

Kolejny krok w stronę samowystarczalności energetycznej oczyszczalni Płaszów w Krakowie



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

Wodociągi Miasta Krakowa SA przystępują do realizacji kolejnego projektu z zakresu gospodarki energetycznej w oczyszczalni ścieków Płaszów. Projekt kompleksowo traktuje kwestie związane z wytwarzaniem, magazynowaniem i zagospodarowaniem biogazu oraz wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła. Nastąpi dalsze zwiększenie produkcji energii z biogazu przez zastosowanie nowych modułów kogeneracyjnych.

Dążenie do pełnej lub możliwie największej samowystarczalności energetycznej to jeden z głównych celów inwestycyjnych zakładów oczyszczania ścieków. Wśród powodów takiego ukie-
runkowania inwestycji wymienić należy rosnące wymagania jakościowe wobec oczyszczonych ścieków, wymuszające coraz bardziej skomplikowane, a więc i energochłonne procesy technologiczne. Ogromne znaczenie ma aspekt ekologiczny – celem jest jak największe ograniczenie zużycia energii konwencjonalnej, wytwarzanej głównie z węgla, będącej źródłem emisji CO₂ i w konsekwencji zmian klimatu. Polityka klimatyczna UE stawia na ograniczenie paliw kopalnych i korzystanie z OZE. Równie ważny jest aspekt finansowy. Przedsiębiorstwa wodociągowe szukają sposobu na drożący prąd i obniżenie rachunków za energię. Koszt zakupu energii do procesów technologicznych oczyszczania ścieków może stanowić ok. 15% całości kosztów oczyszczalni, do tego dochodzą koszty zakupu materiałów na potrzeby technologii, wynagrodzenia, podatki i opłaty oraz należności związane z zagospodarowaniem osadów. Koszty te rosną systematycznie i są niezależne od przedsiębiorstw wodociągowych. Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła przy wykorzystaniu zasobów odnawialnych – dzięki zmniejszeniu zakupów u dostawców – może w istotny sposób przyczynić się do obniżki tych kosztów. Tym bardziej że z uwagi na rozwój technologii prognozowany jest dalszy wzrost zużycia energii w procesach oczyszczania, nawet o 100% i więcej. Gdyby nie podejmowano działań obniżających te koszty, nie można by uniknąć przerzucenia ich części na klientów.

Przedsiębiorstwa wodociągowe jako jedno z pierwszych zaczęły inwestować w źródła prosumenckie i wykorzystywać środki unijne na budowę instalacji wytwarzających zieloną energię. Stosowane technologie zakładają albo produkcję energii, albo jej odzysk. Najszerzej wykorzystywany jest biogaz produkowany w procesie fermentacji osadów ściekowych. Może być przera-

biany na prąd i ciepło. Energię z biogazu pozyskuje się ciągle, niezależnie od warunków zewnętrznych, inaczej niż w systemach fotowoltaicznych, które zajmują drugie miejsce wśród zielonych źródeł wykorzystywanych w polskich oczyszczalniach. Elektrownie słoneczne produkują energię wspomagająco i przede wszystkim latem, ale niektóre instalacje mają już całkiem dużą moc, rzędu 2–3 MW, a wkrótce nawet 6.7 MW (w Warszawie). Turbiny wodne to sposób na odzyskiwanie energii. Montuje się je na zrzucie oczyszczonych ścieków (tu wymagane są konkretne warunki techniczne, tj. odpowiednia różnica poziomów), ale też na magistralach wodociągowych. Pojawiły się także pierwsze pompy ciepła odzyskujące energię cieplną z przepływających ścieków. Technologie te mocno potaniały i ich stosowanie powoli staje się opłacalne. Ścieki są stabilnym źródłem ciepła, a zwrot z inwestycji można osiągnąć w ciągu kilku lat. Energię tę wykorzystuje się do produkcji ciepłej wody użytkowej i do ogrzewania budynków oczyszczalni. Zwiększenie wytwarzania biogazu umożliwia stosowanie fermentacji osadów ściekowych metodą mezofilową (w temperaturze 35 °C). Efekty w stosujących je 120 zakładach oczyszczania w całej Polsce wynoszą od ok. 40 do nawet 200% (w Tychach) odzyskanej energii. Podsumowując, obecnie ponad 60% firm wodociągowych wytwarza zieloną energię w swoich oczyszczalniach, niektóre z nich stają się oczyszczalniami częściowo lub całkowicie pasywnymi energetycznie. Wodociągi są wiodącym prosumentem biznesowym w wytwarzaniu i zagospodarowaniu biogazu oraz wykorzystaniu energii słonecznej.

Oczyszczalnia Płaszów – dwie dekady ciągłego rozwoju

Energetyczna samowystarczalność jest celem Wodociągów Miasta Krakowa. Zaobserwować to możemy m.in. w głównej oczyszczalni miasta – oczyszczalni ścieków Płaszów, eksploatowanej od 1974 r. Początkowo oczyszczalnia posiadała jedynie część mechaniczną o przepustowości 132 tys. m³. Pod koniec ubiegłego wieku



Oczyszczalnia Płaszów

okazało się, że zarówno przepustowość, jak i jakość oczyszczonych ścieków są niewystarczające i podjęto decyzję o modernizacji. Dzięki pozyskaniu funduszy unijnych w latach 2003–2010 dokonano kompleksowej rozbudowy zakładu. Obecnie jest to jedna z najnowocześniejszych oczyszczalni w Polsce, składająca się nie tylko z części mechanicznej i biologicznej, ale również z bloku osadowego wraz z nowoczesną stacją termicznej utylizacji osadów (STUO).

Do oczyszczalni kolektorem Płaszowskim doprowadzane są ścieki z centralnego systemu kanalizacyjnego Krakowa, a kolektorem Bieżanowskim z południowego obszaru miasta. Średni przepływ ścieków wynosi 165 tys. m³/d, natomiast maksymalny 656 tys. m³/d (podczas deszczu). Część biologiczna posiada przepustowość 320 tys. m³/d. Efekty oczyszczania są zgodne z prawem polskim i unijnym, gwarantują też wypełnienie nałożonych na Polskę zobowiązań dotyczących poprawy czystości wód Wisły, a w dalszej konsekwencji Morza Bałtyckiego.

Proces technologiczny i wytwarzanie biogazu

Dopływające do oczyszczalni ścieki, po przejściu przez kraty rzadkie, pompownię I stopnia i kraty gęste, trafiają do napowietrzanych piaskowników, w których usuwana jest zawiesina mineralna (piasek) i tłuszcz. Następnie przez komorę rozdzielczą kierowane są na osadniki wstępne, dochodzi tam do wytrącenia zawiesiny wolno opadającej oraz tłuszczu. Dalej przez pompownię II stopnia ścieki dopływają do komór osadu czynnego, gdzie prowadzony jest proces w reaktorze przepływowym z wydzielonymi komorami beztlenową, niskotlenową i tlenową z wewnętrzną recyrkulacją. Osad wtórny jest częściowo zawracany pompami recyrkulacyjnymi na początek komór osadu czynnego, stanowiąc żywą, czynną biologicznie kulturę bakteryjną, dla której źródłem pożywienia są świeże, napływające z osadników wstępnych ścieki. Nadmiar osadu wtórnego jest zagęszczany mechanicznie. Podobnie też osad wstępny z osadników wstępnych jest zagęszczany w zagęszczaczu grawitacyjnym. Oba osady, tj. wstępny i wtórny, zagęszczone do uwodnienia ok. 95%, pompowane są do wydzielonych komór fermentacyjnych i poddawane fermentacji trwającej średnio ok. 22 dni.

Podczas biologicznego procesu rozpadu w trakcie fermentacji substancje organiczne przetwarzane są w wartościowy gaz pofermentacyjny. Odbywa się to w procesie fermentacji metanowej, który następuje po zajęciu fermentacji kwaśnej. Jest to proces, w którym rozkładają się wolne kwasy tłuszczowe powstałe w poprzedniej fazie, a odczyn zaczyna być bardziej zasadowy. Wskutek rozkładu kwasów tłuszczowych do CO₂ i CH₄ (metanu)

ilość metanu wzrasta, gdyż uwolniony poprzednio wodór tworzy z węglem metan. Gaz z fermentacji zawiera wówczas CH₄ i CO₂.

Przefermentowany osad poddawany jest końcowemu odwadnianiu na prasach taśmowych i transportowany do STUO, natomiast biogaz ujemuje się w górnej części komór fermentacyjnych.

Biogaz jest wytwarzany w czterech wydzielonych komorach fermentacyjnych. Komory te mają pojemność 5 tys. m³ każda i jednostkową wydajność 150 m³ biogazu na godzinę. Łącznie w oczyszczalni produkuje się ok. 15 tys. m³ biogazu na dobę. Jest on magazynowany w dwóch zbiornikach o pojemności 2100 m³ każdy. W składzie biogazu otrzymywanego w procesie fermentacji osadów występuje metan (od 63,96 do 65,45%), dwutlenek węgla (od 34,35 do 35,86%) i siarkowodor (H₂S, 46,75 mg/m³). Wartość opałowa uzyskiwanego biogazu jest wyższa, niż zakładano na etapie projektowym – nie jest to założone 22 MJ z 1 m³, ale 23,8 MJ. W związku z tym z 1 m³ biogazu można otrzymać 4,6 kW energii elektrycznej lub cieplnej przy zakładanej wydajności 4 kW.

W ostatnim etapie biogaz jest poddawany odsiarczaniu w odsiarczalni pracującej w układzie mokrym i gromadzony w zbiornikach. Używany jest do zasilania generatorów pracujących w układzie kogeneracji oraz kotłowni gazowej. W razie wystąpienia takiej konieczności ewentualny nadmiar biogazu może być spalony w pochodni gazowej.

Produkcja energii elektrycznej i ciepła

Wytwarzany biogaz służy do produkcji energii elektrycznej i cieplnej, w całości zużywanej na potrzeby własne oczyszczalni. Służą do tego dwie jednostki kogeneracyjne. Waga jednej kompletnej jednostki wynosi 12,5 t. Kogenerator wyposażony jest w 16-cylindrowy silnik gazowy z turbodoładowaniem, który zużywa 290 m³/h biogazu przy pełnym obciążeniu. Znamionowa moc elektryczna jednostki wynosi 800 kW, a moc cieplna 810 kW.



Silnik jednostki kogeneracyjnej

Jednostka kogeneracyjna składa się z zespołu prądotwórczego, zabudowanego wewnątrz obudowy dźwiękochłonnej. Zespół kogeneracyjny stanowi spalinowy silnik biogazowy oraz prądnicę synchroniczną. Dodatkowo w skład zespołu wchodzi moduł cieplny zawierający zestaw wymienników ciepła oraz pompy obiegowe, a także system odprowadzania spalin (dwa tłumiki montowane szeregowo ponad modułem cieplnym), chłodnica wentylatorowa awaryjnego chłodzenia obiegu pierwotnego silnika oraz chłodnica wentylatorowa obiegu intercoolera. Energia elektryczna produkowana przez zespół prądotwórczy wyprowadzana jest za pomocą rozdzielnic energetycznych.

Jednostki kogeneracyjne pokrywają ok. 47% zapotrzebowania oczyszczalni na energię elektryczną i w 100% zapotrzebowanie na ciepło przy temperaturach zewnętrznych do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poniżej tej temperatury z uwagi na wielkość zapotrzebowania na ciepło uruchamiana jest dodatkowo kotłownia gazowa. Miesięczna produkcja energii elektrycznej z kogeneracji wynosi ok. 800 MWh i ok. 800 MWh energii cieplnej, co pozwala na zaoszczędzenie środków finansowych związanych z zakupem energii elektrycznej u dostawcy.

Efektywny system ciepłowniczy oczyszczalni

Podpisaniem umowy z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie 29 listopada 2021 r. Wodociągi Miasta Krakowa rozpoczęły realizację projektu *Modernizacja gospodarki elektroenergetycznej, cieplnej i biogazowej na terenie Oczyszczalni Ścieków Płaszów w Krakowie przy ul. Kosiarzy 3*. Po jego zakończeniu system ciepłowniczy oczyszczalni stanie się efektywny, tzn. zgodnie z dyrektywą 2012/27/UE wykorzystujący do produkcji ciepła co najmniej 50% energii ze źródeł odnawialnych oraz ciepło odpadowe. Projekt zakłada wykorzystanie w 100% ciepła pochodzącego z kogeneracji oraz ciepła odpadowego powstającego w procesie termicznej utylizacji osadów ściekowych. Całkowity koszt projektu wynosi 12 144 156,54 zł, w tym wartość pozyskanego dofinansowania 4 442 984,10 zł. Projekt jest realizowany ze środków Mechanizmu Europejskiego Obszaru Gospodarczego w ramach Programu Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu (Fundusze Norweskie). Obszar programowy to energia odnawialna, efektywność energetyczna, bezpieczeństwo energetyczne.

Projekt swoim zakresem obejmuje m.in.:

- przebudowę instalacji biogazu do zasilania istniejących oraz planowanych modułów kogeneracyjnych oraz wymianę zbiorników biogazu na zbiorniki sferyczne o pojemności 2000 m^3 , pozwalające na korzystanie w szerszym zakresie z pojemności buforowej zbiornika. Obecnie eksploatowane zbiorniki mogą być opróżnianie do ok. 60–70% pojemności znamionowej, natomiast nowe zbiorniki będą mogły być opróżnianie do 30% pojemności znamionowej, co zdecydowanie poprawi możliwości gospodarowania zgromadzonym biogazem i umożliwi zwiększoną produkcję energii elektrycznej w okresach dużego zapotrzebowania;
- dobudowę dwóch modułów kogeneracyjnych o mocy ok. 800 kW każdy, z niskoemisyjnymi silnikami spalającymi biogaz przy zawartości w spalinach NO_x (tlenków azotu) 250 mg/ Nm^3 . Spowoduje zmniejszenie emisji NO_x o 49,6%. Jednostki te zostaną zabudowane w odpowiednich kontenerach;
- wykonanie instalacji biogazowej do zasilania nowych modułów kogeneracyjnych;
- budowę stacji transformatorowej 15/0,4 kV, umożliwiającej podłączenie nowych jednostek wytwórczych do istniejącej sieci średniego napięcia w obiekcie;
- rozbudowę sieci cieplnej niskoparametrowej dla wykorzystania ciepła skojarzonego z kogeneracji do ogrzewania budynków już podłączonych do sieci cieplnej, a także nowo przyłączonych obiektów: stacji przyjęcia osadów z kanalizacji, budynku socjalnego z centralą dyspozytorską i warsztatów;
- wykorzystanie do celów grzewczych ciepła odpadowego pochodzącego ze spalarni osadów, obecnie wytracanego (rozpraszanego do atmosfery) za pomocą chłodziń wentylatorowych;
- modernizację układu elektroenergetycznego oczyszczalni.



Obecnie eksploatowane zbiorniki biogazu



Chłodnia wentylatorowa przy STUO

Projekt kompleksowo traktuje kwestie związane z wytwarzaniem, magazynowaniem i zagospodarowaniem biogazu oraz wytwarzaniem energii elektrycznej i cieplnej. Dzięki jego realizacji nastąpi zwiększenie produkcji prądu i ciepła. Nowe jednostki kogeneracyjne będą też mniej kosztowne w eksploatacji, gdyż zużycie oleju do smarowania silników zostanie ograniczone o ok. 50%.



Jeden z obiektów planowanych do ogrzewania ciepłem odpadowym

Ponadto realizacja projektu umożliwi pełne pokrycie zapotrzebowania na energię cieplną dla celów technologicznych i socjalnych (instalacje grzewcza i przygotowania ciepłej wody użytkowej). Odzyskana zostanie również energia cieplna aktualnie tracona w chłodziach wentylatorowych.

Obecnie trwają przygotowania do ogłoszenia przetargu na wybór wykonawcy, który zrealizuje całość zadania.

Kolejny projekt

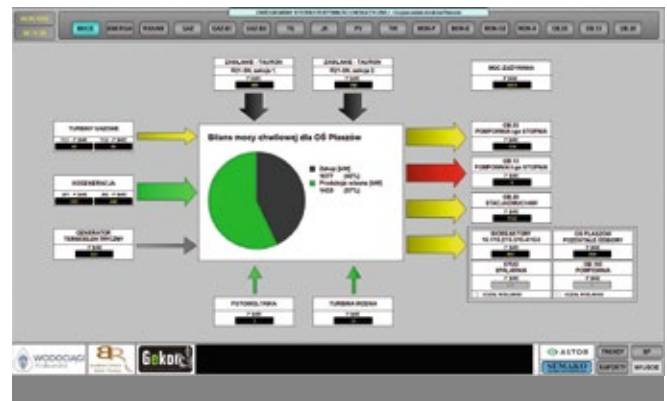
Rozpoczęty właśnie projekt jest już kolejnym usprawniającym gospodarkę energetyczną w oczyszczalni Płaszów, która docelowo ma stać się jednostką pasywną. W latach 2015–2017 przedsiębiorstwo zrealizowało w konsorcjum z Akademią Górniczo-Hutniczą grant naukowo-badawczy *Energetycznie pasywna oczyszczalnia ścieków*. Całkowity koszt projektu wyniósł 14 472 750,00 zł, z czego kwota dofinansowania ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju to 6 959 662 zł (w ramach programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych). Celem było stworzenie zintegrowanego systemu efektywności energetycznej (ZSEE), zdolnego znacznie obniżyć zużycie energii konwencjonalnej, a tym samym zbliżającego oczyszczalnię do poziomu obiektu pasywnego. Zwiększenie produkcji energii elektrycznej z OZE i stworzenie systemu zarządzania tą energią (turbiny gazowe, turbina wodna, odzysk ciepła odpadowego) przyczyniło się do obniżenia kosztów funkcjonowania oczyszczalni przez ograniczenie zakupów energii oraz zmniejszenie emisji CO₂, SO₂ i NO_x do atmosfery.



Turbina na wylocie ścieków oczyszczonych w trakcie prac przeglądowych

W ramach projektu zamontowano turbinę Kaplana, sprzężoną z generatorem o mocy 85 kW. Zlokalizowano ją na zrzuście ścieków oczyszczonych z oczyszczalni Płaszów do Drwiny, w miejscu maksymalnego spadku – ok. 3,7 m. W porze bezdeszczowej średnia moc wytwarzana przez turbinę wynosi ok. 60 kW, a w 2021 r. ta minielekrownia wodna wyprodukowała 317 MWh energii elektrycznej. Jednym z innowacyjnych elementów projektu jest generator termoelektryczny (GTE), zamontowany na ciągu spalinowym silnika kogeneracyjnego zasilanego biogazem pochodzącym z fermentacji osadów ściekowych. W ramach projektu zostały zabudowane dwie turbiny gazowe. Ich zadaniem jest wykorzystanie okresowego nadmiaru biogazu, który nie może być spalony w jednostkach kogeneracyjnych. Praktycznie eliminuje to spalanie biogazu w pochodni oraz umożliwia generowanie dodatkowej energii elektrycznej na potrzeby oczyszczalni.

Sercem systemu jest ZSEE, który optymalizuje pracę układów technologicznych. Całość systemu została podzielona na poszczególne warstwy odzwierciedlające układ logiczny i funkcjonalny zakładu. System jest połączony z wszystkimi wymaganymi elementami istniejącego układu automatyki oczyszczalni, systemem SCADA oraz zintegrowany z kogeneratorem, turbinami gazowymi, turbiną wodną oraz z doświadczalną farmą fotowoltaiczną.

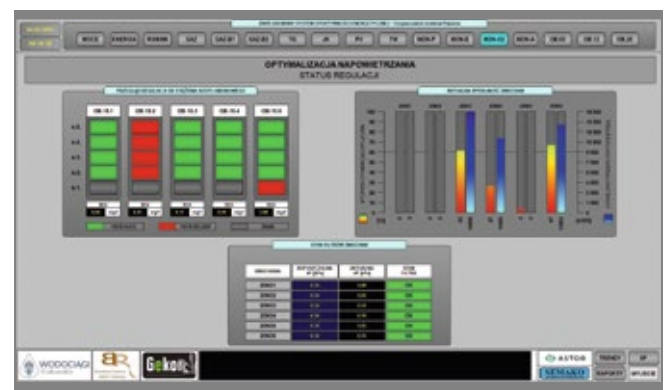


Ekran systemu ZSEE – aktualny pobór energii elektrycznej



Ekran systemu ZSEE – bilans gospodarki biogazowej

Istniejący system usprawnia zarządzanie produkcją energii, służy także do bieżącej kontroli i optymalizacji jej zużycia. Odbywa się to m.in. przez odpowiednie sterowanie urządzeniami technologicznymi, tak aby w danym momencie pracowały urządzenia o najwyższej sprawności.



Ekran systemu ZSEE – optymalizacja procesu napowietrzania

Jak więc widać, przyjęta przez Wodociągi Miasta Krakowa strategia rozwojowa jest spójna i konsekwentna. Nowo rozpoczęty projekt modernizacji gospodarki elektroenergetycznej, ciepłej i biogazowej w oczyszczalni Płaszów to kolejny krok w stronę samowystarczalności energetycznej tego zakładu. Umożliwi nie tylko obniżenie kosztów oczyszczania ścieków przez zmniejszenie zakupów energii konwencjonalnej, ale również spowoduje ograniczenie emisji szkodliwych gazów, co przyczyni się do poprawy stanu środowiska.

www.wodociagi.krakow.pl



Czytaj więcej

Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

DROGI • GEOINŻYNIERIA • GEOTECHNIKA • HYDROTECHNIKA • INŻYNIERIA BEZWYKOPOWA • INŻYNIERIA ŚRODOWISKA • MOSTY • PRZEPUSTY • TUNELE

nr 2 (101), marzec – kwiecień 2022, cena 24,90 zł (w tym 8% VAT)



WODOCIĄGI
Miasta Krakowa

121 lat jesteśmy z Wami. Każdego dnia!



wodociagi.krakow.pl

