

Henryk Dera

Dezynfekcja wód infiltracyjnych dwutlenkiem chloru na przykładzie MPWiK w Oświęcimiu

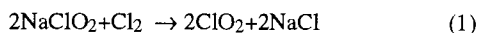
Dwutlenek chloru (ClO_2) w technologii uzdatniania wody do picia stosowany jest od wielu lat. Już w latach 40. w Stanach Zjednoczonych, a w Europie Zachodniej w latach 50., rozpoczęto stosowanie dwutlenku chloru – jako alternatywy chloru – do wstępnego utleniania oraz do dezynfekcji wody. Rozwój urządzeń do dezynfekcji dwutlenkiem chloru nastąpił po odkryciach naukowych, które wykazały, że istnieje poważne zagrożenie dla zdrowia ubocznymi produktami reakcji chloru z substancjami organicznymi obecnymi w wodzie. Stwierdzono, że głównym zagrożeniem są trihalometany (THM) oraz inne chlorowce organiczne, które powstają w wodach większości zakładów wodociągowych w wyniku wstępnego lub wtórnego chlorowania wody.

Długoletnie zagraniczne doświadczenia i obserwacje instalacji do utleniania i dezynfekcji wody wykazały, że ClO_2 ma wiele zalet, których nie ma chlor. Do najistotniejszych z nich można zaliczyć:

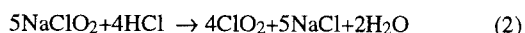
- brak powstawania trihalometanów,
- znaczne ograniczenie możliwości tworzenia się związków organiczno-halogenowych (NPOX),
- brak tworzenia chlorynów,
- zdolność bakteriobójcza około 2,5-krotnie wyższa od kwasu podchlorowego, działanie w szerokim zakresie pH,
- długo utrzymująca się ochrona bakteriobójcza i bakteriostatyczna w sieciach wodociągowych,
- dobre właściwości przeciwarodnikowe, przeciwwirusowe i przeciwgłonowe,
- brak reakcji z azotem amonowym i związkami organicznymi,
- powolny rozkład osadu mikrobiologicznego w sieciach wodociągowych,
- poprawa właściwości organoleptycznych wody uzdatnionej, tzn. usunięcie przykrego zapachu i smaku wody, jaki może powstawać przy stosowaniu chloru.

Z badań toksykologicznych wynika, że dwutlenek chloru oraz jony chlorynowe i chloranowe nie są niebezpieczne dla zdrowia w dawkach stosowanych w procesach uzdatniania wody. Dwutlenek chloru jest gazem niestabilnym, w związku z czym musi być wytwarzany w miejscu dawkowania w formie wodnego roztworu. Znałe są dwie metody produkcji dwutlenku chloru:

- wg reakcji chloru gazowego z chlorynem sodu:



- wg reakcji kwasu solnego z chlorynem sodu:



W Polsce dwutlenek chloru w procesach uzdatniania wody jest technologią nową, stosowaną od roku 1992 w kilku zakładach wodociągowych. Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej oraz Państwowy Zakład Higieny wydały w roku 1992 pozytywne opinie dla stosowania dwutlenku chloru w technologii uzdatniania wody do picia, lecz nie ma jeszcze polskiego rozporządzenia określającego dopuszczalne stężenie ClO_2 w wodzie. Z tych względów wykorzystuje się nadal unormowania zagraniczne, najczęściej niemieckie, które określają:

- maksymalną dawkę dwutlenku chloru dla wody do picia równą $0,4 \text{ gClO}_2/\text{m}^3$,
- maksymalne stężenie dwutlenku chloru w wodzie uzdatnionej równe $0,2 \text{ gClO}_2/\text{m}^3$,
- maksymalne stężenie chlorynów w wodzie uzdatnionej równe $0,2 \text{ gClO}_2^-/\text{m}^3$.

Charakterystyka stacji wodociągowej „Zasole”

Miasto i gmina Oświęcim zaopatrywane są w wodę z dwóch stacji wodociągowych, „Zasole” i „Zaborze”, o łącznej wydajności $Q_{\text{sr}} = 17 \text{ tys. m}^3/\text{d}$ i $Q_{\text{max}} = 19 \text{ tys. m}^3/\text{d}$ oraz z hurtowego zakupu wody z Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów w Katowicach w ilości $Q_{\text{sr}} = 2,5 \text{ tys. m}^3/\text{d}$. Ujęcie wody stacji wodociągowej „Zaborze” stanowi 11 studni głębinowych o łącznej wydajności $Q_{\text{sr}} = 6 \text{ tys. m}^3/\text{d}$. Dezynfekcja wody uzdatnionej odbywa się przy użyciu podchlorynu sodu.

Stacja wodociągowa „Zasole”, o wydajności $Q_{\text{sr}} = 11 \text{ tys. m}^3/\text{d}$ i $Q_{\text{max}} = 13 \text{ tys. m}^3/\text{d}$, zaopatrywana jest z ujęcia infiltracyjnego z Soły, składającego się z 13 studni kopano-wierconych o głębokości $10 \pm 13 \text{ m}$ i drenażu rozsączającego $\phi 150 \text{ mm}$ o długości 40 m . Pod względem hydrogeologicznym rejon ujęcia ma jeden poziom wód w obrębie utworów czwartorzędowych o miąższości około $5 \pm 7 \text{ m}$. W warstwie wodonośnej występują żwiry z otaczakami i piaskami grubymi i średnimi z wkładkami z ilów piaszczystych. Podłoże nieprzepuszczalne stanowią miocenne iły pylaste. Woda z poszczególnych studni transportowana jest do studni zbiorczej dwoma wiązkami lewarowymi, skąd następnie tłoczona jest do stacji uzdatniania. Proces uzdatniania polega na filtracji wody na otwartych filtrach pospiesznych oraz na dezynfekcji. Do maja 1994 roku do dezynfekcji wody stosowano chlor gazowy w dawkach od $0,3$ do $0,6 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$.

Ujmowana woda infiltracyjna wykazuje dużą zmienność składu fizyczno-chemicznego i bakteriologicznego oraz dużą zmienność wydajności, uzależnioną od poziomu i przepływu wody w Sole. W przekroju ujęcia średnie przepływy wody w rzece wynoszą około $15 \text{ m}^3/\text{s}$, minimalne – $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast maksymalne – $500 \pm 1.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Na tym odcinku Soły należy do II klasy czystości. Ujęcie „Zasole” eksploatowane jest od 1963 roku.

Skład fizyczno-chemiczny i bakteriologiczny wody surowej i uzdatnionej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład wody surowej i uzdatnionej w stacji wodociągowej „Zasole” w Oświęcimiu (wartości min. i maks. z lat 1993 i 1994)

Parametr, jednostka	Woda			
	surowa		uzdatniona	
	min.	maks.	min.	maks.
Temperatura, °C	8,0	12,0	10,0	14,5
pH, –	6,9	7,3	6,6	7,2
Barwa, gPt/m ³	1	10	1	2
Mętność, g/m ³	1	20	1	10
Zapach, –	z1R	z2R	z1S	z3S(Cl ₂)
Amoniak, gN/m ³	0,001	0,04	0,00	0,03
Azotany, gN/m ³	1,80	3,40	1,40	3,20
Azotyny, gN/m ³	0,01	0,003	0,001	0,002
Chlorki, gCl ⁻ /m ³	22,0	30,4	20,2	29,4
Utlenialność, gO ₂ /m ³	1,4	2,6	1,2	2,1
Żelazo, gFe/m ³	0,01	0,15	0,01	0,08
Mangan, gMn/m ³	0,010	0,024	0,010	0,018
Twardość ogólna, val/m ³	3,0	3,9	2,9	3,3
Zasadowość, val/m ³	1,60	2,45	1,50	1,90
Chlor, gCl ₂ /m ³	–	–	0,25	0,60
Dwutlenek chloru, gClO ₂ /m ³	–	–	0,10	0,20
Dwutlenek chloru w sieci, gClO ₂ /m ³	–	–	0,02	0,06
Ogólna liczba kolonii bakterii w 1 cm ³ wody po 72h w temp. 20 °C	10	125	0	9
Ogólna liczba kolonii bakterii w 1 cm ³ wody po 24h w temp. 37 °C	6	45	0	1
Wskaźnik coli	50	>96	0	0
Wskaźnik coli typu fekalnego	5	30	0	0

Przyczyny zmiany sposobu dezynfekcji wody

Dezynfekcję wody w stacji wodociągowej „Zasole” przy pomocy chloru gazowego uruchomiono w 1963 roku. Urządzenia i instalacje chlorowni zbudowane były w adaptowanych pomieszczeniach w zblokowanym budynku filtrów pospiesznych i pompowni II^o według uproszczonego projektu technicznego z zachowaniem warunków technicznych i bhp, jakie obowiązywały w tym czasie. Chlor gazowy dawkowano chloratorem C7 z butli 50 kg. Zużycie chloru wynosiło około 7÷8 kgCl₂/d, przy dawkach chloru 0,4÷0,7gCl₂/m³. Regulacja dawki chloru odbywała się ręcznie. Mimo stosunkowo niskich dawek chloru, wprowadzanych do zbiornika wody czystej o czasie przetrzymania 2 godz., chlor w wodzie u odbiorców wyczuwalny był w postaci tzw. zapachu aptecznego.

Ze względu na zmianę przepisów w zakresie warunków technicznych i bhp dla chlorowni z chlorem gazowym, wystąpiła pilna potrzeba budowy nowej chlorowni z urządzeniami zabezpieczającymi i 300 m strefą ochronną. Biorąc pod uwagę całą problematykę dezynfekcji wody przy użyciu chloru gazowego, jak również wysoki koszt budowy nowej chlorowni, w roku 1992 podjęto decyzję o rezygnacji z budowy chlorowni na chlor gazowy. Po dokładnej analizie wyników badań laboratoryjnych wody surowej, uzdatnionej i z sieci wodociągowej oraz po rozpoznaniu obecnych technologii do dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru, wybrano metodę wytwarzania ClO₂ z reakcji kwasu solnego z chlorynem sodu. Do tej metody dobrano generator Bello Zon typ CDK-300, firmy ProMinent, o maksymalnej wydajności 277,5 gClO₂/h (rys.1). Generator ten wytwarza dwutlenek chloru,

w formie roztworu użytkowego o stężeniu 2%, z 30% kwasu solnego i 24,5% chlorynu sodu.

Instalacja i urządzenia do wytwarzania ClO₂

W nowym, wolno stojącym, parterowym budynku o kubaturze 475 m³ znajdują się następujące pomieszczenia technologiczne:

- pomieszczenie generatorów Bello Zon CDK-300,
- magazyn z pojemnikami 24,5% chlorynu sodu,
- magazyn z pojemnikami 30% kwasu solnego,
- pomieszczenie do neutralizacji ścieków kwaśnych oraz ścieków z chlorynem sodu,
- magazyn podręczny.

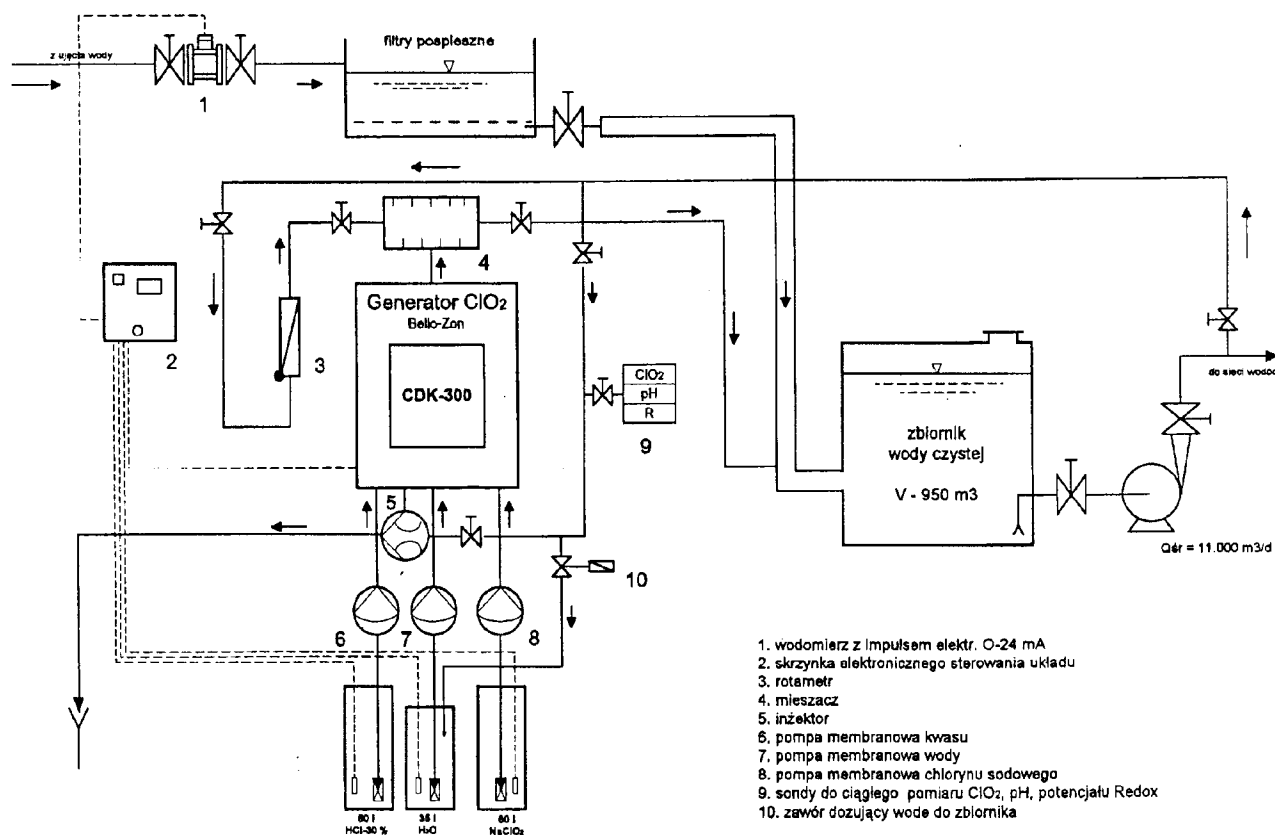
Instalacja do wytwarzania ClO₂ zasilana jest wodą uzdatnioną z sieci miejskiej. W pomieszczeniach generatorów zamontowane są dwa niezależne generatory CDK-300, z których jeden pracuje w sposób ciągły, a drugi stanowi rezerwę. Stężony chloryn sodu i kwas solny oraz woda do rozcieńczania tłoczone są pompami membranowymi z pojemników plastikowych o pojemności 100 dm³ (z napełnieniem 60 dm³) do generatora CDK-300. Pojemnik z chlorynem sodu i wodą do rozcieńczania znajduje się w magazynie chlorynu sodu, zaś pojemnik z kwasem solnym i wodą do rozcieńczania – w magazynie kwasu solnego, gdyż magazynowanie HCl i NaClO₂ musi być zawsze oddzielne. Wszystkie urządzenia ssące pomp dozujących kwas, chloryn sodu i wodę do rozcieńczania wyposażone są w zawory zwrotne z czujnikami poziomu, które przy niedoborze chemikaliów i wody wyłączają generator dwutlenku chloru, z równoczesnym przekazaniem sygnału do pomieszczenia obsługi stacji wodociągowej.

W generatorze Bello Zon wytwarzany jest 2% roztwór dwutlenku chloru, który strumieniem wody wodociągowej dawkowany jest do zbiornika wody czystej o pojemności 960 m³, w którym uzyskuje się wymieszanie ClO₂ z wodą przy czasie kontaktu około 1,5 h. Proces wytwarzania i dawkowania ClO₂ jest bezobsługowy i całkowicie zautomatyzowany przez elektryczny i elektroniczny system pomiarów i sterowania. Dawka ClO₂ jest automatycznie regulowana częstotliwością skoków pomp membranowych chemikaliów i wody do rozcieńczania od impulsów elektrycznych przekazywanych z dwóch wodomierzy zabudowanych na rurociągach tłocznych wody surowej z ujęcia. W pomieszczeniach generatorów zabudowane są sondy do ciągłego pomiaru stężenia ClO₂ oraz pH i potencjału redox wody uzdatnionej, tłoczonej do sieci wodociągowej.

Do neutralizacji awaryjnych rozlewów kwasu solnego służy wapno Ca(OH)₂, a do neutralizacji chlorynu sodu stosowany jest siarczyn sodu (Na₂SO₃·7H₂O). Budynek wyposażony jest w system wentylacji mechaniczno-grawitacyjnej oraz w ogrzewanie. Autorem projektu technicznego budynku i instalacji było Biuro Projektów PROSYNCHM w Gliwicach.

Eksplotację urządzeń do wytwarzania ClO₂ rozpoczęto 6 maja 1994 roku. Całkowity koszt trwającej 8 miesięcy inwestycji wyniósł 2.230 mln st. zł, w tym roboty budowlane i instalacyjne kosztowały 1.650 mln st. zł, a urządzenia generatorów wraz z montażem – 580 mln st. zł. Na roczny koszt własny dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru składają się następujące elementy:

- amortyzacja budynku – 5.113 zł,
- amortyzacja urządzeń – 9.080 zł,
- kwas solny 30% (spożywczy, Zakłady Azotowe w Tarnowie) – 7.000 kg/a × 0,67 zł/kg = 4.690 zł oraz własny transport – 1.200 zł, co daje razem 5.890 zł,



Rys. 1. Schemat instalacji generatora dwutlenku chloru w stacji uzdatniania wody „Zasole” w Oświęcimiu

– chloryn sodu 24,5 % (import z Francji, producent ELFO ATOCHEM, Paryż, koszt dostawy 1 kg *loco* magazyn 5,90 zł) – $7.000 \text{ kg/a} \times 5,90 \text{ zł/kg} = 41.300 \text{ zł}$.

Łączny koszt własny procesu dezynfekcji wynosi 61.383 zł/a, natomiast koszt dezynfekcji wody (przy produkcji 3.650 tys. m^3/a) wynosi 0,0168 zł/ m^3 (168 st. zł/ m^3), przy czym bez amortyzacji koszt ten wynosi 0,0129 zł/ m^3 (129 st. zł/ m^3). Udział kosztów dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru w ogólnych kosztach produkcji wody w stacji „Zasole” wynosi 5,09 %.

Koszt dezynfekcji wody chlorem gazowym wynosi 20.270 zł/a, na który składają się:

- amortyzacja (nowej chlorowni) – około 16.000 zł,
- koszt zakupu chloru w Zakładach Azotowych w Tarnowie – $2.200 \text{ kg/a} \times 1,35 \text{ zł/kg} = 2.970 \text{ zł}$,
- transport własny chloru (dwie dostawy rocznie) – 1.300 zł.

Z porównania powyższych danych wynika, że koszt dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru wynosi 0,0168 zł/ m^3 , natomiast koszt dezynfekcji wody chlorem gazowym – 0,0055 zł/ m^3 . Udział kosztów chemikaliów w powyższych kosztach jest następujący: dezynfekcja wody dwutlenkiem chloru – 0,0129 zł/ m^3 (77%), dezynfekcja wody chlorem – 0,0012 zł/ m^3 (22%).

Wnioski

♦ Po rocznej eksploatacji instalacji do dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru wytwarzanym w generatorach Bello Zon CDK-300 można stwierdzić, że wykonana instalacja i urządzenia działają sprawnie i nie stanowią problemu eksploatacyjnego. Nie

stanowią również zagrożenia i nie oddziałują ujemnie na obsługę i środowisko.

♦ Woda uzdatniona dostarczana odbiorcom ze stacji „Zasole” nie ma żadnego specyficznego smaku oraz zapachu, jaki występował podczas dezynfekcji chlorem gazowym lub podchlorynem sodu. Wojewódzkie i terenowe władze nadzoru sanitarnego nie zgłosiły żadnych zastrzeżeń do jakości wody po wprowadzeniu dezynfekcji dwutlenkiem chloru.

♦ Nie stwierdzono w czasie rocznej eksploatacji większych problemów z barwą i mętnością wody w sieci wodociągowej z powodu rozpuszczania związków żelaza i osadu mikrobiologicznego. Nieznaczne pogorszenie tych wskaźników zauważono na końcówkach sieci wodociągowej w dzielnicach peryferyjnych, gdzie są małe rozbiory wody.

♦ Dawka dwutlenku chloru w ilości 0,1+0,2 g ClO_2/m^3 okazała się wystarczająca do uzyskania dobrych efektów dezynfekcji, jak również pozwala na utrzymanie stężenia dwutlenku chloru w końcówkach sieci wodociągowej w ilościach 0,01+0,05 g ClO_2/m^3 .

♦ Na stosunkowo wysoki koszt dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru ma zasadniczy wpływ cena zakupu importowanego chlorynu sodu, w której transport, cło i podatek graniczny stanowią około 40 % ceny brutto. Ponieważ rozwój instalacji do dezynfekcji wody do picia dwutlenkiem chloru spowoduje zwiększone zapotrzebowanie na chloryn sodu, dlatego też należy dążyć do uruchomienia jego produkcji w krajowych kombinatach chemicznych.

♦ Uzdatnione wody infiltracyjne, o składzie fizyczno-chemicznym zbliżonym do wody uzdatnionej w stacji „Zasole” w Oświęcimiu, nadają się do dezynfekcji dwutlenkiem chloru wytworzonym z reakcji kwasu solnego i chlorynu sodu.

LITERATURA

1. Zastosowanie ClO_2 w procesach uzdatniania wody. Mat. sem. firmy Wallace & Tiernan, SEEN, Warszawa 1995.
 2. Dwutlenek chloru w wodzie pitnej. Mat. sem. ELF ATOCHEM S.A.
 3. W. REINEKE: Dwutlenek chloru jako alternatywa dla chloru. ProMinent Dosierttechnik GmbH, Heidelberg.
 4. Generatory dwutlenku chloru ProMinent Bello Zon CDK 300-1370. Opis techniczny, instrukcja obsługi.
-

**Disinfection of Infiltration Water with Chlorine Dioxide
at the Waterworks of Oświęcim**

The advantage of applying chlorine dioxide instead of gaseous chlorine for the disinfection of potable water was shown on the example of the Zasole Water Treatment Plant, Oświęcim. The plant makes use of an infiltration water intake (at the river Soła). Physicochemical and bacteriological analyses (carried out both for untreated and treated water samples) corroborated

the need of substituting chlorine dioxide (produced by the reaction of hydrochloric acid and sodium chlorite) for the gaseous chlorine which had been used so far. A new water disinfection station which uses chlorine dioxide produced via a Bello Zon CDK-300 generator (made by ProMinent, Germany) was described in detail and relevant costs were assessed.