



Monografia

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII TEORIA I PRAKTYKA

Pod redakcją

Pawła Ratusznego i Dariusza Suszanowicza



OPOLE 2016

Wydanie monografii finansowane ze środków
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Opolu
W ramach VIII Ogólnopolskiego Festiwalu Ekoenergetyki - Opole, 6-8 XII 2016

RECENZENCI:

dr hab. inż. Stanisław Gajda, prof. nadzw.

dr hab. Agnieszka Dołhańczuk-Śródka

dr Daniel Janecki

© Copyright by Uniwersytet Opolski, Opole 2016

Publikacja dystrybuowana bezpłatnie

Korekta

Izabela Pietkun-Greber

ISBN 978-83-7342-548-4

Wydawnictwo i Drukarnia Świętego Krzyża w Opolu
45-007 Opole, ul. Katedralna 8A
tel. 77 441 71 40, e-mail: sekretariat@wydawnictwo.opole.pl
Sklep internetowy: www.wydawnictwo.opole.pl
Drukarnia: www.drukujunas.eu

SPIS TREŚCI

Strona tytułowa	1
Przedmowa	4
KUMIĘGA Jarosław - „Wyspy energetyczne” - lokalne systemy energetyczne	8
MALICKA Ewa - Szanse i zagrożenia dla małych elektrowni wodnych wynikające ze zmian Ustawy o OZE i Prawa wodnego	12
SUSZANOWICZ Dariusz - Zastosowania odnawialnych źródeł energii w gospodarstwie rolnym ..	15
ŚWISŁOWSKI Paweł, KALINICHENKO Antonina - Polskie rozwiązania i technologie wytwarzania biogazu	25
SŁODCZYK Elżbieta - Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy mikroalg	43
PIETKUN-GREBER Izabela, WIENER Marzena - Biopaliwa pozyskiwane z biomasy glonów	53
RATUSZNY Paweł - Kogeneracja - przegląd technologii	66
SUSZANOWICZ Dariusz - Powietrze jako dolne źródło pompy ciepła	77
PIETKUN-GREBER Izabela, RATUSZNY Paweł, ULAŃCZYK Mateusz, KOSTOWSKA Natalia - - Pompy ciepła jako efektywne i ekologiczne systemy ogrzewania	87
SUSZANOWICZ Dariusz - Wykorzystanie energii wiatru występującego w warstwie przygruntowej oraz architektonicznej	101
TOMCZYK Paweł, WIATKOWSKI Mirosław - Zalety i wady energetyki wodnej	111
WYSZYŃSKI Maciej - Znaczenie inwentaryzacji ornitologicznej w procesie realizacji farm wiatrowych	122
WALSKI Jacek, BUDNIK-RÓDŹ Marzena, TUREK-PLEWA Justyna, CHĘCIŃSKI Sebastian, PAWLAK Sebastian - Wykorzystanie OZE w gminie - dobre praktyki.	131
SOBASZEK Julia, MAMCZUR Sebastian - Ekologiczne hybrydowe systemy grzewcze	142
IWICKI Bartosz - Rewolucja w magazynowaniu energii - aplikacje domowe / komercyjne / przemysłowe	146

PRZEDMOWA

Promowanie nowych technologii wykorzystywania odnawialnych źródeł energii oraz postaw prosumenckich, podniesienie świadomości inwestorskiej i ekologicznej, a także wpływ na rozwój rynku dostawców urządzeń i instalatorów oraz zwiększenie liczby miejsc pracy w tym sektorze to najważniejsze wyzwania stojące zarówno przed administracją państwową i samorządową, jak i przed jednostkami naukowo-badawczymi oraz szeroko pojętym biznesem.

Wymiana doświadczeń między środowiskiem naukowym a przedsiębiorcami pozwala zintensyfikować prace mające na celu wdrożenia innowacyjnych rozwiązań zarówno w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, jak również efektywności energetycznej budynków oraz procesów technologicznych realizowanych w przemyśle.

Powyższe idee skłoniły do zorganizowania przez Uniwersytet Opolski konferencji naukowej nawiązującej do tematyki odnawialnych źródeł energii.

Niniejsza monografia stanowi zbiór wybranych artykułów zgłoszonych i zaprezentowanych w trakcie II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Odnawialne Źródła Energii - Teoria i Praktyka”, zorganizowanej w ramach VIII Festiwalu Ekoenergetyki w Opolu w dniu 7 grudnia 2016 r. Konferencja została zorganizowana we współpracy Samodzielnej Katedry Inżynierii Procesowej, Wydziału Przyrodniczo-Technicznego Uniwersytetu Opolskiego, Fundacji Zielony Feniks oraz Polskiego Związku Motorowego.

Głównymi celami Konferencji były:

- wymiana doświadczeń w zakresie pozyskiwania energii z mikro i małych odnawialnych źródeł między jednostkami naukowo-badawczymi, jednostkami samorządu lokalnego i przedsiębiorstwami,
- zagadnienia gospodarki niskoemisyjnej (GNE) i efektywnego gospodarowania energią w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz produkcyjnych,
- kształtowanie w społeczeństwie postaw prosumenckich, poprzez propagowanie najnowszych osiągnięć naukowych i rozwiązań technologicznych przygotowanych przez przedsiębiorców z zakresu pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych,
- przedstawienie przykładów wdrożeń innowacyjnych rozwiązań z zakresu odnawialnych źródeł energii oraz gospodarki niskoemisyjnej w ramach Warsztatów dobrych praktyk.

Jednym z istotnych wydarzeń w czasie II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Odnawialne Źródła Energii - Teoria i Praktyka” był panel dyskusyjny pt.: „Klasy energii jako narzędzie budowy miksu energetycznego”. Panel prowadzony był przez red. Tomasza Zubilewicza. Swoje stanowiska i opinie zaprezentowali paneliści: Edyta Pęcherz (Polskie Klasy Energii), Dariusz Bliźniak (Polska Agencja Przemysłowo-Obrońska), Rafał Kobyłecki (Politechnika Częstochowska) oraz Robert Szlęzak i Ewa Malicka (TRMEW - Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych).

Głównym tematem dyskusji były klasy energetyczne, które są racjonalnym sposobem bezpośredniego powiązania producentów i konsumentów energii. Połączenie takie ma wpływ na znaczne zwiększenie zysków dla producenta energii, który może otrzymać wyższą cenę, niż w przypadku odsprzedaży do sieci energetycznej, przy czym cena ta może być

jednocześnie bardziej atrakcyjna dla konsumenta od ceny oferowanej przez energetykę systemową.

Klastry energetyczne w znaczącym stopniu mogą przyczynić się do rozwoju energetyki rozproszonej, która ma szansę w nieodległej przyszłości zapewnić pełne zabezpieczenie energetyczne lokalnego rynku, przy czym w chwili obecnej, systemy OZE nie mają zastąpić tradycyjnego sposobu produkcji i dystrybucji energii - obydwa systemy muszą współpracować i uzupełniać się. Ma to również istotny znaczenie dla podniesienia bezpieczeństwa energetycznego.

W czasie dyskusji, w której można było zauważyć podział na zwolenników szczegółowych regulacji prawnych oraz wolności handlowej na rynku energetycznym, zwrócono uwagę na ograniczenia obecnego prawa, np. w zakresie budowy sieci przesyłowych. W tym kontekście rozmawiano również nt. nowej europejskiej strategii energetycznej, która stawia na energię rozproszoną.

Wykorzystanie węgla na cele energetyczne wiąże się nie tylko z emisją zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych, jest to również pewnego rodzaju marnotrawienie tej cennej kopaliny, która jest potrzebna jako surowiec dla przemysłu chemicznego.

Przy projektowaniu systemów energetycznych OZE bardzo ważne jest dopasowanie do warunków lokalnych pod kątem zasobów surowca. Zwrócono uwagę, że niezwykle ważny jest zrównoważony rozwój. Jako przykład negatywny podano budowę dużej spalarni odpadów na cele energetyczne, do której są one zwożone z obszaru o promieniu 150 km. Koszty transportu przekreślają sens takiej inwestycji zarówno pod względem ekonomicznym jak i środowiskowym, chociażby ze względu na emisję, właśnie z transportu.

Miks energetyczny przyszłości to łączona produkcja, dystrybucja i sprzedaż energii elektrycznej, ciepła oraz chłodu, a także i innych nośników energii. Planując rozbudowę sieci przesyłowych już dziś należy zwrócić uwagę na ich modernizację również pod kątem dystrybucji systemowego chłodu, podobnie jak w chwili obecnej dystrybuowane jest ciepło, po to aby obniżyć zużycie energii przez klimatyzatory. Czeką nas gwałtowny rozwój motoryzacji zasilanej energią elektryczną, zwiększone zużycie tego rodzaju energii będzie można zbilansować właśnie poprzez obniżenie zużycia prądu w klimatyzatorach.

Klastry energetyczne jako porozumienie biznesowe pomiędzy producentami energii elektrycznej, ciepła i chłodu a odbiorcami świetnie wpisują się w rozwój energetyki opartej na odnawialnych źródłach energii.

Ważnym aspektem niniejszej Konferencji był również aktywny udział studentów Wydziału Przyrodniczo-Technicznego, kierunków studiów: Odnawialne źródła energii, Inżynieria środowiska, Biotechnologia oraz Edukacja techniczno-informatyczna. Pozwoliło to na włączenie studentów do realizacji prac naukowych oraz poszerzenie wiedzy studentów w zakresie praktycznych wdrożeń innowacyjnych rozwiązań z zakresu OZE, w zakresie wykraczającym poza program studiów.

Paweł Ratuszny
Dariusz Suszanowicz

POLSKIE ROZWIĄZANIA I TECHNOLOGIE WYTWARZANIA BIOGAZU

Streszczenie

Celem pracy było przeprowadzenie przeglądu dostępnych technologii oraz rozwiązań stosowanych w polskich biogazowniach. Dobór technologii w instalacji biogazowej determinuje: wsad (surowiec, substrat), rodzaj wytwarzanej energii, zawartość suchej masy w komorze fermentacji, temperatura procesu, ilość stopni procesu jak również sposób dozowania substratów. Analiza ta związana jest bezpośrednio z oceną na podstawie konkretnych przykładów takich jak instalacje biogazowe w Studzionce czy Boleszynie.

Słowa kluczowe: biogazownia, technologia, produkcja biogazu, biomasa, odnawialne źródła energii

1. Wstęp

Obecnie rozwój odnawialnych źródeł energii jest zauważalny nie tylko w Unii Europejskiej, ale także i w Polsce [2]. Wpływa na to ma nie tylko stanowione prawodawstwo i postanowienia legislacyjne, dyrektywy, którym jesteśmy podporządkowani w ramach wspólnej polityki UE [3], ale także postawy ekologiczne społeczeństwa. Odpowiednie i konsekwentne kształtowanie świadomości ludzkiej może bardzo korzystnie wpłynąć na lepsze zrozumienie i uświadomienie ludzi na zachowanie dziedzictwa przyrodniczego. Jest to związane z poszanowaniem zasobów naturalnych oraz eksploatowanie środowiska tak aby w jak najmniejszy sposób je przekształcać i doprowadzać do jego degradacji. Jednym ze sposobów racjonalnego użytkowania otaczającego nas środowiska jest właśnie korzystanie i wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii w codziennym życiu. Nie tylko w skali przemysłowej do wspomagania działań i operacji technologicznych, ale również w skali mikro- przez każdego nas jako „prosumenta” [4].

Aby zwiększyć zakres stosowania odnawialnych źródeł energii na co dzień, należy nie tylko edukować o korzyściach płynących z ich wykorzystania (ekologicznych i energetycznych), ale również udoskonalać technikę, aby zwiększyć ich efektywność oraz wydajność. Czołowi, światowi producenci inwestują duże środki na nowe badania i na udoskonalanie sprzętu, technologii i obecnie stosowanych rozwiązań. Jeżeli chodzi o wytwarzanie biogazu, to światowym liderem są Niemcy, gdzie funkcjonuje ponad 4,5 tysiąca biogazowni, a łączna ich moc wynosi ok. 800 MW. Według planów rządowych w 2020 r. przewiduje się osiągnięcie mocy zainstalowanej na poziomie 10 000 MW [5].

Obecnie w Polsce funkcjonuje blisko 260 instalacji biogazowych o łącznej mocy nieco ponad 190 MW. Większość z nich generuje zarówno energię elektryczną jak i ciepłą, pozostała część jedynie ciepło. Struktura polskich instalacji biogazowych pokazuje wyraźną przewagę dużych zakładów kogeneracyjnych zlokalizowanych głównie w pobliżu składowisk

odpadów i oczyszczalni ścieków. Dla przykładu, w województwie opolskim funkcjonuje 6 biogazowni o łącznej mocy niemal 3,6 MW [6]. Istnieje kilka instalacji rolniczych, ale cały czas nie mamy instalacji dedykowanych przemysłowym odpadom organicznym, które są najbardziej popularne w pozostałych krajach Unii Europejskiej. Z ekonomicznego punktu widzenia to ogromne zaniedbanie, ponieważ Polska posiada olbrzymi potencjał do produkcji biogazu z odpadów organicznych, a poza tym ten rodzaj odpadów jest najlepszym substratem dla procesu fermentacji [7]. Współczesne polskie instalacje biogazowe były realizowane już w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku według projektów Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) w Warszawie bądź przy jego ścisłej współpracy [8].



Rys. 1. Mapa biogazowni w Polsce [9]

Legenda:

- 1 - Biogazownia w Naclawiu moc: 0,625 MWe
- 2 - Biogazownia w Świelinie moc: 0,625 MWe
- 3 - Biogazownia w Grzmiącej moc: 1,6 MWe
- 4 - Biogazownia w Koczale moc: 2,126 MWe

- 5 - Biogazownia w Płaszczycy moc: 0,625MWe
- 6 - Biogazownia w PawłóWKu moc: 0,946MW
- 7 - Biogazownia w Kujankach moc: 0,3 MW
- 8 - Biogazownia w Uniechówku moc: 1,063 MWe
- 9 - Biogazownia w Giżynie moc: 1,06 MWe
- 10 - Biogazownia w Skrzatuszu moc: 0,53 MW
- 11 - Biogazownia w Mełnie moc: 1,6 MW
- 12 - Biogazownia w Boleszynie moc: 1,2 MWe
- 13 - Biogazownia w Liszkowie moc: 2,126 MWe
- 14 - Biogazownia w Klępsku moc: 1 MW
- 15 - Biogazownia w Klępsku moc: 1 MW
- 16 - Biogazownia w Niedoradzu moc: 0,252MWe
- 17 - Biogazownia w Zbiersku-Cukrowni moc: 1,6MW
- 18 - Biogazownia w Konopnicy moc: 1,99 MW
- 19 - Biogazownia w Zaściankach moc: 1,2 MWe
- 20 - Biogazownia w Koczergach moc: 1,2 MWe
- 21 - Biogazownia w Uhninie moc: 1,27MW
- 22 - Biogazownia w Piaskach moc: 0.99MW
- 23 - Biogazownia w Piekoszowie moc: 0,8 MW
- 24 - Biogazownia w Ostrzeszowie moc: 0,66 MW
- 25 - Biogazownia w Zalesiu moc: 2 MW
- 26 - Biogazownia w Gorzelsławiu moc: 2,126 MW
- 27 - Biogazownia w Bielanych Wrocławskich moc: 0,526 MW
- 28 - Biogazownia w Świdnicy moc: 0,9 MWe
- 29 - Biogazownia w Strzelinie moc: 2 MW
- 30 - Biogazownia w Łanach Wielkich moc: 526 kW
- 31 - Biogazownia w Studzionce moc: 30 kWe
- 32 - Biogazownia w Kostkowicach moc: 0,6 MW

Według rejestru przedsiębiorstw, które zajmują się wytwarzaniem biogazu rolniczego (stan na 07.04.2016 r.), prowadzonym przez Prezesa Agencji Rynku Rolnego (ARR) zarejestrowanych było 77 biogazowni rolniczych o łącznej mocy 92,689 MWe [10].

2. Działania i przedsięwzięcia na rzecz rozwoju biogazu w Polsce

Na politykę państwa w zakresie wykorzystania biogazu rolniczego składa się kilka strategicznych dokumentów:

- Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku (PEP 2030),
- Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020,
- Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych.

Rozwój OZE, w tym biogazowni, jest jednym z podstawowych celów wyznaczonych przez PEP 2030. W dokumencie tym przewidziano wzrost udziału OZE w finalnym zużyciu energii do 15% i 10% w rynku paliw transportowych do 2020 r., co stanowi realizację zapisów tzw. Pakietu klimatyczno-energetycznego „3x20%” przyjętego przez UE w 2008 roku PEP 2030 w części dotyczącej OZE wskazuje potrzebę wsparcia instalacji, wykorzystujących biomasę roślinną oraz odpady ulegające biodegradacji, w tym biogazowni, jako technologii o wysokiej efektywności energetycznej i niskiej emisyjności, należącej do źródeł rozproszonych, które szczególnie wpływają na zwiększenie stabilności pracy systemu

elektroenergetycznego. Dokument wyznacza potrzebę opracowania szczegółowych założeń programu rozwoju biogazowni rolniczych, przy założeniu powstania do roku 2020 średnio jednej biogazowni w każdej gminie, a także realizację przyjętych założeń poprzez usuwanie barier prawnych i popularyzację wiedzy [11].

Aby sprostać tym założeniom Ministerstwo Gospodarki wraz z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi już 6 lat temu opracowało dokument pt. „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020”, który został przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 13 lipca 2010 r.; dokument wychodzi naprzeciw podnoszonym postulatom o konieczności ustanowienia systemu promującego i wspierającego produkcję biogazu rolniczego i wykorzystanie go do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Celem „Kierunków rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020”, zwanych dalej „Kierunkami” jest: stworzenie optymalnych warunków do rozwoju instalacji wytwarzających biogaz rolniczy, wskazanie możliwości współfinansowania tego typu instalacji ze środków publicznych oraz przeprowadzenie stosownych działań edukacyjno-promocyjnych w zakresie budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych. Wdrożenie Kierunków jest niezbędnym elementem procesu utworzenia do 2020 roku średnio jednej biogazowni rolniczej w każdej gminie wykorzystującej biomasę pochodzenia rolniczego, przy założeniu posiadania przez gminę odpowiednich warunków do uruchomienia takiego przedsięwzięcia. Wykonanie założonych celów pozwoli m. in. na: poprawę bezpieczeństwa energetycznego kraju przez zwiększenie zaopatrzenia w energię na odnawialnych nośnikach energii wytwarzanych z surowców krajowych; oparcie znaczącej części dostaw gazu, energii elektrycznej i energii ciepłej oraz biogazu rolniczego jako paliwa transportowego na wielu lokalnych wytwórniach biogazu, co stworzy możliwość dostawy biogazu rolniczego o jakości gazu ziemnego dla wielu mieszkańców wsi i miasteczek oraz podmiotów gospodarczych; tworzenie tzw. lokalnych łańcuchów wartości dodanej m.in. przez aktywizację gospodarczą wsi oraz zwiększenie zatrudnienia wśród społeczności lokalnej oraz jednostek gospodarczych branży rolniczej i związanej z energetyką odnawialną (green jobs); pobudzenie rozwoju lokalnej przedsiębiorczości związanej z wykorzystaniem lokalnie generowanego ciepła; wytwarzanie istotnych ilości energii elektrycznej i ciepłej z surowców niekonkurujących z rynkiem żywności, określanych jako produkty uboczne rolnictwa oraz pozostałości przemysłu rolno-spożywczego; pozyskanie znacznych ilości wysokiej jakości przyjaznych dla środowiska nawozów organicznych w formie pozostałości pofermentacyjnych substratu pochodzenia rolniczego oraz w formie granulatu oraz energetyczne wykorzystanie pozostałości organicznych, które emitują do środowiska gazy cieplarniane. Wszystko to jest możliwe, dzięki wyliczeniom i szacunkom Ministerstwa Gospodarki. Szansą na rozwój wykorzystania biogazu rolniczego w Polsce jest duży potencjał energetyczny krajowego rolnictwa. Teoretyczny potencjał surowcowy szacuje się na możliwość wytworzenia 5 mld m³ biogazu. Realnie dostępny potencjał surowcowy produkcji biogazu, zawarty w produktach ubocznych rolnictwa i pozostałościach przemysłu rolno - spożywczego, wynosi około 1,7 mld m³ biogazu rocznie. W Polsce zużywa się rocznie około 14 mld m³ gazu ziemnego, w tym odbiorcy indywidualni z terenów wiejskich wykorzystują około 500 mln m³ gazu. Szacowana ilość biogazu po oczyszczeniu mogłaby pokryć około 10% zapotrzebowania kraju na gaz lub w całości zaspokoić potrzeby odbiorców z terenów wiejskich oraz dostarczyć dodatkowo 125 tys. MWh_e (energii elektrycznej) i 200 tys. MWh_c (energii ciepłej). Ponadto biorąc pod

uwagę „Prognozę zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku” stanowiącą załącznik nr 2 do „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku” w zakresie zapotrzebowania na energię finalną brutto z biogazu w wytworzeniu energii elektrycznej i ciepła w 2020 roku w wysokości około 850 ktoe, wielkość unikniętych emisji CO₂, w związku z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła z paliw kopalnych, szacuje się na około 3 400 000 ton rocznie [12].

3. Rozwiązania, technologie oraz patenty polskie dla biogazu

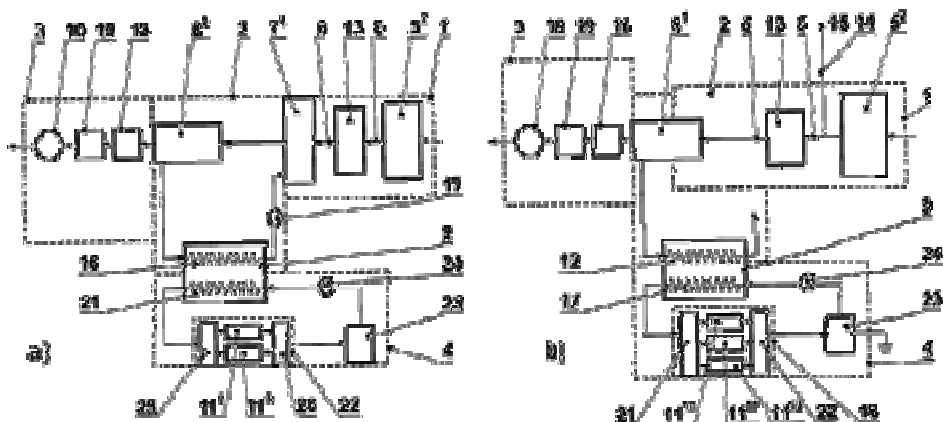
Poniżej zostały opisane polskie technologie oraz patenty, które są wdrożone w życie w celu pozyskiwania biogazu. Rozwiązania te są niejako odpowiedzią na potencjał energetyczny dostępności biogazu w Polsce oraz warunkiem koniecznym do rozwinięcie tego sektora energetyki odnawialnej.

Pierwsze instalacje biogazowe były realizowane już w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku według projektów Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) w Warszawie bądź przy jego ścisłej współpracy. Biogazownie te były wyposażone:

- w komory fermentacyjne stalowe o pojemności 25 m³ i 2 x 25 m³ - przeznaczone dla gospodarstw o obsadzie od 20 do 60 SD (sztuk dużych),
- w komory fermentacyjne żelbetowe o pojemności 50 m³ - przeznaczone dla gospodarstw o obsadzie 40 do 60 SD lub wyższych.

Wyprodukowana gnojowica służy bezpośrednio z budynku inwentarzowego (przy wykorzystaniu sił grawitacji) kanałem do zbiornika wstępnego. Tam, gnojowica jest mieszana pompą wirową, a następnie transportowana przewodem do komory fermentacyjnej. Proces fermentacji w komorze przebiega w sposób ciągły przy cyklicznym zasilaniu partiami świeżej gnojowicy. Wyposażenie komory w rurociąg przelewowy zapewnia odprowadzenie do zbiornika gnojowicy przefermentowanej w tej samej ilości, w jakiej została ona dodana. Zawartość komory jest mieszana za pomocą systemu hydraulicznego trzykrotnie w ciągu doby. Proces fermentacji odbywa się w warunkach mezofilnych. Utrzymanie temperatury 35°C w komorze jest zapewnione przez nagrzewnicę, do której doprowadzona jest ciepła woda z kotła. Komora jest opróżniana rurociągiem spustowym, doprowadzającym jej zawartość do zbiornika na gnojowicę przefermentowaną. Natomiast powstały w wyniku tej operacji biogaz po oczyszczeniu jest doprowadzany rurociągiem do zbiornika stalowego dzwonowego. Do oczyszczania biogazu z siarki używane są filtry z rudy darniowej, a do oczyszczania z wody- odwadniacze. Instalacja gazowa wyposażona jest w licznik gazowy, który pozwala kontrolować produkcję biogazu. Nadmiar gazu może być odprowadzony do atmosfery przez bezpiecznik cieczowy. Przed cofnięciem się płomienia instalacja jest zabezpieczona przerywaczami płomienia. Ze zbiornika gaz jest kierowany do urządzeń gazowych w domu mieszkalnym oraz do kotła wodnego [8].

W Polsce istnieją rodzime instalacje do produkcji biogazu rolniczego stosowanego jako źródło energii cieplnej. Przykładową instalację służącą do uzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej przedstawiono na rysunku 2 [13].



Rys. 2. Schemat instalacji do pozyskania i przetworzenia energii cieplnej z gnojowicy: a) odpadów rolniczych i odpadów przetwórstwa rolno-spożywczego (instalacja 1), b) słomy zbożowej lub trocinami i odpadami drzewnymi (instalacja 2); 1 - układ wytwarzania pośredniego czynnika energetycznego, 2 - układ obiegu pośredniego czynnika energetycznego, 3 - układ wytwarzania energii elektrycznej, 4 - układ pętli cieplnej, 52 - fermentor, 6 - przewód gazowy, 7¹ - kocioł parowy wysokociśnieniowy, 8¹ - silnik gazowy, 8² - turbina parowa (urządzenie przetwarzające energię cieplną na energię mechaniczną), 9 - wymiennik ciepła, 10 - generator prądu, 11⁸-11¹² - odbiorniki ciepła 8-12, 12 - podajnik bel słomy, 13 - zbiornik kompensacyjny, 14 - odgałęzienie, 15 - zewnętrzne źródło gazu palnego, 16 - sekcja oddająca wymiennika ciepła, 17 - pompa wodna, 18 - układ sprzęgający, 19 - przekładnia, 21 - sekcja odbierająca wymiennika ciepła, 22 - zespół odbiorników ciepła, 23 - urządzenie do wyrównywania zmienności odbioru ciepła, 24 - pompa wodna, 25 - urządzenie rozdzielające, 26 - węzeł sumujący [13,14]

Przedstawione na rysunku 2 instalacje produkcji biogazu zasilane są głównie gnojowicą pochodzącą z hodowli trzody chlewnej. W pierwszym przypadku (rys. 2a) instalację zasilano dodatkowo odpadami rolniczymi i odpadami przetwórstwa rolno-spożywczego, w wyniku czego z 8 ton biomasy uzyskiwano 300 kW mocy elektrycznej dziennie. W drugim przypadku (rys. 2b) jako materiał wsadowy fermentatora stosowano gnojowicę zmieszaną z rozdrobnioną słomą zbożową lub zamiennie z trocinami i odpadami drzewnymi. Fermentacji poddawano 15 ton biomasy na dobę, w wyniku czego uzyskiwano 500 kW mocy elektrycznej. W obu przypadkach fermentację przeprowadzono w fermentorze, a uzyskany biogaz transportowany był do zbiornika kompensacyjnego, następnie w przypadku instalacji 1 do komory spalania generatora pary - 7¹, skąd parę przegrzaną kierowano do turbiny parowej i wyprowadzano w postaci pary i kroplin do sekcji oddającej wymiennika ciepła. Instalacja 2 nie zawiera generatora pary, gdyż uzyskany biogaz kierowany jest ze zbiornika kompensacyjnego bezpośrednio do silnika gazowego. Generator prądu zmiennego trójfazowego napędzany przez wał turbiny parowej lub przez wał silnika gazowego w zależności od rodzaju układu wytwarzania pośredniego czynnika energetycznego. Uzyskany prąd przekazywano do sieci elektrycznej. Energię cieplną wytwarzano przy

pomocy wody stanowiącej czynnik pośredniczący ogrzewany w sekcji odbierającej wymiennika ciepła, a następnie kierowany do zespołu odbiorników ciepła - 22. Obieg wody odbywa się za pomocą pompy wodnej i działa na zasadzie konwekcji wymuszonej. Ewentualny nadmiar ciepła odbierany jest przez urządzenie do wyrównywania zmienności odbioru ciepła. Odbiornikami ciepła mogą być np. zakład przetwórstwa mięsnego lub tuczarnia trzody chlewnej, jak to miało miejsce w instalacji 1. W przypadku instalacji 2 ciepło kierowane było do pomieszczenia zarodowej hodowli trzody chlewnej oraz zakładu produkcji drzewnej i suszarni drzewa [13].

Oprócz tego istnieją również inne, polskie technologie, które mają zastosowanie w biogazowniach na całym świecie. Jednym z przykładów jest polska firma inżynierska, która oferuje rozwiązania w zakresie projektowania, produkcji, montażu oraz rozruchu kompletnych instalacji do przeróbki i odzysku osadów oraz wykorzystaniu biogazu.

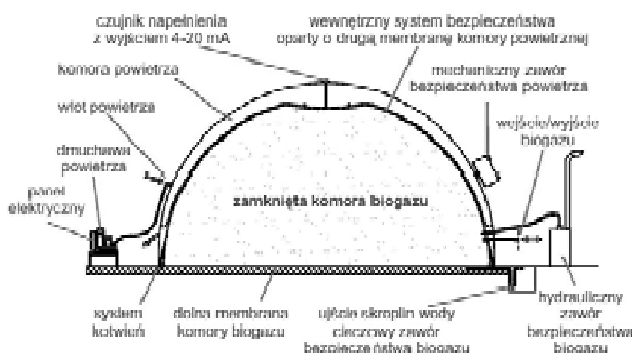
Zbiornik dwumembranowy SiGa-Tech - system dwóch powłok poliestrowych, powlekanych PCV z zabezpieczeniem UV. Ponadto odporne na działanie pleśni, a wewnętrzna membrana na składniki biogazu np. H_2S . Kulisty kształt utrzymywany dzięki ciśnieniu pomiędzy powłokami oraz właściwościom materiału. Dodatkowo, ciśnienie wytwarzane z dmuchaw powietrza reguluje stopień sprężenia biogazu w powłoce wewnętrznej. Stopień wypełnienia zbiornika mierzony jest przy pomocy sondy ultradźwiękowej lub linowej - zlokalizowanych na szczycie membrany zewnętrznej. Zbiorniki o objętości od 20 do 19000 m³, przy średnicach od 3,8 do 35 m. Zbiornik posiada podwyższoną odporność ogniową [15,16].



Rys. 3. Zbiornik dwumembranowy SiGa-Tech [16]

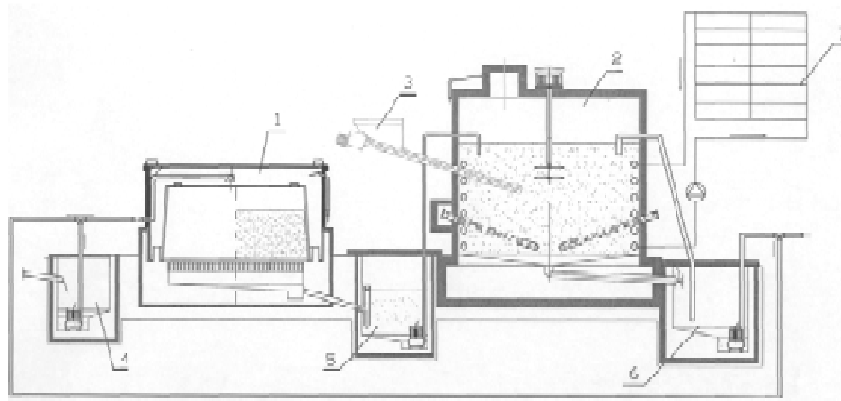
Kolejnym przykładem polskiego rozwiązania technicznego dla zbiornika biogazu jest opatentowany system 3-membranowy zbiornika (dachowego). Zbiornik w formie kopuły z tworzywa do montażu bezpośrednio nad komorą fermentacji. Uszczelnienie obwodowo za pomocą dociążonej membrany bądź przez system kołnierzy i uszczeltek. Zazwyczaj wykorzystywane są jako bufor przed urządzeniami wykorzystującymi biogaz jako paliwo. Wykonywane są z odpornych na biogaz zbrojonych membran PVC lub poliuretanowych, pokrytych dwupowłokowo włóknem poliestrowym. Zbiorniki biogazu występują jako niezależne, wolnostojące obiekty posadowione na fundamencie betonowym lub są

nabudowywane na istniejących zbiornikach betonowych, spełniając wówczas również funkcję dachu. Opatentowany system 3-membranowy umożliwia utrzymywanie stałego ciśnienia w zbiorniku poprzez pneumatyczny nacisk na poduszkę biogazową za pomocą górnej poduszki powietrznej. Dzięki temu rozwiązaniu nie jest konieczna całodobowa praca dmuchawy powietrza „przepływającej” układ. Dmuchawa łączy się jedynie w sytuacji spadku ciśnienia wewnątrz zbiornika, czyli gdy zużycie biogazu jest szybsze niż jego produkcja [15,17].



Rys. 4. Schemat zbiornika trójmembranowego [17]

Z kolei w Zakładzie Eksploatacji i Budownictwa Wiejskiego Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach opracowano projekt, który został zgłoszony w Urzędzie Patentowym pod nr P.395946 [18]. Schemat tego rozwiązania przedstawiono na rysunku 5.



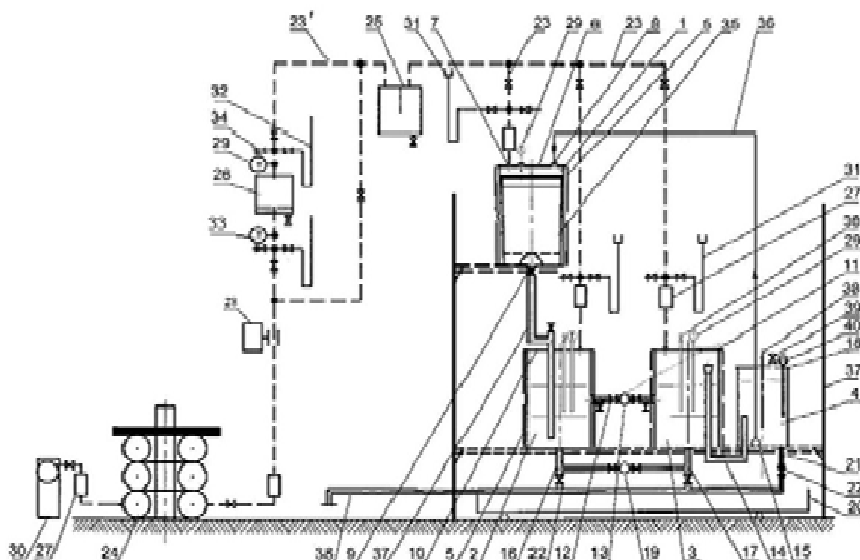
Rys. 5. Schemat urządzenia do wytwarzania biogazu z nawozów naturalnych i odpadów organicznych; 1 - komora hermetyczna 1-stopnia (magazynowanie obornika i odpadów organicznych, zraszanie i wypłukiwanie masy organicznej, fermentacja wstępna), 2 - komora hermetyczna 2-stopnia, 3 - dozownik ślimakowy do podawania zielonej masy organicznej, 4 - zbiornik na płyny (gnojówkę i gnojowicę), 5 - odciek masy organicznej, 6 - zbiornik pofermentacyjny, 7 - kolektor słoneczny [18]

Działanie instalacji polega na wytworzeniu biogazu ze stałych odchodów, gromadzonych na płycie obornikowej, w „oborze głębokiej” i przepłukiwaniu ich w komorze fermentacyjnej gnojowicą lub wodą gnojową podczas fermentacji metanowej. Biogazownia składa się z dwóch komór fermentacyjnych oraz zbiornika wstępnego i pofermentacyjnego oraz niezbędnych urządzeń towarzyszących, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 14. Wytwarzany w biogazowych instalacjach w gospodarstwach rolnych biogaz przesyłany jest do zbiorników, w których jest przechowywany pod stałym ciśnieniem i dostarczany do agregatu prądotwórczego lub urządzeń domowych. Znane są tzw. mokre zbiorniki gazu, zbudowane z cylindrycznego zbiornika o dwóch ściankach, między którymi jest płyn. W zbiorniku, między jego ściankami, osadzony jest ruchomy zbiornikowy dzwon. Szczelność zbiornika zapewnia płyn znajdujący się między ściankami zbiornika. Inne znane zbiorniki są zbudowane z tkaniny elastycznej w kształcie walca lub prostopadłościanu, ulokowane w obudowie o prostopadłych ściankach i dwuspadowym dachu. Znane są także zbiorniki w kształcie kuli lub walca o elastycznych ściankach, dociskanych w celu zapewnienia stałego ciśnienia obciążeniową płytą. Istnieje potrzeba stosowania w obwodowych instalacjach stosunkowo prostych w budowie zbiorników i sprawnych w eksploatacji. Istotą wzoru użytkowego jest konstrukcja zbiornika biogazu, przeznaczonego do przechowywania pod stałym ciśnieniem dostarczanego z gospodarstwa rolnego biogazu, przeznaczonego do zasilania zwłaszcza urządzeń domowych. Konstrukcja ta ma elastyczny zbiornik, dociskany od góry płytą, wyposażony w gazowe zawory: doprowadzający, odprowadzający i bezpieczeństwa. Ma również podłogową podstawę z trzema wyposażonymi w dystansowe tuleje pionowymi prowadnicami, na które są nałożone dwa gumowe zbiorniki pierścieniowe: dolny i górny, na którym jest usadowiona dociskowa płyta z przytwierdzonymi do niej prowadzącymi tulejami. Tuleje są nałożone suwliwie na pionowe prowadnice, których górne końcówki są połączone wiązadłem. Zbiornikowe pierścienie są ponadto przepływowo połączone ze sobą i z dopływowo-odpływową instalacją, usytuowanymi między ściankami zbiornikowych pierścieni trzema trójkami, którymi są: dopływowy trójk, odpływowy trójk i kontrolno-pomiarowy trójk. Zbiornik jest stosunkowo prostej budowy i łatwy w obsłudze. Docisnięcie zbiornikowych pierścieni od góry dociskową płytą opuszczaną na prowadnicach do poziomu górnych końcówek dystansowych tulei z jednoczesną obserwacją manometru, podłączonego do rurociągu z kontrolno-pomiarowym trójnikiem umożliwia utrzymanie właściwego, stałego ciśnienia, pod którym biogaz jest podawany do odbiorników urządzeń domowych. W okresach, kiedy biogaz nie jest przesyłany do zbiornika z biogazowni, powodując zmniejszenie ciśnienia, mogące odciąć podawanie gazu do odbiorników przez zadziałanie zaworu odcinającego, podłączonego rurociągiem z odpływowym trójnikiem, dociskowa płyta może być dodatkowo dociążona obciążnikiem w celu zwiększenia niewystarczającego ciśnienia [18].

Natomiast celem poniżej opisanego rozwiązania, zgodnie ze zgłoszonym wynalazkiem (nr zgłoszenia P.4406470 z dnia 11.12.2013 r.) [19], jest opracowanie konstrukcji urządzenia, które w warunkach laboratoryjnych umożliwi sprawdzenie poszczególnych elementów ciągu technologicznego, decydujących o procesie fermentacji, oraz pozwoli na przeprowadzenie badań w zakresie fermentacji substratów, określenie ich charakterystyki fizycznej i chemicznej, a w dalszej kolejności umożliwi określenie charakterystyk procesu fermentacyjnego, jakości i ilości powstałego biogazu oraz jakości pozostałości

pofermentacyjnych. Wynalazek ten może być wykorzystany do budowy stanowiska badawczego do produkcji biogazu, głównie z substratu w postaci mieszaniny obornika i odpadów organicznych oraz masy roślinnej.

Stanowisko badawcze, zgodnie z rozwiązaniem przedstawionym na rysunku 6, ma zbiornik fermentacji substratu (1), współpracujący ze zbiornikiem wstępnej fermentacji (2), ten zaś ze zbiornikiem końcowej fermentacji (3). Zbiornik fermentacji substratu, zbiornik fermentacji wstępnej oraz zbiornik fermentacji końcowej są wyposażone w izolacyjną warstwę ochronną (5) podgrzewaną płaszczem grzewczym. Wytworzony w tych zbiornikach biogaz jest transportowany z tych zbiorników przewodami (23) do magistrali (23') połączonej ze zbiornikiem biogazu (24), a następnie do agregatu kogeneracyjnego (30). W trakcie transportowania do zbiornika (24) biogaz jest poddawany odwadnianiu w odwadniaczu (25) i odsiarczaniu w odsiarczalniku (26) [20].



Rys. 6. Schemat stanowiska do badań pozyskania biogazu z substratów o ponad 16-procentowej zawartości suchej masy, wg projektu wynalazku [19]; 1 - zbiornik w kształcie walca przeznaczony do fermentacji i przepłukiwania substratu stałego znajdującego się w ażurowym koszu; 2 - zbiornik w kształcie walca przeznaczony do wstępnej fermentacji wyflukanej masy organicznej; 3 - zbiornik w kształcie walca przeznaczony do fermentacji końcowej płynnej masy organicznej; 4 - zbiornik przelewowy do magazynowania cieczy, przepływającej substrat stały, znajdujący się w ażurowym koszu; 5 - termiczna izolacja zewnętrzna z płaszczem grzewczym i termostatem, dotycząca zbiorników nr 1-3; 6 - pokrywa zbiornika nr 1 z króćcami przyłączeniowymi (montażowymi); 7 - króciec doprowadzający biogaz do przewodu gazowego nr 23; 8 - króciec odprowadzający wyflukaną masę organiczną (ciecz) z rurociągu nr 36; 9 - zawór odcinający zbiorniki nr 1 od nr 2 podczas załadunku kosza nr 35 nowym substratem; 10 - pokrywa zbiornika nr 2 z króćcami przyłączeniowymi (montażowymi); 11 - pokrywa zbiornika nr 3 z króćcami

przyłączeniowymi (montażowymi); 12 - przewody rurowe z zaworami i pompą nr 13, łączące zbiorniki nr 2 i 3; 13 - pompa mieszająca I; 14 - lej syfonowy, łączący zbiorniki nr 3 i 4, utrzymujący odpowiednie ciśnienie gazu w komorach; 15 - pompa ssąco-tłocząca podłączona do rurociągu nr 36; 16 - rurociąg spustowo-mieszający wychodzący ze zbiornika nr 2 i połączony z pompą nr 19; 17 - rurociąg spustowo-mieszający wychodzący ze zbiornika nr 3 i połączony z pompą nr 19; 18 - pokrywa zbiornika nr 4 z króćcami przyłączeniowymi (montażowymi); 19 - pompa mieszająca II; 20 - wanna zabezpieczająca przed wypływem i rozbryzgiem cieczy; 21 - rura spustowa zbiornika nr 4; 22 - zawory spustowe płynnej masy organicznej (cieczy) ze zbiorników nr 2, 3, 4; 23, 23' - przewód odprowadzający biogaz ze zbiorników fermentacyjnych nr 2, 3, 4; 24 - zbiornik biogazu; 25 - odwadniacz biogazu; 26 - odsiarczalnik biogazu; 27 - przerywacz płomienia; 28 - licznik biogazu; 29 - termometry do kontroli temperatury wsadu i wypłukanej masy organicznej (cieczy); 30 - agregat kogeneracyjny; 31 - zawory bezpieczeństwa w instalacji biogazowej do utrzymania odpowiedniego ciśnienia biogazu w instalacji biogazu; 32 - wskaźniki ciśnienia i przepływu biogazu w odsiarczalni wykonanej z rurki w kształcie „U”; 33 - termometry potrzebne do utrzymania odpowiedniej temperatury masy odsiarczającej podczas jej regeneracji; 34 - zawory do pobierania próbek biogazu w poszczególnych etapach produkcji i odsiarczania; 35 - ażurowy kosz na substrat stały do wypłukiwania masy organicznej; 36 - rurociąg do transportu wypłukanej masy organicznej ze zbiornika nr 4 do nr 1; 37 - regał; 38 - króćce zakończone zaworami do pobierania próbek z komór; 39 - króciec wlewowy zakończony zaworem i umieszczony w pokrywie zbiornika nr 4; 40 - wskaźnik poziomu cieczy umieszczony w pokrywie zbiornika nr 4 [20]

Przykłady zastosowań polskich rozwiązań technologicznych w biogazowniach

Instalacja biogazowa w Studzionce

Pierwszą w Polsce biogazownię rolniczą, o małej skali (mikrobiogazownię), uruchomiono w listopadzie 2009 r. w Studzionce (gmina Pszczyna, województwo śląskie). Właściciele otrzymali za nią nagrodę Fundacji na Rzecz Rozwoju Elektroenergetyki „Zielony Feniks” oraz główną nagrodę w konkursie Eurozagroda w 2009 roku, przyznaną przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Mikrobiogazownię należy traktować jako prototypową dla małych inwestycji w Polsce. Ze względu na pilotażowy charakter, brak wszystkich potrzebnych rozwiązań technologicznych na krajowym rynku oraz braku w systemie promocji mikroźródeł, jeszcze nie można jej uznać jako wzorcowej dla przyszłych mikrobiogazowni, ale zdobyte przy jej budowie i eksploatacji doświadczenia są niezwykle cenne [21].

Charakterystyka procesu:

- fermentacja mezofilna - 37°C;
- podawanie surowca (substratu) 3 razy ok. 1 m³ na dobę;
- substraty: gnojowica z produkcji trzody chlewnej, pomiot kurzy, kiszzonka z kukurydzy;
- układ kogeneracyjny o mocy elektrycznej 30 kW_{el} i cieplnej 40 MW;
- masa pofermentacyjna wykorzystywana jako nawóz rolniczy;
- ilość energii produkowanej z 1 m³ gazu to 2 kWh;
- zawartość H₂S 600-700 ppm;
- zawartość CH₄ 55÷60%;

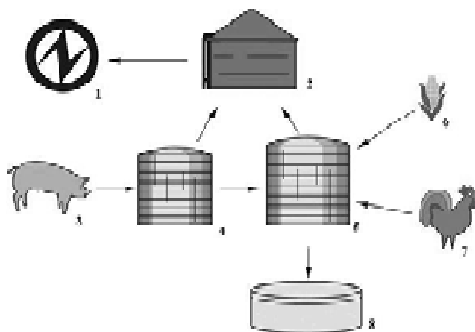
- wartość opałowa biogazu $20 \div 23 \text{ MJ/m}^3$.

Podstawowe zespoły instalacji:

Biogazownia w Studzionce składa się z następujących podstawowych zespołów:

- komory fermentacyjnej (bioreaktor 1);
- komory fermentacyjnej (bioreaktor 2);
- instalacji do transportu i magazynowania gnojowicy;
- instalacji do transportu i magazynowania pomiotu;
- instalacji do transportu i magazynowania biogazu;
- instalacji grzewczej;
- instalacji elektrycznej;
- instalacji do produkcji energii elektrycznej.

Wytworzona przez trzodę chlewną gnojowica jest gromadzona w kanałach pod podłogą szczelinową oraz w zbiorniku przylegającym do chlewni, skąd podawana jest do komory fermentacyjnej trzy razy na dobę. Fermentacja w komorach przebiega w stałej temperaturze 37°C . Gnojowica w komorze fermentacyjnej o objętości 60 m^3 jest ujednoliconiana (mieszana) mieszadłem mechanicznym trzy razy na dobę. Taka sama ilość gnojowicy, jaka jest dodana do bioreaktora 1, wypływa automatycznie i podawana jest do bioreaktora 2, do którego również dodawany jest pomiot kurzy pochodzący z kurnika niosek. Okresowo do bioreaktora 2 podawana była kiszonka z kukurydzy bądź rozdrobniona masa zielona w ilości ok. 300 kg. W efekcie tej operacji liczniki notowały zwiększoną produkcję biogazu o ok. 15%. Przefermentowana gnojowica z bioreaktora 2 gromadzona jest w zbiorniku masy pofermentacyjnej o pojemności 75 m^3 . Kondensat wytwarzający się z pary wodnej zawartej w biogazie spływa do odwadniacza. Wytworzony biogaz jest magazynowany w zbiorniku elastycznym o pojemności 90 m^3 i służy do zasilania agregatu prądotwórczego o mocy $30 \text{ kW}_{\text{el}}$, który przetwarza biogaz na energię elektryczną. W okresie rejestracji pomiarów, tj. w maju i we wrześniu 2011 r. (tabela 1), przed uruchomieniem agregatu prądotwórczego (silnika wysokoprężnego) badano zawartość siarkowodoru w biogazie. Według zapisu wartości te wahały się w granicach od 600 do 700 ppm. Wartości te mieszczą się w górnej dopuszczalnej, bezpiecznej granicy pracy silnika agregatu. Wytworzona energia przeznaczona jest do obsługi gospodarstwa. Schemat technologiczny biogazowni w Studzionce przedstawiono na rysunku 7 [22].



Rys. 7. Schemat blokowy instalacji biogazowej w Studzionce; 1 - agregat prądotwórczy, 2 - zbiornik biogazu - 90 m^3 , 3 - chlewnia (300 szt.), 4 - bioreaktor nr 1 - 61 m^3 , 5 - bioreaktor

nr 2 - 350 m³, 6 - masa roślinna, 7 - kurnik (14 000 szt.), 8 - zbiornik masy przefermentowanej - 75 m³ [18]

Tabela. 1. Skład chemiczny biogazu i jego i wartość energetyczna w biogazowni w Studzionce [22]

Okres produkcji biogazu	Skład chemiczny [%]					Ciepło spalania [MJ/m ³]	Wartość opałowa [MJ/m ³]
	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	Inne		
11.05 ÷ 31.05.2011	58,11	34,39	2,63	0,72	0,04	25,1	22,6
05.09 ÷ 25.09.2011	62,22	38,59	2,45	0,80	0,05	23,1	21,0

Tabela 2. Średnie wartości wskaźników dla gnojowicy surowej i przefermentowanej uzyskane na fermie trzody chlewnej w Studzionce [22]

Parametry	Jednostka	Dane średnie dla gnojowicy		Redukcja [%]
		surowej	przefermentowanej	
CHZT	g O ₂ /l	25,0	6,3	74,0
BZT ₅	g O ₂ /l	16,3	1,2	92,5
Sucha pozostałość	g/l	17,9	7,5	41,7
Utlenialność	g O ₂ /l	3,9	2,7	31,0
Zawiesina	g/l	9,9	4,3	56,2

Tabela 3. Charakterystyka energetyczna instalacji biogazowej w Studzionce [18]

Parametr	Jednostka	Okres			
		11.05.2011-31.05.2011		5.09.2011-25.09.2011	
		bioreaktor 1	bioreaktor 2	bioreaktor 1	bioreaktor 2
Ilość wyprodukowanego biogazu w ciągu 21 dób	m ³	2 625	3 024	2 730	3 412
Średnia dobową produkcja biogazu	m ³	125	144	130	162
Wartość opałowa	MJ·m ⁻³	20,75	20,75	22,21	22,21
Energia wytwarzana w instalacji biogazowej	MJ	54 468,75	62 748	60 633,30	75 764,52
Ilość energii zużytej na utrzymanie stałej temperatury w komorze i na podgrzewanie dopompowanej gnojowicy	MJ	15 251,25	19 451,88	16 972,32	23 492,20
Średnie zapotrzebowanie na moc przez pompy	1	kW	2,2	2,2	2,2
	2	kW	1,5	1,5	1,5
	3	kW	15,0	15,0	15,0
	Σ	kW	18,7	18,7	18,7
Łączny czas	h	1,5	1,5	1,3	1,3

pracy urządzeń elektrycznych	3	h	0,5	0,5	0,5	0,5
	Σ	h	2,0	2,0	1,8	1,8
Zużycie energii do mieszania (średnie)		MJ	173,5	703,4	188,37	764,7
Energia netto Qn		MJ	39 043,97	43 222,7	43 472,61	51 528,62
Średnia dobową produkcja energii netto		MJ	2 593,75	2 988	2 887,30	3 598
Masa gnojowicy wpompowanej do zbiornika fermentacyjnego w ciągu 21 dób		kg	60 900		60 900	
Średnia temperatura w budynku		°C	16,5		17,8	
Średnia temperatura otoczenia		°C	8,3		7,8	
Współczynnik efektywności energetycznej We		–	3,53 (brutto) 2,52 (netto)		3,53 (brutto) 2,52 (netto)	

Do realizacji powyższego celu posłużyła analiza zgłoszeń patentowych („Urządzenie do wytwarzania biogazu ze stałych odpadów rolniczych, zwłaszcza obornika”, nr 166913, 1995 r.) [23] oraz wzorów użytkowych („Urządzenie do wytwarzania biogazu z gnojowicy i odpadów rolniczych”, nr 53186, 1995 r.; „Komora gnojowa” nr 55331, 1997 r. oraz „Płyta kompostowa” nr 55322, 1997 r.) [24-26]. Biorąc pod uwagę rozproszenie gospodarstw utrzymujących zwierzęta oraz złożone problemy techniczne zarówno wytworzenia biogazu w procesie fermentacji, jak i opłacalności ekonomicznej procesu produkcji energii z tak uzyskanego biogazu, optymalnym rozwiązaniem będzie substratów w centralnym punkcie danego obszaru (może to być jeden punkt w gminie) i w tym jednym punkcie zarówno wytwarzanie biogazu w procesie fermentacji, jak i wykorzystywanie go do produkcji energii. Takie rozwiązanie będzie najkorzystniejsze zarówno ze względu na wymagane nakłady, jak i wymaga minimalnego zaangażowania wysoko wyspecjalizowanej technicznie obsługi całego procesu [18].

Biogazownia rolnicza z gorzelnią w Łanach Wielkich

Kolejnym przykładem wykorzystania polskich rozwiązań technicznych dla biogazu jest biogazownia w Łanach Wielkich, której rozruch technologiczny nastąpił dzięki firmie SiGa-Tech. W miejscowości Łany Wielkie (gmina Sośnicowice) w woj. śląskim powstała nowoczesna gorzelnia z biogazownią rolniczą. Inwestorem jest firma BIO-BUT sp. z o.o., której właścicielem jest Władysław Butor, który zaczął realizować inwestycję w połowie 2008 roku. Biogazownia została uruchomiona w 29 listopada 2011 roku. Koszt budowy biogazowni w Łanach Wielkich wyniósł ok. 16 mln zł, którą zrealizowano z pomocą ARiMR ze środków PROW 2007-2013 w ramach działania: "Zwiększenie wartości dodanej podstawowej produkcji rolnej i leśnej" [27]. W biogazowni jako substrat niezbędny do produkcji biogazu wykorzystywany będzie obornik i gnojowica od 800 sztuk bydła. Dzięki temu instalacja biogazowa będzie przetwarzać około 40 ton substratu dziennie. Zbiorniki do fermentacji substratu w zakładzie w Łanach Wielkich przygotowała śląska firma Wolf System. Substrat trafi do specjalnego, ogromnego fermentora, który jest podgrzewany ciepłem wytworzonym w biogazowni, wskutek czego powstaje biogaz, zasilający wytwornicę pary napędzającą gorzelnię. Substrat do produkcji biogazu będzie dostarczać także gorzelnia,

która może w ten sposób utylizować wywar pogorzelniany, a która w zamian będzie odbierać wyprodukowaną w biogazowni energię dostarczając jej parę technologiczną. W gorzelnii przerabiana jest kukurydza uprawiana w gospodarstwach rolnych grupy producentów. Uzyskuje się z niej alkohol surowy oraz wywar przeznaczony do biogazowni. Z kolei organiczne produkty pofermentacyjne, powstające w trakcie procesu technologicznego, wykorzystywane są jako nawóz do uźyźnienia gleby.

Dane techniczne:

- moc elektryczna biogazowni wynosi 0,526 MWe,
- moc cieplna 0,540 MWt.

Surowce:

- 40 ton/dobę obornik i gnojowica,
- wywar pogorzelniany [28-32].

Biogazownia rolnicza w Boleszynie

Z kolei Centrum Elektroniki Stosowanej dostarczyło instalację kogeneracyjną z przeznaczeniem do zamontowania w biogazowni rolniczej w Boleszynie w woj. warmińsko-mazurskim. Projekt został zrealizowany przez firmę Biogal Sp. z o.o., która pozyskała na niego środki publiczne. Wartość inwestycji oszacowano na 22 mln zł z czego ponad 11,3 mln zł pochodziło z funduszy z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Przetarg na budowę biogazowni ogłoszono w czerwcu 2011 i wygrała go firma Biogaz Zeneris, dla której będzie to druga budowana instalacja (po Skrzatuszu). Biogazownia w Boleszynie została uruchomiona w 2012 roku. Jest to układ dwumodułowy zabudowany w obudowach dźwiękochłonnych. Biogaz rolniczy spalany w urządzeniach kogeneracyjnych posłuży do wyprodukowania ok. 8400 MWh energii elektrycznej, która zostanie odsprzedana do sieci oraz pokryje zapotrzebowanie własne biogazowni. Biogazownia rolnicza w Boleszynie to przykład inwestycji, na której skorzystali zarówno rolnicy jak i lokalna społeczność. Dzięki przetwarzaniu uciążliwej gnojówki powstałej podczas chowu świń ferma państwa Glińskich nie jest uciążliwa dla okolicznych mieszkańców, zaś mieszkańcy otrzymują ciepłą wodę, dzięki czemu koszt ogrzewania zimą znacznie spadł. Właściciele biogazowni planują rozbudowę biogazowni do mocy 2 MW.

Dane techniczne:

- paliwo: biogaz rolniczy,
- moc elektryczna: 2 x 600 kW,
- moc cieplna: 2 x 615 kW.

Substraty:

- odpady fermowe,
- kiszonka kukurydziana,
- wywar z gorzelnii,
- serwatka [33-36].

4. Podsumowanie i wnioski

W zależności od rodzaju biogazowni istnieje wiele technologii i sposobów zagospodarowania odpadów, pół-substratów w oczyszczalni ścieków z wysypisk śmieci czy w rolnictwie. Polska również posiada tradycje, jeśli chodzi o wytwarzanie biogazu, ponieważ

pierwsze instalacje tego typu powstawały w naszym kraju przed II wojną światową. Wiele oczyszczalni ścieków m. in. w Poznaniu (1928 r.) [37], w Gdańsku i innych miastach, uzyskiwało i energetycznie wykorzystywało biogaz [38]. Według Autorów opracowania, najbardziej nowatorskie rozwiązania i patenty wytwarzania biogazu należą do prof. dra hab. inż. Wacława Romaniuka oraz jego zespołu badawczego.

Polska myśl techniczna jest wykorzystywana w kraju i w Europie, co zostało wykazane na podstawie konkretnych biogazowni rolniczych opisanych powyżej. Rodzime firmy, o których była mowa mogą pochwalić się nie tylko innowacyjnością swoich rozwiązań technicznych dla biogazu, ale także skończonymi realizacjami w Europie oraz na świecie [39], co świadczy dobrze o naszych przedsiębiorcach, na co posiadają też wiele referencji [40].

Literatura

1. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006) Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, Instytut für Energetyk und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Gülzow, Niemcy
2. GUS, Energia ze źródeł odnawialnych 2014 r., http://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/9/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2014_roku.pdf [dostęp: 18.04.2016]
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&qid=1461002527689&from=PL> [dostęp: 18.04.2016]
4. Prosument - dofinansowanie mikroinstalacji OZE: https://www.nfosigw.gov.pl/oferta_finansowania/srodki_krajowe/programy_priorytetowe/prosument_dofinansowanie_mikroinstalacji_oze/ [dostęp: 18.04.2016]
5. Biogazownie na świecie, źródło: <http://ioze.pl/energetyka-biogazowa/biogazownie-na-swiecie> [dostęp: 18.04.2016]
6. Mapa odnawialnych źródeł energii, <http://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html> [dostęp: 28.08.2015]
7. Held J., Mathiasson A., Nylander A. Raport: Biogaz z nawozu i odpadów szwedzkie stadium przypadku, Sztokholm 2008
8. Szczypko A., Leonowicz Z. Tendencje oraz perspektywy rozwoju technologii biogazowych w Polsce <http://zet10.ipee.pwr.wroc.pl/record/287/files/> Wrocław 2008 [dostęp: 28.08.2015]
9. Mapa biogazowni w Polsce, <http://www.biogazownie.fwie.pl/images/biogazownie/mapa-biogazowni.png> [dostęp: 14.09.2015]
10. Rejestr wytwórców biogazu rolniczego, http://www.arr.gov.pl/data/02004/rejestr_wytworcow_biogazu_rolniczego_08042016.pdf [dostęp: 18.04.2016]
11. Rola biogazu w polityce państwa i Krajowym planie działań na rzecz energii z odnawialnych źródeł energii, <http://ioze.pl/energetyka-biogazowa/rola-biogazu-w->

- polityce-panstwa-i-krajowym-planie-dzialan-na-rzecz-energii-z-odnawialnych-zrodel-energii [dostęp: 21.04.2016]
12. Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020: <http://www.mg.gov.pl/node/11898> [dostęp: 28.08.2015]
 13. Patent nr 199032, Polska
 14. Kwaśny J., Banach M., Kowalski Z. Przegląd technologii produkcji biogazu różnego pochodzenia, *Czasopismo techniczne. Chemia*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, 2-Ch/2012 zeszyt 17 rok 109, str.83-102, https://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i4/i4/i0/i8/i6/r44086/KwasnyJ_PrzeglądTechnologi_i.pdf [dostęp: 25.08.2015]
 15. Początek M., Janik M. Fermentacja metanowa- Technologie, urządzenia, przykłady, http://www.en4.pl/documents/Fermentacja_metanowa.pdf [dostęp: 26.08.2015]
 16. http://www.sigatech.pl/siga%20produkty%20zbiorniki_pl.htm [dostęp: 29.08.2015]
 17. Centrum Elektroniki Stosowanej CES Sp. z o.o. <http://www.ces.com.pl/produkty/pozostale-produkty/zbiorniki-biogazu.html> [dostęp: 29.08.2015]
 18. Romaniuk W., Myczko A., Łochowski B., Domasiewicz T., Głaszczka A., Biskupska K., Savinyh P., Otroshko S. Urządzenie do wytwarzania biogazu z odchodów zwierząt chowanych na ściółce. Polska. Opis patentowy P.395946, 09.11.2011 [b] [w:] Problemy inżynierii rolniczej, Romaniuk W. i Biskupska K. Rozwiązania instalacji biogazowych dla gospodarstw rodzinnych, PIR 2012 (IV–VI): z. 2 (76), s. 149–159
 19. Romaniuk W., Łochowski B., Biskupska K., Otroshko S.A. 2013. Urządzenie laboratoryjne do produkcji biogazu ze stałych substratów. Polska. Zgłoszenie patentowe nr P.4406470 z dnia 11.12.2013
 20. Romaniuk W. Rozwiązania instalacji biogazowych dla gospodarstw rodzinnych i farmerskich uwzględniające zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej. Problemy inżynierii rolniczej, PIR 2014 (VII–IX): z. 3 (85), s. 93-105
 21. INSTYTUT NA RZECZ EKOROZWOJU przy współpracy INSTYTUTU ENERGETYKI ODNAWIALNEJ, Curkowski A., Oniszk–Popławska A., Wiśniewski G., Zowsik M. Mała biogazownia rolnicza z lokalnym zagospodarowaniem ciepła odpadowego i masy pofermentacyjnej, Wyd. WIATR s. c, Warszawa 2011, http://www.ine_isd.org.pl/theme/UploadFiles/File/publikacje/broszury/1_biogazownia_rolnicza_screen.pdf [dostęp: 13.09.2015]
 22. Romaniuk W., Biskupska K. Biogazownia rolnicza krok po kroku. http://biogazowniakrokpokroku.pl/wp_content/uploads/2014/03/Biogazownia_rolnicza_krok_po_kroku_20141.pdf [dostęp: 12.09.2015]
 23. Romaniuk W., Głaszczka A., Łochowski B., Czarny K., Przykowski A. Urządzenie do wytwarzania biogazu ze stałych odpadów rolniczych, zwłaszcza obornika. Polska. Opis patentowy. PL 166913 25.06.1992
 24. Romaniuk W., Głaszczka A., Łochowski B., Czarny K., Przykowski A. Urządzenie do wytwarzania biogazu z gnojowicy i odpadów rolniczych. Polska. Opis wzoru użytkowego. PL 53186.02.06.1992
 25. Romaniuk W., Głaszczka A., Kaszubski M., Czarny K., Farańczuk R., Pankowski Z. Komora gnojowa. Polska. Opis wzoru użytkowego PL 55331. 01.02.1994

26. Romaniuk W., Głaszczka A., Kaszubski M., Czarny K., Farańczuk R., Pankowski Z. Płyta kompostowa. Polska. Opis wzoru użytkowego. PL 55322. 01.02.1994
27. <http://www.arimr.gov.pl/serwis-prasowy/tam-byalismy-konferencje-seminaria-i-nie-tylko/archiwum/2011/biogazownia-w-lanach-wielkich-otwarta.html> [dostęp: 13.09.2015]
28. <http://www.biogazienergia.pl/projekty/37/biogazownia-w-lanach-wielkich> [dostęp: 13.09.2015]
29. <http://gramwzielone.pl/bioenergia/1214/biogazownia-w-lanach-wielkich-rozpoczela-produkcje-energii> [dostęp: 13.09.2015]
30. <http://www.farmer.pl/energia/oze/otwarto-nowoczesna-gorzelnie-z-biogazownia-rolnicza,33092.html> [dostęp: 13.09.2015]
31. Magdalena Lipiecka: Informator, Czysta Energia, Numer 2/2012 (126)
32. http://www.biogazownie.fwie.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=20:biogazownia-w-lanach-wielkich&catid=15&Itemid=111 [dostęp: 13.09.2015]
33. <http://www.biogazienergia.pl/projekty/65/biogazownia-w-boleszynie-1> [dostęp: 13.09.2015]
34. http://www.wfosigw.olsztyn.pl/?art_id=57&type=aktualnosci&full=1204&sp=1 [dostęp: 13.09.2015]
35. <http://www.kogeneracjaces.pl/realizacja/28/biogazownia-rolnicza-boleszyn.html> [dostęp: 13.09.2015]
36. http://biogazownie.fwie.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=42:biogazownia-rolnicza-w-boleszynie&catid=15&Itemid=111 [dostęp: 13.09.2015]
37. Miszczak M., Waszkiewicz Cz. Energia słońca, wiatru i inne, Biblioteka Młodego Technika, Instytut Wydawniczy Nasza Księgarnia 1988
38. Lewandowski W. Proekologiczne źródła energii odnawialnej, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007
39. http://www.sigatech.pl/siga%20referencje_pl.htm [dostęp: 14.09.2015]
40. Skrócona Lista Referencyjna CES
<http://www.kogeneracjaces.pl/download/file/publish/2014/03/skrocona-lista-referencyjna.new-ces-21-02-2014.pdf> [dostęp: 14.09.2015]

Autor do korespondencji:

Samodzielna Katedra Inżynierii Procesowej,

ul. Dmowskiego 7-9, 45-365 Opole, Poland, tel.: +48 77 401 67 00,

email: akalinichenko@uni.opole.pl

starosta.oze@gmail.com

II OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA
"Odnawialne Źródła Energii - TEORIA I PRAKTYKA"
Opole, 7 grudnia 2016 r.

KOMITET NAUKOWY

dr hab. Małgorzata Rajfur - Uniwersytet Opolski- przewodnicząca
prof. dr hab. inż. Maria Ząbkowska - Waławek - Uniwersytet Opolski
prof. dr hab. Stanisław Koziański - Uniwersytet Opolski
prof. dr hab. inż. Roman Ulbrich - Politechnika Opolska
dr hab. Agnieszka Dołhańczuk-Śródka - Uniwersytet Opolski
dr hab. inż. Mirosław Wiatkowski, prof. nadzw. - Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
dr hab. inż. Andrzej Kłos, prof. nadzw.- Uniwersytet Opolski
dr hab. Zbigniew Ziembik - Uniwersytet Opolski
dr hab. Antonina Kalinichenko - Uniwersytet Opolski
dr hab. inż. Stanisław Gajda, prof. nadzw. - Uniwersytet Opolski
dr inż. Aleksander Zaremba – Politechnika Częstochowska
dr Daniel Janecki - Uniwersytet Opolski
dr inż. Paweł Ratuszny - Uniwersytet Opolski - sekretarz
dr inż. Dariusz Suszanowicz - Uniwersytet Opolski - sekretarz

KOMITET ORGANIZACYJNY

dr Daniel Janecki - przewodniczący
dr inż. Izabela Pietkun-Greber - sekretarz
dr Elżbieta Słodczyk
dr inż. Marcin Rybotycki
mgr inż. Marzena Wiener