 1998, nr 11.
8. E. HERRE: Ochrona przed korozją instalacji sanitarnych. *Arkady*, Warszawa 1972.

On the Inadequacy of the Iron Concentration Standard for Potable Water Included in the Ministry of Health and Social Care Directive

In Poland, the quality parameters of potable and municipal water must comply with the Directive of May 4, 1990 issued by the Ministry of Health and Social Care. Although relevant regulations are met, analysis of tap water quality at draw-off points often reveals episodes of considerably exceeded admissible concentration values, especially those of iron compounds. This phenomenon should be attributed to the corrosive power of the material of which the pipes have been made, as well as to the high admissible concentration value for iron content in treated water. The objective of the study reported in this paper was to examine the contribution of fittings, pipes and pipelines

to the recontamination of the tap water by iron compounds on the example of a municipal pipeline of choice. The authors estimated the quantity of iron compounds coming from the corrosion of fittings, pipes and water network, as well as analyzed the hydraulic loading of the housing-estate and transit pipelines. Consideration was also given to the problem of non-uniform distribution of iron compound concentrations at the chosen points of the water-pipe network under study. Determined were the factors contributing to the occurrence of exceeded iron compound concentrations at the draw-off points. The authors suggested a number of preventive measures.