

- **Mgr inż. Łukasz Kus,**
Przedsiębiorstwo Zagospodarowania Odpadów Sp. z o.o. Gliwice
- **Mgr Magdalena Budny,**
Prezes Zarządu, Przedsiębiorstwo Zagospodarowania Odpadów Sp. z o.o. Gliwice
- **Dr hab. inż. Tomasz Jaworski,**
Prof. PŚ, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska

Wpływ nawadniania złoża deponowanych odpadów komunalnych na parametry pozyskiwanego biogazu

na przykładzie instalacji przetwarzania odpadów w Gliwicach

Aktualne regulacje prawne określają szczegółowo, jakie wymagania stawia się Składowiskom odpadów komunalnych, które stanowią obiekty budowlane, zlokalizowane i urządzone w celu deponowania odpadów. Odnoszą się one nie tylko do eksploatacji, czy rodzaju przyjmowanych odpadów, a także do sposobów ich unieszkodliwiania, magazynowania, przechowywania i zagospodarowywania. Składowiska stanowią jedne z najtrudniejszych budowli inżynierskich. Wynika to z dużej powierzchni tych obiektów, pojemności, grubości warstw odpadów, długiego okresu eksploatacji i minimalnego możliwego oddziaływania na środowisko naturalne. W wyniku składowania odpadów na składowiskach w złożu dochodzi do wielu przemian biochemicznych i mikrobiologicznych. W ich wyniku powstaje wiele substancji, a najdłużej emitowanymi są odcieki i gaz składowiskowy [1, 2, 3].

Biogaz

Biogaz z głównym składnikiem jakim jest metan, tworzy się samoczynnie w wyniku przebiegającej fermentacji beztlenowej na składowiskach organicznych odpadów komunalnych. Jest on źródłem niebezpiecznej emisji, gdyż jest gazem cieplarnianym, którego potencjał jest ponad 20-krotnie większy niż dwutlenku węgla. W tym kontekście powstały wy-

mogi w zakresie sposobu gromadzenia, oczyszczania i wykorzystania lub unieszkodliwiania gazu składowiskowego. Niekontrolowana emisja biogazu stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego oraz środowiska naturalnego. Najlepszym sposobem uniknięcia powyższych zagrożeń jest zbudowanie instalacji odgazowującej i spalenie gazu w pochodni lub jego wykorzystania do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Produkcja biogazu w złożu może trwać do 30 lat od momentu zdeponowania odpadów. Skład i ilość powstałego biogazu zależy głównie od ilości i jakości frakcji organicznej odpadów zdeponowanej na składowisku. Duże znaczenie mają również takie czynniki jak: wysokość składowania, temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, sposób nawadniania złoża i zagęszczanie zdeponowanej frakcji. Przyjmuje się, że w praktyce

z jednej tony odpadów można pozyskać 200-250 m³ gazu wysypiskowego o zawartości metanu ok. 45-65%. Wartość energetyczna biogazu może wahać się od 19000 do 23000 kJ/m³ [5, 6, 7].

Parametry pozyskiwanego biogazu, a nawadnianie składowiska

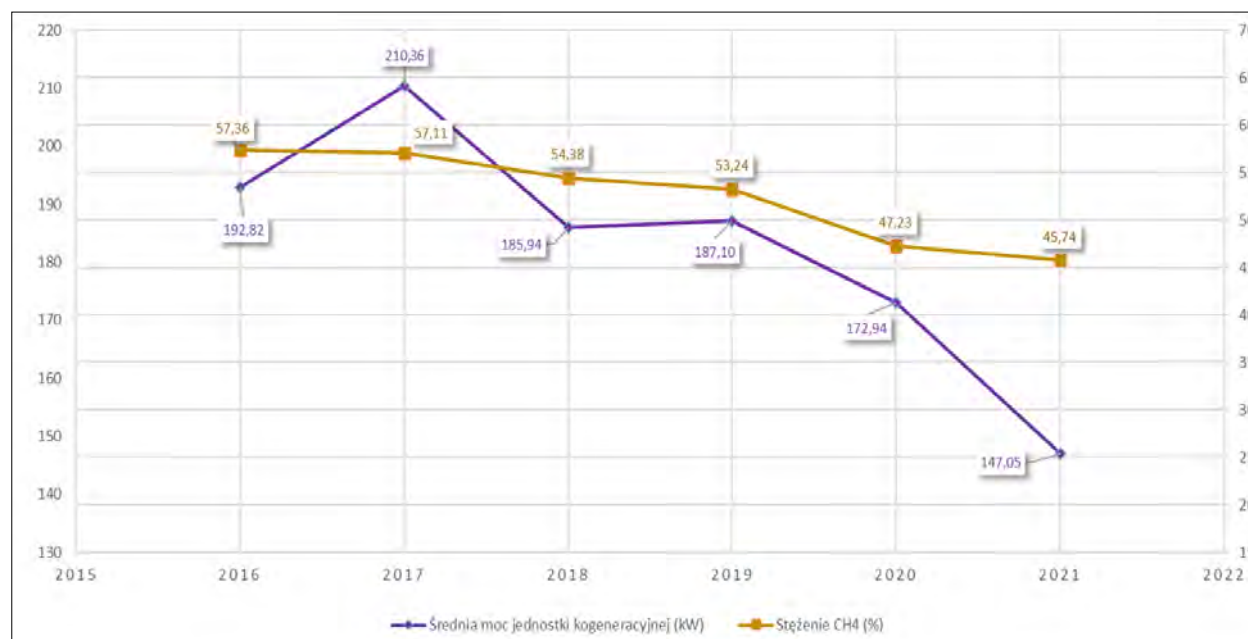
W eksploatacji instalacji odgazowania ważnym elementem jest odpowiednie nawadnianie kwater z jednoczesnym monitorowaniem parametrów powstającego gazu. Odpady jako substrat po zdeponowaniu i zagęszczeniu nie podlegają procesom mieszania, toteż jedynym sposobem na transport substancji odżywczych dla bakterii metanowych jest faza ciekła. W zależności od ilości zawracanych odcieków, pory roku, opadów atmosferycznych, ciśnienia atmosferycznego, skład biogazu jest zmienny. Wpływa to na udział procentowy w gazie składowiskowym, metanu, dwutlenku węgla oraz ilości powstającego siarkowodoru. Dla optymalnej produkcji biogazu przyjmuje się, że wilgotność złoża, która pozwala na podtrzymywanie procesu wynosi powyżej 50%. Z kolei

wilgotność około 30% działa w sposób hamujący, a poniżej 15% zatrzymuje proces fermentacji. Dla poprawności zachodzących przemian nie bez znaczenia jest również odczyn oraz temperatura złoża. Duża ilość zmiennych czynników wymaga stałego monitorowania składu gazu i jego ilości. Procesy fermentacji w złożu zachodzą cały czas nawet w fazie poeksploatacyjnej składowiska, toteż nawadnianie kwater już zrehabilitowanych jest tak samo kluczowe, jak i kwater eksploatowanych [2, 4].

Instalacja odgazująca wraz z układem kogeneracji zastosowana w PZO Sp. z o.o. w Gliwicach

Na terenie instalacji przetwarzania odpadów w Gliwicach znajduje się obecnie pięć kwater. Największa z nich to tzw. „stare składowisko odpadów”. Jest to najstarsza kwatera, która obecnie jest zrehabilitowana i nieczynna. Kwatery nowsze to kwatery o numerze I, II, III i IV. Kwatery numer I i II zostały wybudowane jako pierwsze i są przedłużeniem „starego składowiska odpadów”, obecnie również zrehabilitowane i nieczynne.

Najmłodszą kwaterą jest kwatera numer IV, gdzie do 2019 r. prowadzono składowanie odpadów, a obecnie podlega ona tylko rekultywacji. Czynna kwatera to kwatera numer III oddana do użytku we wrześniu 2018 r. i eksploatowana do dnia dzisiejszego. Wszystkie kwatery, oprócz „starego składowiska odpadów” - posiadają czynny system odgazowania. Na poszczególnych etapach zapewnienia każdej z kwater został położony poziomy system rurociągów perforowanych w celu odbioru z wnętrza składowiska biogazu powstającego w procesach fermentacji. Każda kwatera posiada kilka takich poziomów odgazowania, oprócz kwatery numer III, gdzie w 2020 r. został zakończony pierwszy etap odgazowania. Obecnie w kwaterach numer I, II, III i IV znajdują się 63 rurociągi odgazowujące. Na terenie instalacji przetwarzania odpadów zlokalizowane są trzy kontenery ujęcia biogazu, gdzie indywidualne nitki odgazowujące z kwater trafiają do rurociągu zbiorczego. Za pobieranie gazu z komór składowiska odpowiedzialny jest silnik ssaw z wirnikiem łopatkowym, który wytwarza niewielkie podciśnienie w rurociągach. Za ssawą biogaz jest przekazywany do jednostki kogeneracyjnej.



Rys. 1. Średnia roczna moc na jakiej pracowała jednostka kogeneracyjna w odniesieniu do zawartości metanu w biogazie

System nawadniania obejmuje wprowadzanie odcieków za pomocą rurociągów do wnętrza kwater oraz system hydrantów pozwalający rozpraszać odciek po wierzchołku.

W nowopowstałych nitkach odgazowujących można zauważyć duże ilości CO₂ (powyżej 60% objętości biogazu), przy niewielkim udziale CH₄ (powyżej 15% objętości biogazu). Dopiero po okresie paru miesięcy zawartość metanu wzrasta na tyle (50-60% objętości biogazu), że można dopuścić nitkę do eksploatacji. Taka sytuacja pokazuje, że wybudowanie systemu odgazowania nie pozwala na natychmiastowe pozyskanie biogazu do spalania.

W złożach ustabilizowanych wielkość produkcji metanu oscyluje w zakresach stężeń od 35 do 80%, choć okresowo może zdarzyć się, że niektóre nitki muszą zostać odłączone, aby można było z nich korzystać w późniejszym okresie (wznowienie procesu fermentacji). Należy pamiętać, że przy zmniejszaniu ilości nitek odgazowujących dopuszczonych dostarczających biogaz wzrasta podciśnienie w gazociągach zbiorczych. Może to skutkować problemami z utrzymaniem odpowied-

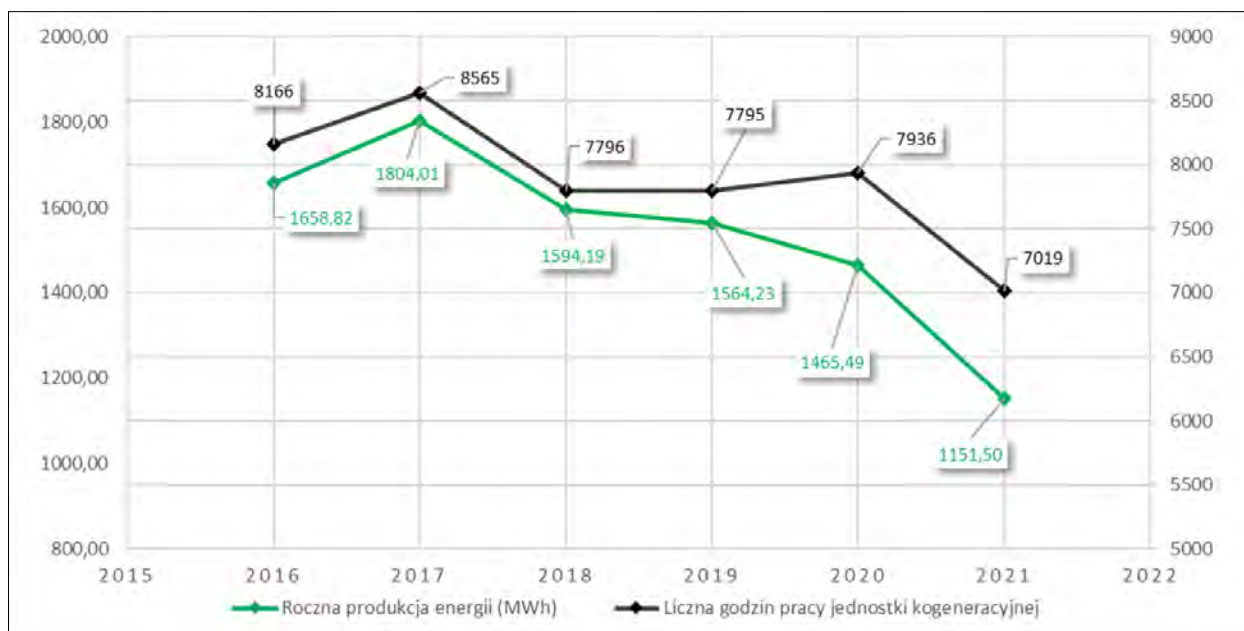
niego ciśnienia dla gazu podawanego do spalania.

Od 2011 r. na terenie składowiska odpadów w Gliwicach zaczęła pracować nowa jednostka kogeneracyjna, która zastąpiła dwa poprzednie agregaty. Jest to 12 cylindrowy silnik MAN E 2842 o mocy nominalnej 380 kW sprzęgnięty z prądnicą MJB 355 SA4 o mocy 365 kWe (moc elektryczna). Jednostka została przystosowana do produkcji energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu. Odzysk ciepła pozwala na ogrzanie budynków biurowych wraz z halą dla pojazdów specjalistycznych oraz podgrzanie wody użytkowej przez cały rok. Produkcja energii elektrycznej zapewnia pokrycie w całości potrzeb własnych PZO Sp. z o.o. w Gliwicach, a nadwyżka energii elektrycznej produkowanej przez agregat jest eksportowana do sieci średniego napięcia i sprzedawana do TAURON S.A. Minimalne wartości dla biogazu jakie musi on spełniać w celu zasilania silnika, to stężenie metanu przekraczające 45% oraz ciśnienie gazu nie mniejsze niż 38 mbar.

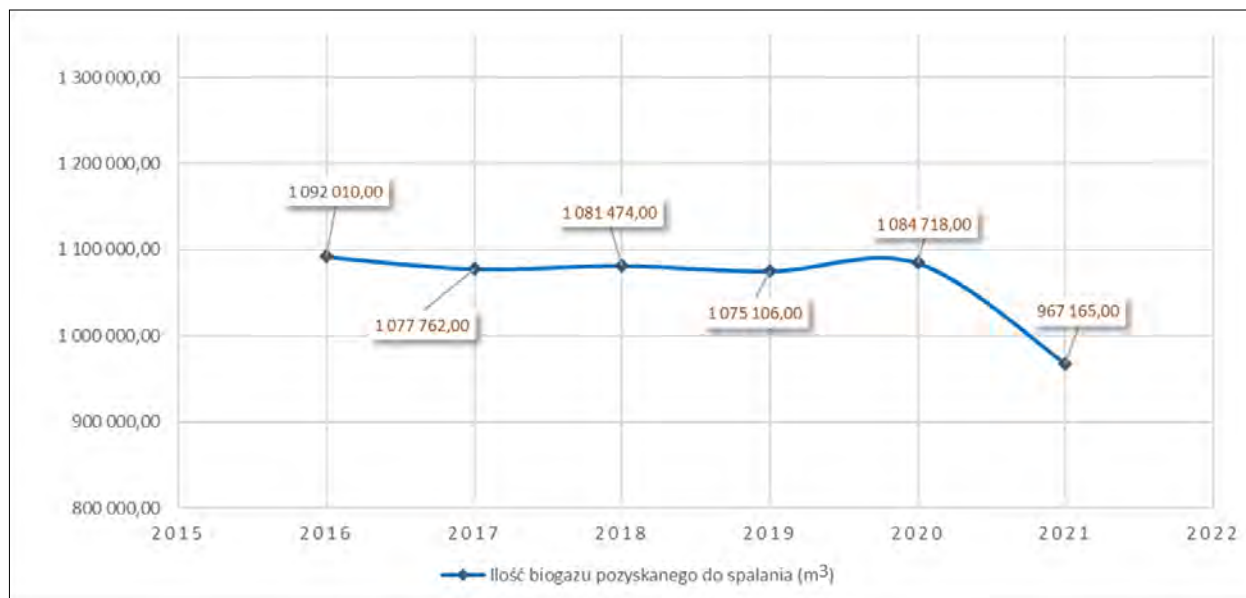
Wpływ nawadniania kwater składowiska na parametry biogazu

W celu oceny wpływu nawadniania kwater na ilość produkowanego biogazu oraz jego skład przeprowadzono analizę polegającą na sprawdzeniu zawartości metanu oraz dwutlenku węgla w gazie ze złoża odpadów, które nawadniano regularnie, a następnie wstrzymano ten proces. Przedział czasowy jaki wzięto do analizy to lata 2016-2021. Na instalacji przetwarzania odpadów w Gliwicach pomiary biogazu przeprowadzono w dni robocze, toteż przedstawione wyniki są wartością uśrednioną dla całego roku kalendarzowego. W latach 2016, 2017, 2018, 2019 regularnie nawadniano kwaterę składowiska zawracanym odciekiem, co przełożyło się na ilość produkowanego biogazu oraz zawartość metanu. Miało to również bezpośredni wpływ na moc z jaką pracowała jednostka kogeneracyjna oraz czas pracy instalacji biogazowej w danym roku. W 2020 wstrzymano proces nawadniania i na bieżąco dokonywano takich samych pomiarów parametrów gazu jak w latach 2016, 2017, 2018 i 2019.

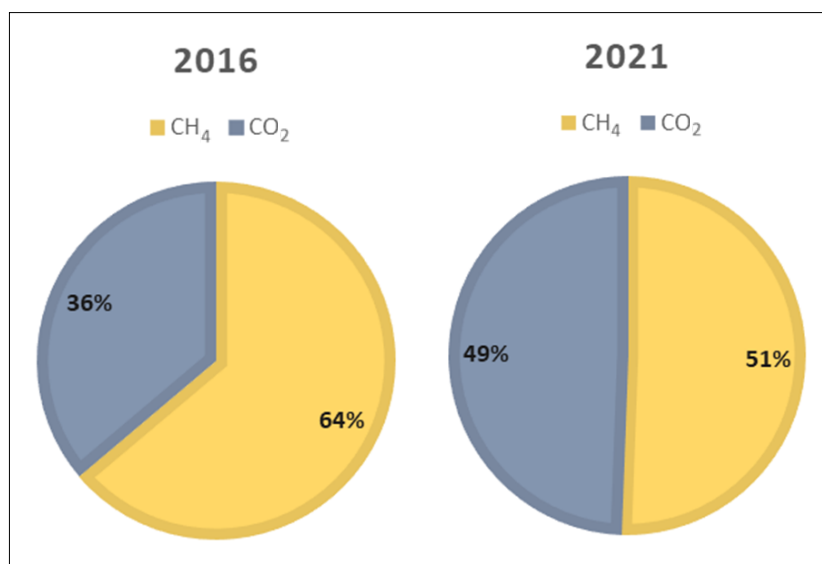
Rys. 1 pokazuje spadek zawartości metanu w biogazie o ok. 20% i spadek mocy generowanej przez jednostkę kogeneracyjną o ok. 24% spowod-



Rys. 2. Roczna produkcja energii elektrycznej oraz ilość godzin pracy jednostki



Rys. 3. Ilość biogazu pozyskanego do spalania w jednostce kogeneracyjnej



Rys. 4. Udział procentowy CH₄ i CO₂ w strumieniu pozyskiwanego biogazu w 2016 r. i 2021 r.

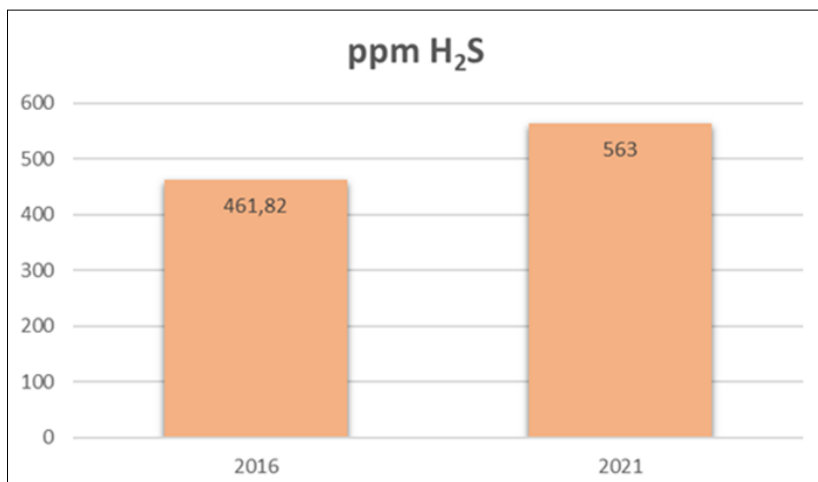
wane brakiem nawadniania, natomiast rys. 2 przedstawia spadek energii dla tego przypadku. Należy pamiętać, że moc generowana to wartości uśrednione z całego roku, na którą wpływają czynniki, tj.: awarie jednostki, remont kapitalny, okresowe serwisy. Zawartość metanu w biogazie to średnia z prawie 300 wartości liczbowych dla poszczególnych lat.

Brak nawadniania kwater wpłynęło także, na ilość pozyskanego biogazu do spalania (rys. 3). Wyłączenia jednostki kogeneracyjnej oraz przestoje były powodowane spadkiem kaloryczności biogazu i niskim stężenia CH₄.

Przy zaprzestaniu zwracania wód odciekowych można zauważyć spadek produkcji CH₄ i regresję procesu fermentacji (rys. 4). Taka sytuacja prowadzi do

wzrostu udziału CO₂ i H₂S w biogazie. Niezadbanie o optymalne nawadnianie kwater może w dłuższej perspektywie skutkować „wygaszeniem” procesu produkcji biogazu. Odbudowanie złoża może zająć tyle samo czasu ile jest wymagane do uzyskania biogazu o odpowiednich parametrach przy nowo powstałych kwaterach.

Pomiary zawartości siarkowodoru są kluczowe dla pracy jednostki kogeneracyjnej. Producent silnika dopuszcza stężenie tego związku w biogazie przeznaczonym do spalania poniżej 150 ppm (parts per milion). W 2015 r. przy jednostce kogeneracyjnej w PZO Sp. z o.o. w Gliwicach wybudowano na nitce zasilania w biogaz dodatkowe urządzenie, którym jest odsiarczalniki. Pracuje on na złożu rudy darniowej, która absorbuje na swojej powierzchni siarkowodor. Zastosowanie złoża rudy darniowej powoduje zmniejszenie zawartości siarkowodoru w biogazie, co ma istotny wpływ na żywotność jednostki napędowej oraz zmniejsza zawartość szkodliwych związków siarki. Możliwości absorpcyjne złoża są ograniczone i należy je okresowo wymieniać. Odsiarczalniki pozwalają zredukować zawartość H₂S w biogazie do ok. 10 ppm, przy świeżym złożu rudy. Pomimo tego, że proces odsiarczania



Rys. 5. Średnia zawartość H₂S w biogazie w 2016 r. i 2021 r.

ma dużą skuteczność, nienawadnianie złoża odpadów powoduje wzrost zawartości siarkowodoru w biogazie, co znacząco skraca czas przydatności rudy darniowej i wiąże się z częstszymi

jej wymianami, a to z kolei stanowi wzrost kosztów eksploatacji instalacji biogazowej. Na rys. 5 przedstawiono zawartość H₂S w biogazie w jednostkach ppm w 2016 r., podczas nawad-

niania kwater i w 2021 r., gdy zaprzestano prowadzenia tego procesu.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można stwierdzić, że wykorzystanie energetyczne biogazu jest bezpośrednio związane z nawadnianiem kwater. Przedstawione dane i ich analiza dotycząca instalacji przetwarzania odpadów w Gliwicach miała na celu zweryfikowanie sprawności obecnego systemu nawadniania kwater oraz umożliwić obliczenie optymalnej ilości odcieków zawracanych na składowisko. Wnikliwa analiza wyników będzie miała wpływ na sposób modernizacji wybranych elementów składowiska odpadów. Dzięki obliczeniom będzie można wykonać bilans wód wpływających i wypływających z poszczególnych kwater, jak i wdrożyć bardziej efektywny system ich nawadniania. □

Literatura:

- [1] Fudala-Książek S., Łuczkiwicz A., Kulbat E., Remiszewska-Skwarek A., Charakterystyka odcieków powstających na składowiskach odpadów w aspekcie wyboru metody ich oczyszczania, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2018.
- [2] Kaplewska J., Ocieki ze składowisk odpadów komunalnych jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska wodnego, Uniwersytet w Białymstoku, Białystok 2018.
- [3] Grosser A., Jelonek P., Neczaj E., Trendy w oczyszczaniu odcieków składowiskowych, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2013.
- [4] Machajski J., Olearczyk D., Bilans wodny w obrębie składowiska odpadów komunalnych, Polska Akademia Nauk, Kraków 2008.
- [5] <https://www.cire.pl/artykuly/materialy-problemowe/134482-biogaz-skladowiskowy-perspektywa-rozwoju>
- [6] http://www.upebi.pl/biogaz_sklad.html
- [7] <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/gaz-skladowiskowy-skladowiska-odpadow-metan-biogaz-7800.html>

REKLAMA




DWUMIESIĘCZNIK



WORTAL



KONFERENCJE

nowa-energia.com.pl

