

Henryk Dera

## Możliwości obniżenia korozyjności wody z ujęć infiltracyjnych na przykładzie Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Oświęcimiu

Woda wodociągowa powinna spełniać między innymi warunek stabilności chemicznej, tzn. nie powinna wytrącać ani rozpuszczać osadów oraz wykazywać agresywności korozyjnej wobec metali i betonu [1,2]. Warunek ten spełniają wody, w których jest zachowana równowaga węglanowo-wapniowa. Bardzo istotnym problemem dla wodociągów są niestabilne wody uzdatnione, które powodują korozję i wtórne zanieczyszczenie wody w sieciach wodociągowych i instalacjach domowych [3–5]. Obowiązujące przepisy sanitarne, określające warunki, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, nie wymagają spełnienia warunku stabilności wody. Określony jest tylko zakres twardości ogólnej wody  $60+500 \text{ gCaCO}_3/\text{m}^3$  oraz  $\text{pH}=6,5+9,5$ . Nie określono również innych parametrów mających wpływ na korozyjność wody, w szczególności stężeń agresywnego dwutlenku węgla i tlenu rozpuszczonego.

Najczęściej problemy związane z korozją stwarzają wody miękkie o twardości poniżej  $125 \text{ gCaCO}_3/\text{m}^3$  oraz  $\text{pH}<7$ . Z wielu badań wynika, że wody w potokach i rzekach górskich w rejonie Karpat, Beskidów i Sudetów mają cechy wód miękkich. Wody z ujęć powierzchniowych i infiltracyjnych w tych rejonach mają charakter wód miękkich, o kwasowym odczynie, czego przykładem może być ujęcie wody infiltracyjnej z Soły w Oświęcimiu [6].

### Jakość wody surowej i uzdatnionej

Zaopatrzenie w wodę miasta i gminy Oświęcim odbywa się z dwóch stacji wodociągowych, tj. „Zaborze” i „Zasole” oraz stacji Górnosląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów „Go-Cza” w Czańcu, poprzez magistralę wodociągową „Krak”. Obecnie do sieci wodociągowej Oświęcimia, o długości 475 km, dostarcza się wodę w ilości około 12 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$  w celu zaopatrzenia 65 tys. mieszkańców.

Ujęcie „Zaborze” składa się z 11 studni wierconych o głębokości 10+27 m i łącznej wydajności 7,5 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$ . Warstwę wodonośną stanowią czwartorzędowe żwiry piaszczyste. Poziom wodonośny ujęcia jest zasilany wodami powierzchniowymi Wisły i Soły na drodze infiltracji. Ujmowane wody charakteryzują się nadmierną zawartością związków żelaza ( $4+8 \text{ gFe}/\text{m}^3$ ), manganu ( $0,55+0,80 \text{ gMn}/\text{m}^3$ ), agresywnego dwutlenku węgla ( $40+48 \text{ gCO}_2/\text{m}^3$ ), siarkowodoru ( $1,0+1,3 \text{ gH}_2\text{S}/\text{m}^3$ ), a także niską twardością ogólną ( $165+255 \text{ gCaCO}_3/\text{m}^3$ ) i pH w granicach 6,7+7,3. Usuwanie z wody związków żelaza i manganu, agresywnego dwutlenku węgla i siarkowodoru odbywa się w procesach napowietrzania, sedymentacji i filtracji

pospiesznej na złożach piaszkowych w komorach otwartych. Woda uzdatniona, po dezynfekcji promieniami UV (od 1995 r.), odpowiada warunkom określonym w obecnych przepisach sanitarnych [7]. Woda uzdatniona w stacji „Zaborze” nie stanowi zagrożenia korozyjnego dla stali ocynkowej, nierdzewnej, żeliwa oraz miedzi. Wykazuje nieznaczne podwyższenie właściwości korozyjnych wobec stali zwykłej. W sieciach wodociągowych i w instalacjach domowych, zasilanych bezpośrednio wodą ze stacji „Zaborze”, nie występują problemy z wtórnym zanieczyszczeniem wody.

Stacja wodociągowa „Zasole” ujmuje wody infiltracyjne z Soły. Ujęcie składa się z 13 studni kopano-wierconych o głębokości 10+13 m, zlokalizowanych na lewym brzegu Soły w korycie wielkiej wody. Pod względem hydrogeologicznym rejon ujęcia ma jeden poziom wód w obrębie utworów czwartorzędowych o miąższości 5+7 m. W warstwie wodonośnej występują żwiry z otoczkami i piaskami z wkładkami z ilów piaszczystych. Podłoże nieprzepuszczalne stanowią iły mioceńskie. Ujmowana woda infiltracyjna wykazuje dużą zmienność składu chemicznego i bakteriologicznego, uzależnioną od poziomu i przepływu wody w Sole (śr. ok.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , min.  $4+5 \text{ m}^3/\text{s}$ , maks.  $500+1200 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Projektowana wydajność ujęcia wynosiła  $100 \text{ dm}^3/\text{s}=8640 \text{ m}^3/\text{d}$  (śr. 7 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$ , min. 5 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$ , maks. 10 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$ ). Przy wysokich stanach wody w Sole i przepływach około  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  poszczególne studnie zostają wyłączone z eksploatacji, a przy przepływie do  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  ujęcie zostaje całkowicie wyłączone ze względu na bardzo wysoki poziom barwy, mętności i stężenia zawiesin w wodzie. Ujęcie „Zasole” eksploatowane jest od roku 1963. Proces uzdatniania wody ogranicza się do filtracji pospiesznej oraz dezynfekcji dwutlenkiem chloru (od 1994 r.) [8]. Skład wody surowej i uzdatnionej w stacji „Zasole” przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład wody w stacji wodociągowej „Zasole” (lata 1995–1998, przed zastosowaniem inhibitora)

Parametr, jednostka	Woda surowa		Woda uzdatniona	
	min.	maks.	min.	maks.
Temperatura, °C	7	12	8	14
pH,–	6,20	7,20	6,30	7,40
Barwa, gPt/m <sup>3</sup>	1	10	0	7,0
Mętność, g/m <sup>3</sup>	1	25	1	10
Zapach,–	z1R	z2R	z1S	z2S
Azot amonowy, gN/m <sup>3</sup>	0,02	0,06	0,02	0,04
Azot azotanowy, gN/m <sup>3</sup>	2,10	3,50	2,00	3,30
Azot azotynowy, gN/m <sup>3</sup>	0,001	0,003	0,001	0,002
Chlorki, gCl/m <sup>3</sup>	21,0	35,0	20,00	27,00
Utleniałość, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1,50	2,60	1,40	2,10
Żelazo ogólne, gFe/m <sup>3</sup>	0,00	0,15	0,01	0,15
Mangan, gMn/m <sup>3</sup>	0,01	0,02	0,01	0,016
Twardość og., gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	70	115	70	95
Dwutlenek chloru, gClO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	–	–	0,15	0,25

Woda surowa i uzdatniona w stacji „Zasole” ma cechy wody miękkiej, niestabilnej chemicznie, korozyjnej, powodującej wtórne zanieczyszczenie wody w sieci i instalacjach domowych z powodu rozpuszczania osadów i produktów korozji. Na stan ten zasadniczy wpływ mają niska twardość ogólna wody  $125+170 \text{ gCaCO}_3/\text{m}^3$ ,  $\text{pH}=6,2+7,4$  oraz agresywny dwutlenek węgla w ilości  $6,2 \text{ gCO}_2/\text{m}^3$ .

Z tych powodów już w latach 80. pojawił się problem tzw. brunatnej wody w sieci wodociągowej i w instalacjach domowych oraz korozji i zarastania rur w instalacjach domowych u odbiorców w budynkach zlokalizowanych w terenach wiejskich (wsie Brzezinka, Babice i Broszkowice), oddalonych od stacji uzdatniania „Zasole” o 3+6 km. Sieć wodociągowa na tych terenach, o długości około 55 km, wykonana jest z rur żeliwnych, stalowych ocynkowanych, azbestocementowych i z PCW o średnicach 150 mm, 100 mm, 80 mm i 50 mm. Problem tzw. brunatnej wody nasilił się po roku 1991, z powodu ogólnego zmniejszenia zużycia wody, szczególnie u odbiorców na terenach wiejskich, w wyniku podwyższenia cen wody. Prędkość przepływu wody w sieci zmalała, na skutek czego woda w sieciach i instalacjach zalegała przez dłuższy czas, powodując zwiększone odkładanie i rozpuszczanie osadów i produktów korozji.

Interwencje odbiorców wody zmusiły służby przedsiębiorstwa wodociągów do bardzo częstych płukań sieci, co wiązało się z dodatkowymi kosztami i stratami wody. W latach 1993–1997 podjęto działania w zakresie wymiany najstarszych przyłączy domowych, wykonanych w latach 70. z rur ocynkowanych na rury PE oraz mechaniczne czyszczenie rurociągów żeliwnych o średnicach 100 mm i 80 mm. Te zabiegi i działania dały pewną poprawę jakości wody, lecz były kosztowne i uciążliwe. Problem „brunatnej” wody jednak pozostał. Barwa, mętność i zawartość związków żelaza były znacząco przekroczone w stosunku do wartości dopuszczalnych (tab.2).

Tabela 2. Skład wody ze stacji wodociągowej „Zasole” (próbki wody z sieci pobrane w punktach oddalonych od stacji 2,8-6,0 km, lata 1994–1997, przed zastosowaniem inhibitora)

Parametr, jednostka	Minimum	Maksimum	Średnio
Barwa, $\text{gPt}/\text{m}^3$	15	55	30
Mętność, $\text{g}/\text{m}^3$	5	25	15
Żelazo ogólne, $\text{gFe}/\text{m}^3$	0,5	2,6	0,8

## Możliwości obniżenia korozyjności wody

W 1994 roku Centralny Ośrodek Badawczo Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL w Warszawie przeprowadził prace badawcze określające agresywność wód wodociągowych w wybranych miastach wraz z oceną zagrożenia korozyjnego sieci i instalacji wodociągowych. W programie badań dokonano oceny korozyjności wód wodociągowych w Oświęcimiu, wykorzystując również wyniki laboratoryjne PWiK z okresu od maja 1993 r. do kwietnia 1994 r. Podstawą do oceny stopnia korozyjności wody była norma PN-72/C-04609, w zakresie Indeksu Langeliera, oraz norma niemiecka DIN 50930. W oparciu o wyniki tej oceny określono odporność materiału sieci i instalacji domowych na korozyjne działanie wód wodociągowych z trzech stacji wodociągowych zasilających sieć wodociągową w Oświęcimiu.

Wykazano, że woda ze stacji wodociągowej „Zaborze” nie stanowiła zagrożenia korozyjnego dla stali ocynkowanej, nierdzewnej i miedzi. Woda z magistrali „Krak” ze stacji „Go-Cza”

w Czańcu miała podwyższone właściwości korozyjne w stosunku do stali zwykłej i ocynkowanej, natomiast woda uzdatniona w stacji „Zasole” była bardzo korozyjna w stosunku do stali zwykłej i ocynkowanej. Okresowo była również nieznacznie korozyjna w stosunku do miedzi, ze względu na  $\text{pH} < 7$ . Powyższe oceny jakości wody przyczyniły się do poszukiwania sposobu zmiany lub poszerzenia technologii uzdatniania wody. Ostatecznie przyjęto rozwiązanie polegające na dawkowaniu do wody uzdatnionej w stacji „Zasole” inhibitorów korozji, dostępnych na rynku krajowym.

## Dobór inhibitora

Rozważono możliwość zastosowania dwóch preparatów o podobnym działaniu, tj. produktu amerykańskiej firmy Agua Smart o nazwie handlowej SEAQUEST, opartego na bazie polifosforanów oraz produktu niemieckiej firmy Chemische Fabrik Budenheim o nazwie CLAROFOS, który jest mieszaniną mono- (75%) i polifosforanów (25%). Po analizie kosztów eksploatacyjnych zdecydowano się na instalację do dawkowania inhibitora korozji CLAROFOS. Na podstawie analizy wody uzdatnionej ze stacji „Zasole” oraz analizy osadu pobranego z rurociągu sieci wodociągowej (94,6%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 6,2%  $\text{SO}_4^{2-}$ , 2,0%  $\text{SiO}_2$ , 0,8%  $\text{CaO}$ ) dobrano inhibitor korozji o nazwie handlowej CLAROFOS 124 i następującej charakterystyce:

- zawartość  $\text{P}_2\text{O}_5$  około 61%,
- pH roztworu 10% około 4,6,
- rozpuszczalność w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  około  $800 \text{ g}/\text{dm}^3$ .
- stężenie roztworu  $5,0+4,0 \text{ g}/\text{m}^3$  ( $3,5+2,5 \text{ gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ ),

CLAROFOS 124 jest stosowany jako inhibitor korozji z powodu wysokiej zawartości monofosforanów. W połączeniu z długołańcuchowymi polifosforanami skutecznie przeciwdziała powstawaniu brunatnej wody. Skutecznie stabilizuje również twardość wody.

W sierpniu 1999 roku uruchomiono instalację do dawkowania inhibitora w budynku stacji uzdatniania wody. Instalacja składała się z następujących urządzeń:

- zbiornik zarobowy z polietylenu do przygotowania 10% wodnego roztworu inhibitora o pojemności  $500 \text{ dm}^3$  z mieszadłem mechanicznym o mocy 0,25 kW (1440 obr./min), z lejem zasypowym z blachy nierdzewnej,

- zbiornik z polietylenu do dawkowania roztworu inhibitora o pojemności  $500 \text{ dm}^3$  z pompą membranową typu gamma G5/B-0423NP o wydajności  $2+24 \text{ dm}^3/\text{h}$  (77 W), wyposażoną w zawór dawkujący z czujnikiem dawkowania, sprzężonym z wodomierzem na rurociągu tłocznym wody surowej z ujęcia, który podaje impulsy elektryczne proporcjonalne do ilości dopływającej wody z ujęcia.

Pompa membranowa dawkuje 10% roztwór inhibitora rurociągiem z polietylenu o średnicy 25 mm do koryta doprowadzającego wodę z filtrów do zbiornika wody czystej o pojemności  $950 \text{ m}^3$ . Proces dawkowania inhibitora jest automatyczny, a obsługa instalacji ogranicza się do przygotowania 10% wodnego roztworu, przepompowania go do zbiornika oraz ręcznego ustawienia dawki na pompie i ogólnej kontroli pracy instalacji (minimum raz na zmianę). Zużycie roczne inhibitora wynosi 5+6 ton.

## Efekty zastosowania inhibitora

W okresie pierwszych sześciu miesięcy dawka inhibitora wynosiła  $4,5+4,0 \text{ g}/\text{m}^3$ , co odpowiadało stężeniu fosforanów w wodzie uzdatnionej  $3,5+3,0 \text{ gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ . Po sześciu miesiącach

dawkę zmniejszono do  $3,5 \text{ g/m}^3$ , a stężenie fosforanów w wodzie uzdatnionej wynosiło  $2,6+2,3 \text{ gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ . Obecnie dawka inhibitora wynosi  $2,0 \text{ g/m}^3$ , a stężenie fosforanów w wodzie uzdatnionej wynosi średnio  $1,7 \text{ gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ .

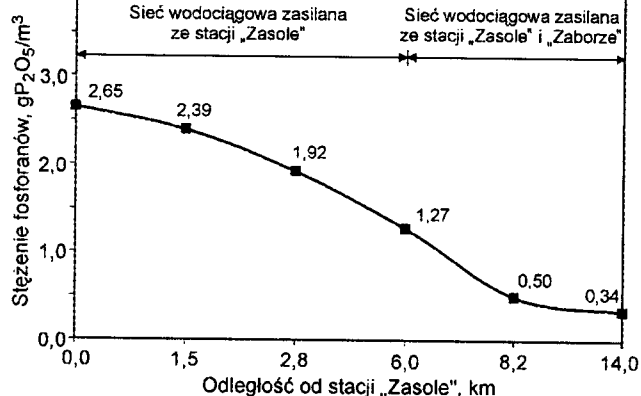
Pozytywne rezultaty dawkowania inhibitora stwierdzono już po pierwszym miesiącu pracy instalacji, a po trzech miesiącach prawie całkowicie ustały zjawiska tzw. brunatnej wody w sieci wodociągowej i u odbiorców wody w budynkach zlokalizowanych w odległości  $2,0+6,0 \text{ km}$ , tzn. tam, gdzie powyższe zjawiska od lat dokuczliwie występowały. Ustały całkowicie interwencje odbiorców w tym zakresie. Poprawione zostały zasadnicze parametry jakości wody, tj. barwa, mętność, stężenie zawiesin i związków żelaza (tab.3).

Tabela 3. Skład wody ze stacji wodociągowej „Zasole” (próbki wody z sieci pobrane w punktach oddalonych od stacji  $2,8-6,0 \text{ km}$ , lata 1999–2000, po zastosowaniu inhibitora)

Parametr, jednostka	Woda uzdatniona		Woda z sieci wodociągowej		
	min.	maks.	min.	maks.	śr.
Barwa, $\text{gPt/m}^3$	2	3	4	17	13
pH, –	7,00	7,15	6,85	7,28	7,00
Mętność, $\text{g/m}^3$	1	1	1	6	4
Żelazo og., $\text{gFe/m}^3$	0,03	0,04	0,17	0,56	0,43
Fosforany, $\text{gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$	1,65	2,80	0,95	2,50	1,70

Stwierdzono, że pod wpływem inhibitora intensywnie rozpuszczały się osady i produkty korozji w sieci wodociągowej, które gromadziły się w końcówkach sieci, gdzie były minimalne rozbiory wody. Z tych powodów zachodziła potrzeba częstego płukania sieci. Zauważono, że zabiegi te nie powodowały pogorszenia jakości wody w rejonie płukania.

Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, że stężenie fosforanów w ilości  $0,50+0,35 \text{ gP}_2\text{O}_5/\text{m}^3$  występowało w próbkach wody pobranych z sieci w punktach oddalonych o  $8+14 \text{ km}$  od miejsca dawkowania inhibitora, gdzie sieć wodociągowa jest zasilana wodą zmieszaną z dwóch stacji wodociągowych (rys.1).



Rys. 1. Stężenia fosforanów w wodzie wodociągowej (2000 r.)

Dawkowanie inhibitora nie wpłynęło na zmianę jakości wody w sieci pod względem bakteriologicznym.

Całkowity koszt inwestycyjny zakupu, montażu instalacji i urządzeń wraz z adaptacją pomieszczenia wyniósł  $24\ 600 \text{ zł}$ , w tym koszt zakupu urządzeń  $19\ 400 \text{ zł}$  (poziom cen 1999 r.).

Koszty eksploatacyjne związane z dawkowaniem inhibitora w roku 2000 ograniczyły się do kosztów zakupu i transportu inhibitora. Łączny koszt wyniósł  $39\ 540 \text{ zł/a}$ , przy produkcji wody  $1\ 759 \text{ tys. m}^3/\text{a}$  (woda wtłoczona do sieci). Jednostkowy koszt stosowania inhibitora w 2000 r. wyniósł  $0,022 \text{ zł/m}^3$ , tj.  $2,2 \text{ gr/m}^3$  wody wtłoczonej do sieci.

## Wnioski

◆ Po prawie dwuletniej eksploatacji instalacji dawkującej inhibitor korozji CLAROFOS 124 można stwierdzić, że cel został osiągnięty. Ustały procesy wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej i w instalacjach domowych. Woda dostarczana odbiorcom nie budzi już zastrzeżeń w zakresie barwy, mętności oraz zawartości związków żelaza i zawiesin.

◆ Instalacja i urządzenia działają sprawnie, nie stanowią problemów dla obsługi i nie powodują znaczących kosztów eksploatacyjnych dla przedsiębiorstwa. Z powodu przewidywanego zmniejszenia dawki inhibitora w latach następnych, koszty zakupu tego środka będą niższe.

◆ Wymagana jest stała kontrola laboratoryjna dawki i stężenia fosforanów w wodzie uzdatnionej i w sieci wodociągowej, w celu utrzymania właściwego procesu stabilizacji wody i tworzenia warstwy ochronnej w sieci oraz uniknięcia przedawkowania inhibitora, co objawia się pojawieniem warstwy galaretowatego osadu w armaturze i rurociągach w stacji uzdatniania wody.

◆ Inhibitory korozji powinny być dobierane w oparciu o analizy jakości wody surowej i uzdatnionej z dłuższego okresu oraz o analizy składu osadów z sieci i instalacji domowych. Z doświadczeń eksploatacyjnych PWiK w Oświęcimiu wynika, że inhibitory korozji mogą być stosowane do zmniejszenia korozyjności wody z ujęć infiltracyjnych.

## LITERATURA

1. A. L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Wrocław 1996.
2. A. L. KOWAL: Ochrona sieci wodociągowej przed korozją i zarastaniem. Ochrona Środowiska, 1997, nr 4(67), ss. 3–6.
3. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Przyczyny i skutki braku równowagi węglanowo-wapniowej. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1998, nr 12.
4. M. CZARNOWSKA: Agresywność korozyjna wód wodociągowych niektórych miast Polski. Informacja INSTAL, 1998, nr 5(171).
5. J. WĄSOWSKI, A. GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA: Wtórne zanieczyszczenie wody w warszawskiej sieci wodociągowej. Ochrona Środowiska, 1995, nr 3(58), ss. 59–62.
6. A. L. KOWAL: Oczyszczanie wody a korozja sieci. Mat. symp., GPW, Katowice 1997.
7. H. DERA: Dezynfekcja wód podziemnych promieniami UV na przykładzie MPWiK w Oświęcimiu. Ochrona Środowiska, 1997, nr 4(67), ss. 51–53.
8. H. DERA: Dezynfekcja wód infiltracyjnych dwutlenkiem chloru na przykładzie MPWiK w Oświęcimiu. Ochrona Środowiska, 1995, nr 4(59), ss. 49–52.

## Potentiality for the Reduction of Water Corrosivity: A Case Study

*The object under study is the Waterworks of Oświęcim, a municipality of about 65,000 inhabitants. Municipal water of a daily volume approaching 12,000 cubic meters is supplied through a pipe network of a total length of 475 km. The city and county of Oświęcim draw water from Zasole (an infiltration intake), Zaborze (a deep-well intake) and Czaniec (a water treatment plant). As shown by laboratory tests, the water from Zasole exerts a strong corrosive influence (owing to the lack of carbonate-calcium equilibrium), so the users receive 'rusty' water. To eliminate the unpleasant colour the decision was made to apply corrosion inhibitors dosed into treated water. In August*

*1999, a dosing device was installed at Zasole. After two months of operation, the quality of the treated water was noticeably improved. This has been achieved with 10% solutions of Clarofos 124 at initial doses ranging between 4.0 and 4.5 g/m<sup>3</sup>, which is equivalent to the concentration of 3.03.5 gP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> in treated water. The two-year experience with the dosing device has evidenced the efficiency of the adopted corrosion inhibitor, which brought about a complete stabilization of the water supplied to the users. No complaints have been reported regarding such parameters as colour, turbidity, iron concentration or suspended solids.*