

Zmiana technologii ozonowania wody w ZUW Raba



tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne
zdjęcia: **WODOCIĄGI MIASTA KRAKOWA SA**

W sierpniu 2023 r. zakończyła się trwająca prawie dwa lata modernizacja systemu wstępnego ozonowania wody w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba. Zaprojektowano i wykonano układ wytwarzania ozonu z ciekłego tlenu i wprowadzania go do wody wraz z wszystkimi urządzeniami i wyposażeniem towarzyszącym, niezbędnym do prawidłowego działania instalacji wstępnego utleniania zgodnie z obowiązującymi przepisami. Inwestycja była prowadzona w działającym obiekcie, który w trakcie prac modernizacyjnych musiał zapewnić ciągłość procesu uzdatniania wody.



Budynek ozonu



Hala ozonu po modernizacji, na pierwszym planie nowe generatory ozonu

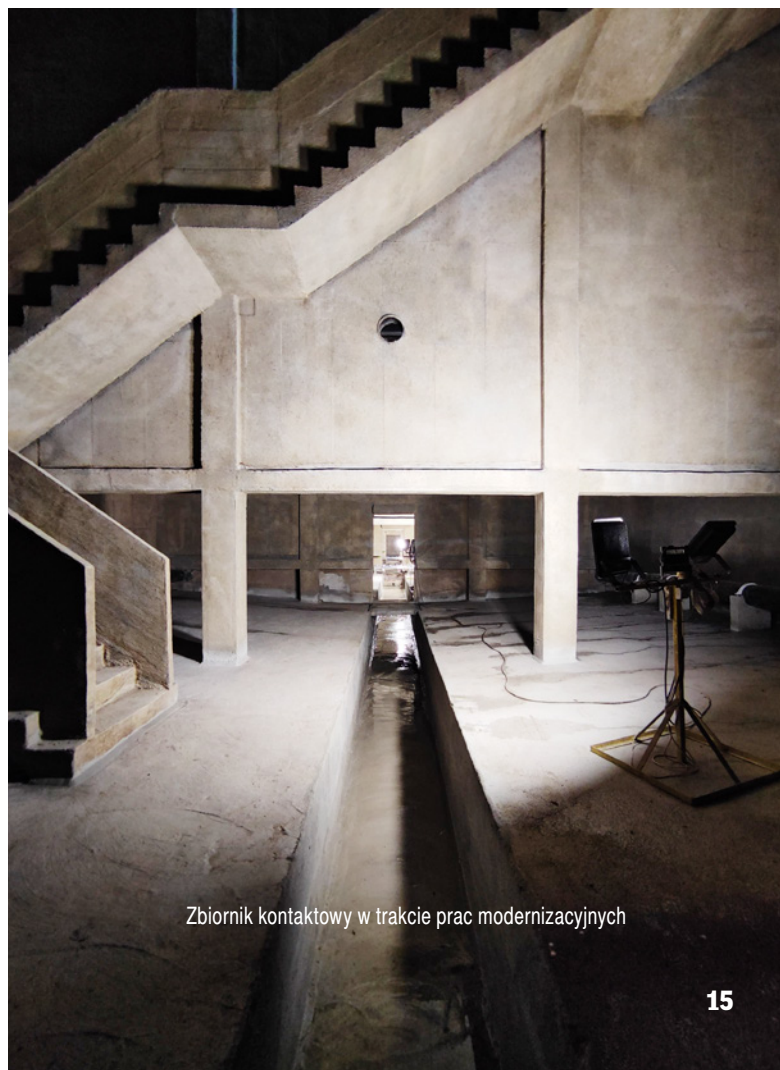
ZUW Raba, zlokalizowany w Dobczycach (ok. 30 km od Krakowa), jest największym producentem wody dla aglomeracji krakowskiej. Woda pochodzi z Jeziora Dobczyckiego, sztucznego zbiornika utworzonego na Rabie o pojemności ok. 127 mln m³. Woda do procesu technologicznego jest pobierana z ujęcia wieżowego, które, mając trzy poziomy czerpania, umożliwia pobór wody o najlepszej w danym momencie jakości. Zakład produkuje średnio ok. 100 tys. m³/d wody, co stanowi ok. 60% ogólnej produkcji Wodociągów Miasta Krakowa SA, a woda dostarczana jest również do kilku sąsiadujących z Krakowem gmin. Maksymalna zdolność produkcyjna ZUW Raba wynosi 186 tys. m³/d.

Decyzja o modernizacji systemu ozonowania była podjęta wiekiem dotychczas pracującej instalacji (została uruchomiona w 1995 r.) i wynikającym z tego znacznym stopniem zużycia jej poszczególnych elementów. Inwestycja ma też ścisły związek ze zmianami legislacyjnymi wprowadzonymi dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (*Drinking Water Directive – DWD*).

Wieloetapowa produkcja wody

Produkcję wody można podzielić na cztery główne etapy: ujmowanie, pompowanie wody surowej, uzdatnianie i pompowanie wody uzdatnionej do zbiorników.

Woda surowa po dotarciu do zbiornika kontaktowego poddana jest procesowi utleniania wstępnego przy użyciu ozonu. Celem jest utlenienie zanieczyszczeń, szczególnie mikroorganizmów oraz planktonu. Proces ten odbywa się w zbiorniku kontaktowym. Jest to zbiornik



Zbiornik kontaktowy w trakcie prac modernizacyjnych



Dysze rozprawdzające ozon



Panel sterowniczy i generator



System destrukcji ozonu resztkowego

dwukomorowy o łącznej pojemności 9 tys. m³, a każda komora może pracować niezależnie. Komory są wyposażone w prze-grody, które wymuszają przepływ wody w sposób sinusoidalny.

Woda surowa po wstępnym ozonowaniu przepływa przez komorę rozdzielczą. Dawkowany jest do niej koagulant, flokulant oraz węgiel pylisty, a następnie jest poddawana wieloetapowemu procesowi uzdatniania w ciągach technologicznych Raba I i Raba II.

Zakres modernizacji

Poprzedni system ozonowania użytkowano nieprzerwanie od 28 lat i z uwagi na zużycie niezbędna była wymiana wyeksploatowanego sprzętu i urządzeń. Realizacja inwestycji miała na celu również dostosowanie obiektu do spełnienia obowiązujących oraz przewidzianych do wprowadzenia w przyszłości wymagań prawnych.

Modernizacja układu ozonowania obejmowała:

- wymianę ozonatorów na urządzenia produkujące ozon z tlenu technicznego,
- wymianę układu wprowadzania wstępnego ozonu,
- wymianę całego układu dystrybucji ozonu wewnątrz obiektu (rurociągów rozprawdzających ozon) oraz monitorowania przepływów i sterowania dawkami ozonu w poszczególne miejsca ozonowania,
- zainstalowanie destruktorów ozonu,
- demontaż dotychczas używanych ozonatorów oraz systemu przygotowania powietrza.

Wobec zmiany sposobu wytwarzania ozonu – przejście z wytwarzania ozonu z powietrza na jego produkcję z tlenu – należało również dokonać montażu zbiorników ciekłego tlenu, który dostarcza się transportem kołowym (autocysternami).

W ramach zrealizowanych prac przeprowadzono także kompleksowy remont pomieszczeń budynku ozonowania, obejmujący m.in. renowację zbiornika kontaktowego, modernizację systemów ogrzewania i wentylacji, wymianę pokrycia dachowego oraz elewacji zewnętrznej (termomodernizacja).

Zmiana technologii

Tlen po odparowaniu i zmianie postaci z formy ciekłej na gazową kierowany jest do generatorów ozonu pracujących w trybie automatycznym. Zainstalowano trzy generatory o wydajności 10,5 kg O₃/h przy zachowaniu stężenia ozonu w gazie 10–100% oraz ciśnieniu gazu min. 1,7 barów. Dwa pracujące generatory zapewniają maksymalną wymaganą wydajność, a trzeci stanowi rezerwę.

Ozon jest wytwarzany przy wykorzystaniu przemiennej wysokiej napięcia podawanego do elektrod. Pod jego wpływem w szczelinie wyładowczej zachodzą mikrowyładowania, które dysocjują cząsteczki tlenu. Niektóre z uwolnionych atomów tlenu połączą się z pozostałymi cząsteczkami tlenu (O₂), tworząc ozon (O₃). Z uwagi na ciepło powstające w procesie generowania ozonu moduły wytwarzające ten gaz są chłodzone wodą.

Do rozprawdzenia ozonu w komorach wstępnego ozonowania zastosowano dyfuzory radialne (dyskowe), do których ozon podawany jest pod ciśnieniem ok. 2 barów, co umożliwi optymalne wykorzystanie dyfuzorów oraz pojemności komór kontaktowych.

Do destrukcji ozonu z komór wstępnego ozonowania zastosowano destruktor termiczno-katalityczny. Dzięki temu nie jest możliwe przedostanie się ewentualnego ozonu resztkowego do atmosfery.



Zbiorniki i parownice tlenu

Specyfika metabolizmu organizmów bytujących w zbiornikach wodnych wymusza konieczność dostosowania dawki ozonu do aktualnego stanu jakościowego wody. Z kolei ilość ozonu wprowadzonego do wody jest zależna od wielkości produkcji. W wyniku analizy technologicznej układu uzdatniania, obejmującej ocenę wielkości dawki ozonu oraz nierównomierności jego produkcji wynikającej z nierównomiernej jakości wody surowej oraz nierównomiernego rozkładu godzinowego pracy ZUW, określono następujące zapotrzebowanie na ozon: max. 31,0 kg O_3/h , min. 5,0 kg O_3/h . Maksymalna produkcja ozonu ma miejsce wtedy, gdy dozowana jest maksymalna dawka tego gazu przy jednocześnie maksymalnej produkcji godzinowej. A zatem przez maksymalną dawkę rozumie się stężenie ozonu dozowanego do wody na poziomie ok. 4,0 g/m³ przy max. produkcji wody 7750 m³/h. Minimalna dawka ozonu jest liczona dla wydajności 2500 m³/h i dawki dozowanego ozonu równej 2,0 g/m³.

Pełna automatyzacja układu

Układ sterowania i kontroli jest w pełni zautomatyzowany. Aplikacja sterowania i wizualizacji zawiera elementy pozwalające na kontrolę i analizę wielkości analogowych, jak stężenie ozonu, ciśnienie oraz sterowanie napędami i sekwencją ozonowania. W tym celu wykonywane są pomiary stężenia ozonu w mieszaniu po ozonatorach, w hali ozonu, w pomieszczeniach destruktorów, w powietrzu po destruktorach, w komorze rozdziału, a także pomiary ozonu resztkowego w wodzie po komorach i pomiary tlenu w hali ozonu.

Wizualizacja składa się z czterech podstawowych obrazów synoptycznych prezentujących cały proces technologiczny w poszczególnych obszarach. Z poziomu każdego z tych obrazów jest dostęp do okien sterujących poszczególnymi urządzeniami,

sekwencją oraz dodatkowych okien odpowiedzialnych za parametryzację układu oraz kontrolę jego pracy. System sterowania i nadzoru został połączony z systemem SCADA nadzorującym pracę całego zakładu uzdatniania.

Korzyści z modernizacji

Biorąc pod uwagę, że wspomniana wyżej dyrektywa 2020/2184 w artykule 9 nakłada obowiązek, aby w przypadku, gdy dezynfekcja stanowi część przygotowania lub dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, wszelkie zanieczyszczenia ubocznymi produktami dezynfekcji były utrzymywane na jak najniższym poziomie, przeprowadzona modernizacja wytwarzania ozonu w ZUW Raba minimalizuje to ryzyko przez bardziej skuteczne usuwanie prekursorów ubocznych produktów dezynfekcji. Przynosi również wymierne oszczędności w zużyciu energii, gdyż w porównaniu z poprzednio używanym systemem zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną szacuje się na ok. 820 MWh. Wpłyne to nie tylko na ograniczenie kosztów związanych z zakupem energii, ale także na ochronę środowiska z uwagi na redukcję strat w przesyłce energii oraz ograniczenie emisji do atmosfery z elektrowni produkujących energię elektryczną z paliw stałych. Proces generowania ozonu z tlenu umożliwia podanie większego stężenia ozonu w gazie doprowadzającym (tlenie) oraz dodatkowe efekty utleniające wywoływane przez sam tlen.

Warto również dodać, że jeden komplet zdemontowanych urządzeń do wytwarzania ozonu został pozostawiony jako eksponat i jest zamontowany w miejscu, gdzie uprzednio był zlokalizowany system uzdatniania powietrza. Taka ekspozycja obrazuje historię rozwoju techniki wodociągowej.



Czytaj więcej