

Oszczędności energetyczne w Wodociągach Miasta Krakowa SA



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

Systemy uzdatniania wody i oczyszczania ścieków należą do najbardziej energochłonnych w sektorze komunalnym, toteż przedsiębiorstwa wodociągowe są największymi odbiorcami energii elektrycznej w tym sektorze. Efektywność energetyczna w branży wod.-kan. nieustannie zyskuje na znaczeniu, a poszukiwanie oszczędności energii w jednostkowych procesach technologicznych jest koniecznością. Do tego dochodzą wymagania środowiskowe, aby możliwie najwięcej energii pozyskiwać ze źródeł odnawialnych we własnym zakresie, zamiast zużywać wyłącznie zakupioną energię wytworzoną z paliw kopalnych. Każda nadarżająca się okazja do wytworzenia dodatkowej ilości energii elektrycznej warta jest zainteresowania.

Same tylko oczyszczalnie ścieków odpowiadają za ok. 35% łącznego zużycia energii przez obiekty komunalne ogółem. Największe zapotrzebowanie na energię elektryczną wymagane jest w procesie biologicznego oczyszczania ścieków. W systemach z osadem czynnym zużycie energii do napowietrzania bioreaktorów kształtuje się na poziomie 40–50%, a w niektórych przypadkach nawet 60–80%. Podnoszenie standardów oczyszczania ścieków powoduje dalszy wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną.

Biorąc pod uwagę wzrost cen prądu, który miał miejsce w ostatnich latach, a zwłaszcza od 2021 r., zakup energii stał się znaczącą pozycją kosztową w działalności przedsiębiorstw wodociągowych. A chociaż ograniczenie zużycia energii elek-

trycznej nigdy nie będzie stanowić nadrzędnego celu w zarządzaniu pracą oczyszczalni ścieków, to istnieje wiele rozwiązań, które to umożliwiają. Możemy tutaj mówić zarówno o możliwościach wytwarzania energii, jak i o zastosowaniu rozwiązań umożliwiających redukcję energochłonności procesów przy zachowaniu parametrów technologicznych.

Poszukiwanie oszczędności można podzielić na dwa rodzaje działań: organizacyjne i techniczne. Do pierwszej grupy zaliczymy m.in. właściwy dobór mocy zamówionej i taryf opłat za energię oraz wprowadzenie odpowiedniego harmonogramowania pracy głównych urządzeń. Do drugiej – modernizację lub wymianę głównych odbiorników energii, modernizację ciągów technologicznych, zastosowanie innowacyjnych sposobów sterowania głównymi odbiornikami, budowę instalacji fotowoltaicznych. W poszukiwanie oszczędności energetycznych swoimi działaniami wpisują się Wodociągi Miasta Krakowa SA, podejmując szeroki zakres przedsięwzięć zarówno w ramach działań organizacyjnych, jak i technicznych.

Energia z biogazu

Jednym z ważnych aspektów poszukiwania oszczędności w opłatach za energię elektryczną jest wytwarzanie energii odnawialnej. Jej głównym źródłem w przypadku oczyszczalni ścieków jest biogaz wytwarzany w procesach beztlenowej fermentacji osadów ściekowych. W oczyszczalni Płaszów w czterech wydzielonych komorach fermentacyjnych o pojemności 5 tys. m³ każda produkuje się 15 tys. m³ biogazu na dobę. Biogaz magazynowany jest w dwóch zbiornikach o pojemności



Chwilowy rozkład energii pobieranej przez oczyszczalnię Płaszów. Na zielono zaznaczono ilość wytwarzanej energii

ok. 3080 m³. Są to nowoczesne zbiorniki, zbudowane w 2023 r., umożliwiające efektywne sterowanie pracą jednostek wytwórczych oraz zmagazynowanie sporej objętości biogazu w okresach jego zwiększonej produkcji. Dotychczas powstający biogaz był magazynowany w dwóch zbiornikach o pojemności 1250 m³ każdy. Z powodów konstrukcyjnych zbiorniki te (cylindryczne) mogły pracować w zakresie od 100% napełnienia do 70%, co znacznie ograniczało możliwość wykorzystania produkowanego biogazu. Do dyspozycji pozostawało zaledwie 30% ich pojemności. Zamontowane nowe zbiorniki (sferyczne) wraz z nowymi urządzeniami towarzyszącymi i infrastrukturą umożliwiającą wykorzystanie pojemności aż w 80%, ponieważ pracują w zakresie od 100% do 20% napełnienia. Z 1 m³ biogazu można otrzymać ok. 4 kW energii elektrycznej lub ciepłej.

W oczyszczalni Płaszów zamontowano cztery jednostki kogeneracyjne o mocy elektrycznej 800 kW każda. Dwie z nich znajdują się w budynku energetycznym i są podłączone do rozdzielni głównej niskiego napięcia, natomiast dwie wolno stojące są podłączone przez stację transformatorową 0,4/15 kV do rozdzielni głównej średniego napięcia. Jednostki te mogą być zasilane biogazem, jak i gazem ziemnym, co w sytuacji braku napięcia zasilającego umożliwia ich pracę jako awaryjnego źródła zasilania dla wybranych urządzeń technologicznych oczyszczalni. W budynku energetycznym zabudowano dodatkowo dwie turbiny zasilane biogazem o mocy 60 kW każda. Niezależnie od jednostek kogeneracyjnych oczyszczalnia jest wyposażona w trzy kotły, które mogą być zasilane zarówno biogazem, jak i gazem ziemnym typu E.

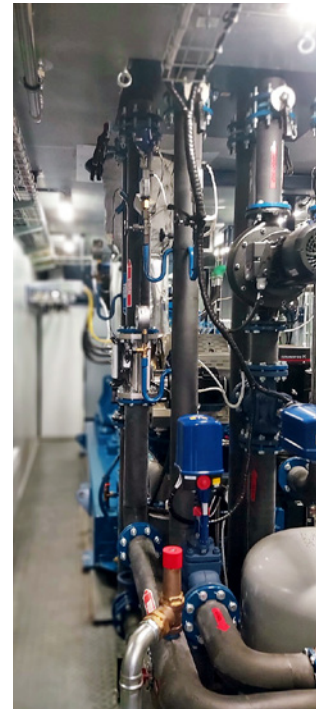
Wytworzony biogaz, zanim trafi do jednostek kogeneracyjnych, jest podawany procesowi uzdatniania w instalacji osuszania i usuwania siarkowodoru oraz siloksanów. Dopiero po uzdatnieniu może być bezpiecznie użyty do produkcji energii elektrycznej i ciepła.



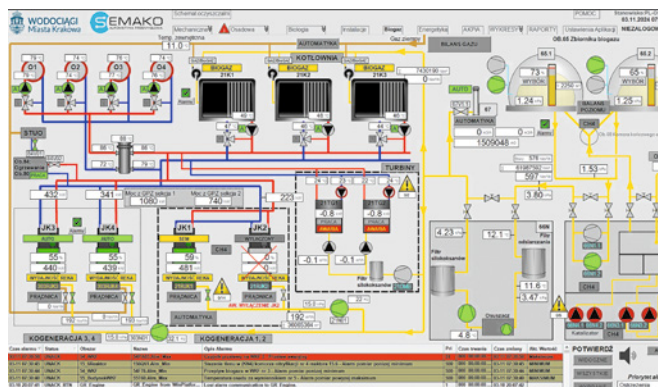
Jednostka kogeneracyjna o mocy 600 kW



Silnik jednostki kogeneracyjnej



Aparatura pomocnicza kogeneratora



Układ ścieżki biogazu i gazu ziemnego



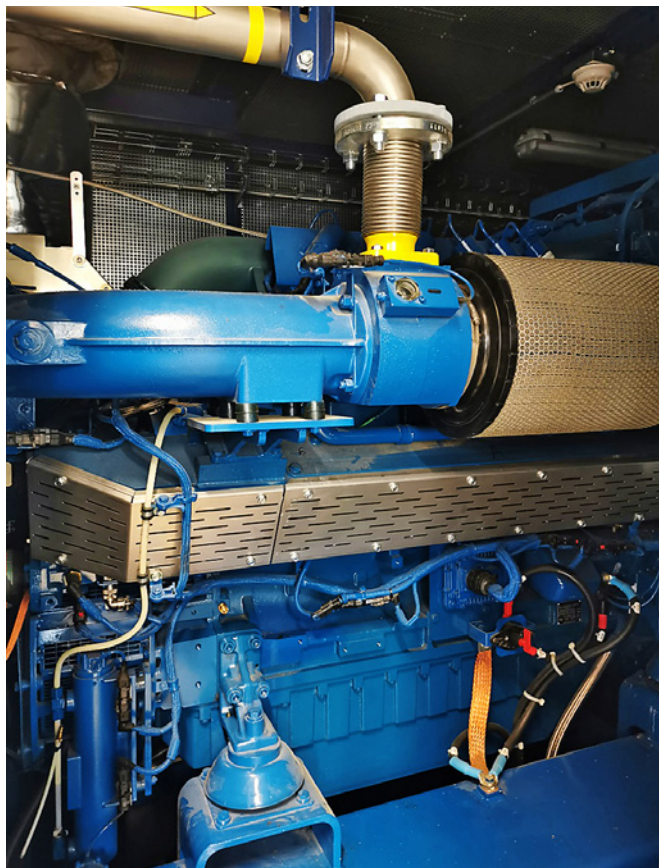
Nowo zbudowane jednostki kogeneracyjne



Generator napędzany silnikiem gazowym



W drugiej krakowskiej oczyszczalni – Kujawy, która rocznie produkuje ok. 3350 tys. m³ biogazu, pracują cztery jednostki kogeneracyjne: dwie o mocy elektrycznej 193 kW, jedna o mocy elektrycznej 173 kW oraz uruchomiony w 2022 r. kogenerator o mocy elektrycznej 600 kW. W tym samym okresie została również zamontowana turbina o mocy 200 kW zasilana biogazem.



Oczyszczalnia Kujawy, silnik jednostki kogeneracyjnej o mocy 600 kW

Energia ze słońca

Jednostki kogeneracyjne nie są jedynymi źródłami energii elektrycznej w oczyszczalni Płaszów. Od 11 lat działa tam również farma fotowoltaiczna. Farma posiada moc 60 kWp i rocznie wytwarza ok. 68 MWh energii elektrycznej.

Warto też wspomnieć o aktualnie realizowanym projekcie w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba (ok. 25 km od Krakowa). Jest to budowa farmy fotowoltaicznej o mocy 920 kWp zlokalizowanej na dachu poletek osadowych. Przy okazji budowy



Farma fotowoltaiczna w oczyszczalni Płaszów

farmy prowadzona jest również modernizacja konstrukcji zadaszania poletek. Planuje się, że całość wytworzonej energii elektrycznej będzie wykorzystana do zasilania urządzeń technologicznych ZUW Raba, ograniczając tym samym jej zakup u dostawcy. Uruchomienie farmy nastąpi w połowie 2024 r.

Odzysk energii z grawitacyjnego spadku ścieków oczyszczonych do odbiornika

Źródłem energii jest uruchomiona w 2017 r. turbina wodna na wylocie ścieków oczyszczonych do odbiornika, którym jest Drwina (dopływ Wisły). Odzysk energii umożliwia topografia terenu, ponieważ różnica wysokości pomiędzy wylotem z oczyszczalni a odbiornikiem wynosi ok. 3,7 m. Zastosowano turbinę Kaplana z podwójną regulacją za pomocą kierownicy z ruchomymi łopatkami oraz wirnika z ruchomymi łopatkami, sprzężoną z generatorem o mocy 85 kW. W ciągu roku turbina produkuje ok. 380 MWh energii elektrycznej, która jest zużywana przez obiekty technologiczne oczyszczalni Płaszów. Turbina może pracować w bardzo szerokim zakresie przepływów oraz zmian rzędnej odbiornika, gdyż w komorze pomiarowej mogą występować natężenia przepływów w zakresie do 13 750 m³/h. Minimalny przepływ przez turbinę wynosi 2800 m³/h (dla pełnego zakresu wymaganych rzędnych wody dolnej), natomiast maksymalny przepływ to 9000 m³/h (dla pełnego zakresu wymaganych rzędnych wody dolnej). Dla przepływów poniżej zakresu pracy turbiny zastosowano zabezpieczenie przed uszkodzeniem na skutek za małych przepływów. Z kolei dla przepływów powyżej zakresu pracy turbina pracuje z maksymalnym przepływem, a nadmiar wody przepływa do odbiornika poza turbiną. Średnia moc wytwarzana przez turbinę przy typowych przepływach w porze bezdeszczowej wynosi ok. 60 kW.



Demontaż turbiny pracującej na grawitacyjnym wypływie ścieków oczyszczonych w celu wykonania czynności serwisowych

Odzysk energii z grawitacyjnego przesylu wody uzdatnionej

Kolejnym ważnym przedsięwzięciem służącym do wytwarzania energii elektrycznej jest wykorzystanie energii przepływającej wody. Na grawitacyjnym odcinku rurociągu magistralnego, którym przesyłana jest woda z ZUW Raba do zbiorników wodociągowych w Sierczy, zamontowano turbinę wodną o mocy 440 kW. Jest to turbina Francisa ze zmienną geometrią łopat. Jej głównym zadaniem jest regulacja napływu wody do zbiorników, a przy okazji produkuje energię elektryczną. Rocznie turbina wytwarza ok. 2800 MWh energii elektrycznej. Całość wytworzonej energii jest w tym wypadku odsprzedawana do sieci energetycznej operatora, gdyż z uwagi na umiejscowienie turbiny w komorze regulacyjnej nie ma możliwości jej wykorzystania w procesie technologicznym. Produkcja energii elektrycznej przez turbinę stanowi ok. 27% energii zużytej na przepompowanie wody z ZUW Raba do zbiorników w Gorzkowie, które są najwyższym punktem na trasie przesyłu wody do Krakowa. Przyjmując założenie, że przeciętne gospodarstwo domowe ma moc przyłączeniową ok. 4 kW i zużywa ok. 300 kWh energii na miesiąc, to uwzględniając współczynnik jednoczesności, turbina może stanowić źródło zasilania dla ok. 100 takich gospodarstw.



Turbina z generatorem w komorze KP3



Układ regulacji łopat turbiny

Modernizacja ciągów technologicznych i urządzeń sterowania

Niezależnie od budowy jednostek wytwarzających energię elektryczną krakowska spółka podejmuje szereg działań związanych z ograniczeniem jednostkowego zużycia energii przez poszczególne urządzenia pracujące w ciągach technologicznych. Jednym z takich działań jest modernizacja obiektów i wymiana głównych urządzeń na mniej energochłonne. Przykładem

może być modernizacja linii technologicznej ozonowania wody w ZUW Raba, gdzie dzięki zmianie technologii wytwarzania ozonu oraz zastosowaniu nowoczesnych generatorów ozonu udało się ograniczyć zużycie energii elektrycznej o 94 kW/h, co miesięcznie daje oszczędności rzędu 68 MWh.

Niezależnie od modernizacji podejmowane są działania pozwalające na ograniczenie zużycia energii przez eksploatowane urządzenia. Przykładem może być wdrożony w oczyszczalni Płaszów Zintegrowany System Efektywności Energetycznej (ZSEE). Jeżeli na oczyszczalni ścieków popatrzymy pod kątem zużycia energii elektrycznej, to pompy i dmuchawy należą do urządzeń zużywających największe jej ilości. Dlatego głównym zadaniem ZSEE jest wspomaganie sterowania urządzeniami niezbędnymi do realizacji procesu technologicznego, a zużywającymi największe ilości energii elektrycznej. System ZSEE jest nadrzędny w stosunku do istniejącego w oczyszczalni układu kontroli i sterowania. Dzięki analizie parametrów pracy urządzeń oraz parametrów procesów technologicznych ZSEE modyfikuje algorytmy sterowania urządzeniami w celu optymalizacji efektywności energetycznej. Jest również połączony z systemem SCADA oczyszczalni. Dla poprawy efektywności energetycznej system monitoruje sprawność poszczególnych urządzeń (pompy i dmuchawy) i załącza je w taki sposób, aby w danej chwili pracowały te o najwyższej sprawności. Dzięki odpowiednio dobranym algorytmom dokonuje również optymalizacji regulacji wydajności, tak aby całkowite chwilowe zużycie energii pobieranej z sieci było jak najmniejsze. Zmieniona została filozofia sterowania przez wprowadzenie harmonogramowania zadań polegającego na odpowiednim ukształtowaniu i zsynchronizowaniu załączania i wyłączania urządzeń energetycznych.

Istotnym elementem systemu jest układ sterowania dmuchawami, które dostarczają niezbędną ilość powietrza do komór tlenowych reaktorów biologicznych. Algorytm sterowania wyznacza zmianę wartości zadanej ciśnienia w zależności od zapotrzebowania komór bioreaktorów na tlen. Ponadto wprowadzono kolejkowanie włączania. Dmuchawa o wyższej sprawności według wyliczeń systemu jest ustawiana jako pierwsza do załączenia w kolejce. Przy obliczaniu sprawności dmuchawy brane pod uwagę są stopień otwarcia dyfuzora, prąd, moc, przepływ, różnica ciśnień na filtrze, współczynnik energetyczny kW/m³. Optymalizacja sterowania dmuchawami jest z energetycznego punktu bardzo istotna, bowiem są one wyposażone w silniki elektryczne o mocy 400 kW.

Podsumowanie

Wytwarzana w oczyszczalni Płaszów energia elektryczna pokrywa ok. 50% jej całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz 100% zapotrzebowania na ciepło, natomiast w oczyszczalni Kujawy – ok. 90% zapotrzebowania na energię i 100% na ciepło.

Oczyszczalnia Płaszów i ZUW Raba są największymi konsumentami energii elektrycznej spośród wszystkich obiektów technologicznych Wodociągów Miasta Krakowa SA, łącznie stanowi to ok. 80% wolumenu energii pobieranej przez spółkę. Tym bardziej efekt oszczędnościowy ma tu znaczenie. Pozwala to na ograniczenie zakupów u dostawcy, co przekłada się na wymierny efekt finansowy. Mniejsze zapotrzebowanie na energię, która w zdecydowanej części jest wytwarzana z węgla, ma również wpływ na ochronę środowiska i ograniczenie emisji CO₂.



Czytaj więcej