

Wpłynęło 26.09.2016 r.
Zrecenzowano 20.10.2016 r.
Zaakceptowano 24.10.2016 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Metoda zwiększenia ilości biogazu pozyskiwanego z fermentacji metanowej nawozów naturalnych

Witold Jan WARDAL^{1) DEF}, Wacław ROMANIUK^{1) A},
Renata MYCZKO^{2) BC}

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie, Zakład Eksploatacji i Budownictwa Wiejskiego

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Poznaniu, Laboratorium Badawcze Technologii i Biosystemów Rolniczych

Do cytowania For citation: Wardal W.J., Romaniuk W., Myczko R. 2016. Metoda zwiększenia ilości biogazu pozyskiwanego z fermentacji metanowej nawozów naturalnych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Z. 4 (94) s. 91–107.

Streszczenie

W pracy przedstawiono koncepcję urządzenia laboratoryjnego z systemem wyłukiwania materii organicznej z obornika z przeznaczeniem do produkcji biogazu oraz ocenę uzysku biogazu z nawozu naturalnego o różnym stopniu przefermentowania (dojrzałości). Ocena wydajności biogazowej badanych faz technologicznych obornika oraz mieszaniny wymywanej w celu określenia efektywności biogazowej projektowanej technologii wykazała, że spośród substratów użytych w doświadczeniu najlepsze własności pod względem prognozowanego uzysku biogazu wykazał obornik pryzmowany, 4–8-tygodniowy przed obornikiem świeżym (dobowym) i obornikiem dojrzałym (przefermentowanym, 4–6-miesięcznym). W przypadku obornika świeżego otrzymano uzysk biogazu $62,49 \pm 5,03 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$, natomiast w przypadku obornika pryzmowanego uzysk był o 7,05% większy, a obornika dojrzałego o 9,12% mniejszy. Z przesączy z obornika świeżego płukanego wodą destylowaną uzysk biogazu wyniósł $44,77 \pm 3,58 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$, natomiast z pozostałości po płukaniu obornika świeżego wodą destylowaną – $17,20 \pm 1,38 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$

Słowa kluczowe: nawóz naturalny, obornik, biogaz, fermentacja beztlenowa, materia organiczna

Wstęp

Biogaz otrzymywany z odpadów rolniczych należy do paliw płynnych pierwszej generacji [SZULC, DACH 2014]. Podstawowym substratem jest nawóz naturalny pochodzący od bydła, trzody chlewnej i drobiu, zaś substratem uzupełniającym może być kiszonka z kukurydzy oraz organiczne odpady rolnicze [KOWALCZYK-JUŚKO 2013]. Pozostała po procesie metanogenezy masa pofermentacyjna może zostać

zagoszodarowana rolniczo. Jednak z Rozporządzenia MŚ... [2015] wynika, że ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych oznaczone kodem 19 06 05 oraz przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych (19 06 06) mogą być stosowane rolniczo, pod warunkiem wykonania badań laboratoryjnych masy pofermentacyjnej i gleby, pod warunkiem spełnienia przepisów Rozporządzenia PE... [2009], określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego oraz ustawy o nawozach i nawożeniu [Ustawa... 2007].

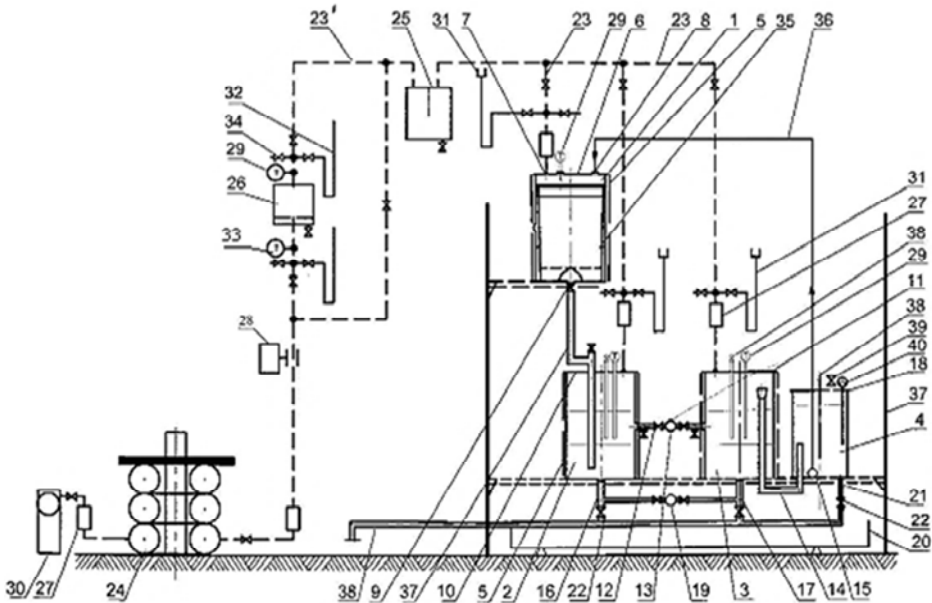
GRZYBEK i PASYNIUK [2016] spośród lokalnych i globalnych korzyści wynikających z rozwoju inwestycji, w wyniku których jest otrzymywany biogaz, wymieniają: rozwój lokalnej przedsiębiorczości i usług, tworzenie nowych miejsc pracy (głównie na terenach wiejskich), łatwiejszy zbył płodów rolnych i zagoszodarowanie odpadów z produkcji rolnej, alternatywny sposób utylizacji odpadów organicznych pochodzących z lokalnych gospodarstw rolnych i zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego oraz poprawę stanu środowiska naturalnego. Ponadto, przez wprowadzenie do funkcjonowania biogazowni spełnione będą zobowiązania międzynarodowe w zakresie wzrostu udziału energii odnawialnej w ogólnym bilansie energii [Dyrektywa 2009/28/WE].

Analiza literatury wykazała, że w większości dotychczasowych publikacji autorzy odnieśli się do wybranego problemu, m.in. gospodarki obornikiem i gnojowicą [GŁASZCZKA, WARDAL 2004; ROMANIUK 1995; ROMANIUK, OVERBY 2005] lub do pozyskiwania biogazu [BARWICKI 2014; GŁASZCZKA i in. 2010; MYCZKO i in. 2011; ROMANIUK i in. 2012; 2015], natomiast nieliczne źródła poruszają kwestię rozwiązania kompleksowego, które uwzględniałoby wieloaspektowość zagadnienia zagoszodarowania materii organicznej pochodzącej z produkcji rolnej [LEWICKI i in. 2016; SIKORA i in. 2016].

Intensyfikacja produkcji rolnej, przyczyniając się do zwiększenia efektywności gospodarowania oraz obniżenia cen produktów rolniczych, wymaga jednak przeciwdziałania negatywnym skutkom środowiskowym. Jedną z bardziej efektywnych metod zagoszodarowania nawozów naturalnych oraz odpadowej biomasy jest poddanie jej procesowi obróbki beztlenowej w biogazowni, której produktami są biometan przeznaczony na cele energetyczne oraz masa pofermentacyjna wymagająca racjonalnego zagoszodarowania. Obecnie można zauważyć brak ogólnodostępnej, taniej technologii, która po niewielkiej adaptacji mogłaby zostać zintegrowana z istniejącymi technologiami pozyskiwania biogazu. Wobec powyższego, istnieje pilne zapotrzebowanie na opracowanie technologii kompleksowego zagoszodarowania organicznych pozostałości rolniczych. Wdrożenie powyższych działań do praktyki rolnej wymaga również prawidłowego usytuowania wszystkich budowli, które powinny spełniać wymagania Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. [Rozporządzenie MRIGŻ... 1997].

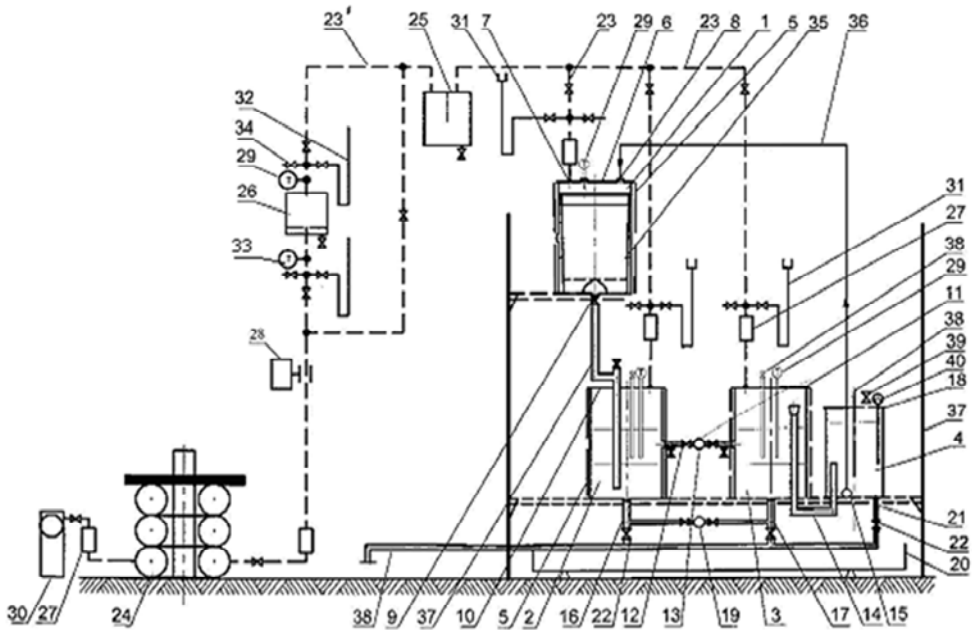
Koncepcja urządzenia laboratoryjnego do produkcji biogazu

Zgodnie z rozwiązaniem zgłoszonego wynalazku (nr P.4406470) [ROMANIUK i in. 2013] na rysunku 1. przedstawiono schemat urządzenia, które w warunkach laboratoryjnych umożliwi sprawdzenie poszczególnych elementów ciągu technologicznego decydujących o procesie fermentacji oraz pozwala na przeprowadzenie badań w zakresie fermentacji substratów, określenie ich charakterystyki fizycznej i chemicznej,



Źródło: opracowanie własne na podstawie: ROMANIUK i in. [2013].

Rys. 1. Schemat stanowiska do badań pozyskania biogazu z substratów powyżej 12% zawartości suchej masy: 1 = zbiornik walcowaty do fermentacji i przepłukiwania substratu stałego znajdującego się w ażurowym koszu; 2 = zbiornik walcowaty przeznaczony do wstępnej fermentacji wytlukanej masy organicznej; 3 = zbiornik walcowaty 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; 6 = pokrywa zbiornika nr 1 z króćcami przyłączeniowymi; 7 = króciec doprowadzający biogaz do przewodu gazowego nr 23; 8 = króciec odprowadzający wytlukaną masę organiczną 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; 11 = pokrywa zbiornika nr 3 z króćcami przyłączeniowymi; 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, 17 = rurociągi spustowo-mieszające; 18 = pokrywa zbiornika nr 4 z króćcami przyłączeniowymi; 19 = pompa mieszająca II; 20 = wanna zabezpieczająca przed wypływem i rozbrzygnięciem cieczy; 21 = rura spustowa zbiornika nr 4; 22 = zawory spustowe płynnej masy organicznej ze zbiorników nr 2, 3, 4; 23 = przewód odprowadzający biogaz ze zbiorników fermentacyjnych nr 1, 2, 3, 4; 23' = przewód końcowy doprowadzający biogaz do odsiarczalnika; 24 = zbiornik biogazu; 25 = odwadniacz; 26 = odsiarczalnik; 27 = przerywacz płomienia; 28 = licznik biogazu; 29 = termometry do kontroli temperatury wsadu i wytlukanej masy organicznej; 30 = agregat CHP; 31 = zawory bezpieczeństwa w instalacji biogazowej do utrzymania odpowiedniego ciśnienia biogazu w instalacji biogazu; 32 = wskaźniki ciśnienia i przepływu biogazu w odsiarczalni; 33 = termometr; 34 = zawory do pobierania próbek biogazu w poszczególnych etapach produkcji i odsiarczania; 35 = ażurowy kosz na substrat stały do wytlukiwania masy organicznej; 36 = rurociąg do transportu wytlukanej masy organicznej; 37 = regał; 38 = króćce zakończone zaworami do pobierania próbek z komór; 39 = króciec wlewowý zakończony zaworem; 40 = wskaźnik poziomu cieczy



Source: own elaboration based on ROMANIUK et al. [2013].

Fig. 1. The scheme of obtaining biogas from the substrate by more than 12 percent dry matter content: 1 = cylindrical container for fermentation and washing solid substrate is located in an openwork basket; 2 = cylindrical reservoir intended for pre-rinsed fermentation of organic matter; 3 = cylindrical container for the final liquid fermentation of organic matter; 4 = overflow tank for storing the liquid; rinsing solid substrate; which is located in openwork basket; 5 = thermal insulation of external heating jacket and thermostat on tanks No. 1, 2, 3; 6 = cover the container No. 1 spigots (assembly); 7 = connector supplying biogas to the gas line No. 23; 8 = nipple discharge scrubbed organic matter (liquid) from the pipeline No. 36; 9 = shut-off valve tanks No. 1 from No. 2 in the loading bin 35 new substrate; 10 = the lid of the tank No. 2 spigots (mounting); 11 = the lid of the tank No. 3 with spigots (mounting); 12 = pipes, valves and pump No.13 connecting tanks No. 2 and 3; 13 = mixing pump I; 14 = funnel siphon connecting the tanks No. 3 and 4, to maintain adequate gas pressure in the chambers; 15 = suction pump-pressuring connected to the pipeline No. 36; 16 = drain pipe-coming out from the mixing tank No. 2 and connected to the pump No. 19; 17 = drain pipe-coming from the mixing container No. 3 and connected to the pump No. 19; 18 = cover of tank No. 4 spigots (mounting); 19 = mixing pump II; 20 = bath anti outflow and splashes of liquids; 21 = pipe drain tank No. 4; 22 = release valves of liquid organic (liquid) with tanks No. 2, 3, 4; 23, 23' = discharge line of biogas fermentation tanks No. 1, 2, 3, 4; 24 = biogas tank; 25 = separating the biogas; 26 = desulfurizator of biogas; 27 = flame; 28 = counter of biogas; 29 = thermometers for control of charge temperature and rinsed organic matter (liquids); 30 = co-generation unit; 31 = safety valves in a biogas plant to maintain proper pressure of biogas; 32 = pressure gauges and flow of biogas in desulfuring made from tube-shaped "U"; 33 = thermometers needed to maintain the proper temperature desulfurisation weight during its recovery; 34 = sampling valves biogas in various stages of production and desulfurization; 35 = openwork basket for solid substrate for leaching of organic matter; 36 = pipeline to transport organic matter leached from the container No. 4 to No. 1; 37 = rack; 38 = nozzles completed sampling valve chamber; 39 = filler neck past the valve and placed in the cover of the tank No. 4; 40 = the liquid level indicator

a w dalszej kolejności umożliwi określenie charakterystyk procesu fermentacyjnego, jakości i ilości powstałego biogazu oraz jakości pozostałości pofermentacyjnych. Wynalazek ten stanowi rozwiązanie konstrukcyjne stanowiska badawczego do produkcji biogazu, głównie z substratu w postaci mieszaniny obornika i odpadów organicznych oraz masy roślinnej [ROMANIUK 2014]. Zaprojektowane stanowisko badawcze posiada 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 (4). 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 biogaz jest poddawany oczyszczeniu w odwadniaczu (25) i w odsiarczalniku (26). Zaprojektowane urządzenie do wytwarzania biogazu z nawozów naturalnych i odpadów organicznych może służyć do badań nad pozyskaniem energii z substratów powyżej 12% zawartości suchej masy.

Celem pracy było przedstawienie koncepcji urządzenia laboratoryjnego do produkcji biogazu z substratów stałych oraz określenie parametrów technologicznych i eksploatacyjnych modelowej instalacji biogazowej z systemem wyplukiwania materii organicznej z obornika. Ponadto dokonano analizy parametrów fizykochemicznych obornika, cieczy płuczącej, mieszaniny wmywanej i mieszaniny fermentacyjnej, w tym masy, gęstości, pH, wilgotności zawartości suchej masy, suchej masy organicznej i popiołu. Oceniono skuteczność wmywania cząstek stałych z porcji obornika w różnych fazach technologicznych, tj. o różnym stopniu dojrzałości. Wykonano także ocenę biogazodochodowości (potencjału substratu do wytwarzania biogazu) w różnych fazach dojrzałości – przefermentowania obornika oraz mieszaniny wmywanej w celu określenia przydatności projektowanej technologii do celów pozyskiwania biometanu.

Metody badań

Jako materiał badawczy posłużył obornik pochodzący od krów mlecznych utrzymywanych w oborze wolnostanowiskowej boksowej. Obornik w cyklu badań różnił się stopniem przefermentowania (dojrzałości): obornik świeży (OS) – pobierany wprost z obory, obornik przymowany (OP) – pobierany z gnojowni po 4–8-tygodniowym czasie przymowania, obornik dojrzały (OD) – pobierany z przymy po 4–6-miesięcznym okresie składowania.

Pierwszym etapem realizacji pracy badawczej było przedstawienie charakterystyki obornika i cieczy do wyplukiwania materii organicznej z obornika. Następnie przeprowadzono analizę gęstości, odczynu pH, suchej masy (s.m.), suchej masy organicznej (s.m.o.), przeprowadzono próby wyplukiwania materii organicznej wodą laboratoryjną i inokulatem, a następnie powtórzono badania dla masy wyplukanej. Kolejnym etapem była ocena wyplukiwania materii organicznej z obornika wraz z oceną wydajności biogazowej metodą eudiometryczną. Na zakończenie przeprowadzono analizę masy pofermentacyjnej.

Doświadczenie miało charakter wieloczynnikowy z powtórzeniami. Materiał badawczy rozdrabniano po zakończeniu wymywania na sieczkę o długości 2–3 cm. W trakcie trwania całego doświadczenia nie stosowano dodatków stabilizujących i buforujących. W celu ujednoczenia próbek przeprowadzono mieszanie. Podczas badań rejestrowano i wyznaczano następujące parametry: pH, wilgotność, zawartość suchej masy, suchej masy organicznej i popiołu, gęstość mieszaniny wymywanej. Warunki przeprowadzania badań przedstawiono w tabeli 1. W czasie trwania fermentacji mieszaniny wymywanej zebrano następujące wyniki procesowe: charakterystyka dobową, dynamika procesu i objętość biogazu, zawartość metanu CH₄, i zanieczyszczeń (NH₃, CO₂, N₂O, H₂S, O₂).

Tabela 1. Harmonogram pojedynczego badania parametrów analitycznych do oceny wymywania materii organicznej z obornika

Table 1. Schedule of the single test of analytical parameters for evaluating of the leaching of organic matter from manure

Działanie Activity	Data Date	Opis Description
Pobór i dostarczenie próbek obornika: Sampling and providing samples of solid manure: – świeżego (OS) fresh manure (OS) – przymowanego (OP) manure from dung pile (OP) – dojrzałego (OD) old manure (OD)	20.07.2015 10.08.2015 31.08.2015	– faza: dobowy phase: one day – faza: 4–8-tygodniowy phase: 4–8-weeks – faza: 4–6-miesięczny phase: 4–6-months
Analiza gęstości, pH, suchej masy (s.m.), suchej masy organicznej (s.m.o.) Density analysis, pH, dry matter, the organic dry matter	21–23.07.2015 11–13.08.2015 01–03.09.2015	2 próbki w 4 powtórzeniach 2 samples in 4 repetitions (w podanych terminach in described terms)
Próby wymywania wodą laboratoryjną i inokulatem Leaching trials with using of distilled water and inoculate	22.07.2015 12.08.2015 02.08.2015	4 próbki 4 samples (w podanych terminach in described terms)
Analiza gęstości, pH, s.m., s.m.o., rozpoczęcie fermentacji biogazowej Density analysis, pH, dry matter, the organic dry matter, start of biogas fermentation	23.07.2015 13.08.2015 03.09.2015	1 próbka w 4 powtórzeniach 1 sample in 4 replications (w podanych terminach in described terms)
Zakończenie fermentacji biogazowej, analiza gęstości, pH, s.m., s.m.o. w pofermencie End of biogas fermentation, density analysis, pH, dry matter, the organic dry matter content in fermented mass	17.09.2015 07.10.2015 27.11.2015	1 próbka w 4 powtórzeniach 1 sample in 4 replications (w podanych terminach in described terms)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: MYCZKO [2015].

Source: own elaboration based on MYCZKO [2015].

Analizę parametrów podstawowych wykonano zgodnie z procedurą I-ZPE/107/ed.09.10.2008 oraz według norm: PN-EN 12176:2004, PN-EN 12880:2004 i PN-EN 12879:2004, dla próbek materiału badawczego po rozdrobnieniu, ujednorodnionych, w 4 powtórzeniach. Sumaryczny czas suszenia wyniósł 24 godziny, sumaryczny czas spalania – 3 godziny. Do parametrów podstawowych zaliczono: pH – H₂O, gęstość (w temperaturze 20°C), suchą masę, wilgotność, suchą masę organiczną, popiół. Badanymi substratami były następujące substancje organiczne: obornik świeży (OS), obornik przymowany (OP), obornik dojrzały (OD), inokulat (IC).

Badanie potencjału substratu do wytwarzania biogazu (biogazodochodowość) rozpoczęto 13.08.2015, a zakończono 23.10.2015. Wykonano je w następujących warunkach laboratoryjnych: temperatura 19,8–22,5°C, wilgotność powietrza 43,6–51,8%, ciśnienie atmosferyczne 993,0–1016,0 hPa. Temperatura inkubacji wynosiła 37,0°C, próbę kontrolną K0 – stanowił inokulat bakterii fermentacji metanowej. Dla każdej próbki wykonano 3 powtórzenia. Mieszanina fermentacyjna miała objętość 400 ml.

Wyniki badań

Wartości średnie zbadanych parametrów podstawowych materiałów przed wymywaniem zaprezentowano w tabeli 2.

Wyniki analizy podstawowej wykonane na próbkach obornika po przeprowadzeniu serii jednokrotnego wymywania z mieszanym przedstawiono w tabeli 3. Masa próbki obornika wynosiła 100 g, masa cieczy płuczającej – 500 ml, czas trwania wymywania i sączenia – 5 min.

Ocenę potencjału substratu do wytwarzania biogazu (biogazodochodowości) podczas fermentacji metanowej materiału organicznego przeprowadzono według procedury badawczej PB-01/LBMPZ-2010/FM oraz normy DIN 38 414 cz. 8, w zestawie eudiometrycznym z termostatowaną łaźnią wodną. Próbie fermentacji poddano osobno: obornik przed wymywaniem, przesącz i pozostałość po sączeniu, w 3 powtórzeniach. Zastosowano 10-procentowe rozcieńczenie w obciążeniu mieszaniny fermentacyjnej. W celu ujednoczenia próbek podczas poboru stosowano ciągle mieszanie w temperaturze 20,5°C.

Uzyskane wartości średnie oceny parametrów procesowych mieszanin fermentacyjnych badanych substratów przedstawiono w tabeli 4. Uzysk biogazu z różnych rodzajów substratu zaprezentowano na rysunku 2. Różnice w długości czasu fermentacji wynikają z faktu, że zarówno gnojowica, jak i materia wymywana z obornika składają się z substancji łatwo ulegających hydrolizie, dlatego wchodząc w cykl fermentacji w krótkim czasie ulegają przemianom biochemicznym. Słoma stanowiąca główny składnik obornika jest materiałem o strukturze najtrudniejszej do upłynnienia, dlatego w zależności od czasu składowania obornika, czas fermentacji będzie się stopniowo skracał im dłużej obornik fermentował na przymie. Szczegółowe wyniki oceny parametrów poprocesowych mieszanin fermentacyjnych badanych substratów o podanym obciążeniu procentowym próbki w mieszaninie fermentacyjnej zestawiono w tabeli 5.

Podana w wynikach badań niepewność rozszerzona wynika z niepewności standardowej, pomnożonej przez współczynnik rozszerzenia $k = 2$, który dla rozkładu normalnego zapewnia w przybliżeniu poziom ufności 95%. Niepewność podana została dla wyników metody walidowanej niepodlegającej akredytacji powyżej dolnego zakresu wykrywalności charakteryzującej stosowany spektrometr fotoakustyczny Multi Gas Monitor Innova model 1312 oraz GA model 2000 firmy Geotermical Instruments.

Tabela 2. Podstawowe parametry materiału badawczego przed wymywaniem
Table 2. Basic parameters of research material before leaching

Symbol identyfikacyjny próbki Identification symbol of the sample	pH – H ₂ O	Gęstość [g:(1000 ml) ⁻¹] w temperaturze 20°C Density in temperature 20°C	Zawartość s.m. Dry matter content		Wilgotność Moisture		Zawartość s.m.o. Organic matter content		Popiół Ash	
			% ś.m. % FM	SD	% ś.m. % FM	SD	% ś.m. % FM	SD	% ś.m. % FM	SD
OS ZPE 15/15	7,62 ±0,07 TK 21,0°C + 62,2 mV	623,6 SD 14,54	21,26 ±0,64	0,67	78,74 ±2,36	0,67	80,70 ±2,42	0,55	19,30 ±0,58	0,55
OP ZPE 15/15	7,43 ±0,07 TK 19,9°C + 59,1 mV	582,6 SD 11,22	20,02 ±0,60	0,42	79,98 ±2,40	0,42	80,25. ±2,41	0,30	19,75 ±0,59	0,30
OD ZPE 15/15	6,45 ±0,06 TK 21,6°C + 44,1 mV	567,4 SD 12,28	17,31 ±0,52	0,30	82,69 ±2,48	0,30	82,18 ±2,47	0,25	17,82 ±0,53	0,25
IC ZPE 15/15	7,02 ±0,07 TK 33,1°C + 56,2 mV	996,5 SD 2,03	2,67 ±0,06	0,04	97,33. ±1,94	0,04	67,61 ±1,29	0,03	32,39. ±0,71	0,03

Objaśnienia: SD = odchylenie standardowe, ś.m. = świeża masa, s.m. = sucha masa, TK = temperatura kompensacji pehametru, OS = obornik świeży (dobowy), OP = obornik przyzrywany 4–8-tygodniowy, OD = obornik dojrzawy 4–6-miesięczny, IC = inokulat.

Inokulat = ciecz pozyskiwana do ciągłej hodowli szczepionki fermentacji metanowej o temperaturze 35–37°C, posiadająca następujące własności: konsystencja jednorodna, koloidalna, kolor brunatny, zapach drażniący, bez oznak sedymentacji, bez formowania kożucha, wyraźnie gazująca.

Explanations: SD = standard deviation, ś.m. – fresh matter (FM), s.m. = dry matter, TK = temperature of pH-meter compensation, OS = fresh manure (1 day), OP = manure from dung pile (4–8 week old), OD = solid manure (4–6 month old), IC = inoculat.

Inoculat = liquid sourced to continuous culture of vaccine methane fermentation in temperature of 35–37°C, which has the following characteristics: consistency homogeneous colloidal, brown in color, smell irritant, without signs of sedimentation, without forming scum, expressly aerating.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Myczko [2015]. Source: own elaboration based on Myczko [2015].

Tabela 3. Wartości średnie podstawowych parametrów przesyączy i pozostałości po wymywaniu
 Table 3. The average values of basic parameters of the filtrates and residues after leaching

Symbol identyfikacyjny i masa próbki Identification symbol and mass of the sample	pH – H ₂ O	Gęstość [g/(1000 ml) ⁻¹] w temperaturze 20°C in temperature 20°C	Zawartość s.m. Dry matter content		Wilgotność Moisture		Zawartość s.m.o. Organic dry matter content		Popiół Ash	
			% ś.m. % FM	SD	% ś.m. % FM	SD	% s.m. % FM	SD	% s.m. % FM	SD
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Obornik świeży płukany wodą OS ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15 Fresh manure rinsed with distilled water OS ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15										
OS WD/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 485,9 g	7,65 ±0,07 TK 20,5°C +64,1 mV	995,8 SD 3,82	2,02 ±0,04	0,02	97,98 ±1,96	0,02	86,2 ±2,59	0,34	13,76 ±0,41	0,34
OS WD/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 114,1 g	7,63 ±0,07 TK 20,3°C +63,8 mV	637,2 SD 12,37	11,64 ±0,35	0,80	88,36 ±2,65	0,80	70,11 ±2,10	0,54	29,89 ±0,90	0,54
Obornik świeży płukany inokulat OS ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15 Fresh manure rinsed with inoculat OS ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15										
OS IC/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 450,2 g	7,43 ±0,07 TK 21,0°C +54,3 mV	989,3 SD 3,82	3,43 ±0,07	0,09	96,57 ±1,93	0,09	78,8 ±2,37	0,38	21,11 ±0,63	0,38
OS IC/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 149,7 g	7,48 ±0,07 TK 20,6°C +55,8 mV	652,7 SD 18,11	12,42 ±0,37	0,51	87,58 ±2,63	0,51	75,56 ±2,67	0,47	24,44 ±0,73	0,47
Obornik przymoczony płukany wodą OP ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15 Manure from dung pile rinsed with distilled water OP ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15										
OP WD/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 466,5 g	7,42 ±0,07 TK 20,0°C +57,4 mV	998,4 SD 4,13	1,34 ±0,03	0,03	98,66 ±1,97	0,03	86,49 ±2,59	0,33	13,51 ±0,41	0,33
OS WD/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 133,4 g	7,42 ±0,07 TK 20,1°C +55,6 mV	655,3 SD 21,08	10,53 ±0,32	0,36	89,47 ±2,97	0,36	78,43 ±2,35	0,45	21,57 ±0,65	0,45
Obornik przymoczony płukany inokulat OP ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15 Manure from dung pile rinsed with inoculat OP ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15										
OP IC/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 475,4 g	7,43 ±0,07 TK 19,9°C +59,1 mV	582,6 SD 5,50	3,78 ±0,08	1,61	96,22 ±2,92	1,61	81,21 ±2,44	0,23	18,78 ±0,56	0,23

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OS IC/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 124,7 g	6,45 ±0,06 TK 21,6°C + 44,1 mV	567,4 SD 14,07	12,42 ±0,37	0,94	87,58 ±2,63	0,94	72,56 ±2,18	0,12	27,44 ±0,82	0,12
Obornik dojrzwały płukany wodą OD ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15										
Old solid manure rinsed with distilled water OD ZPE 15/15 + WD ZPE 15/15										
OD WD/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 454,2 g	6,43 ±0,07 TK 20,3°C + 50,0 mV	986,7 SD 15,2	0,87 ±0,02	0,15	99,13 ±2,98	0,15	66,24 ±1,99	2,34	33,76 ±1,01	2,34
OD WD/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 145,7 g	6,42 ±0,06 TK 20,6°C + 48,4 mV	591,8 SD 20,02	9,41 ±0,28	1,03	90,59 ±2,72	1,03	85,46 ±2,56	0,36	14,54 ± 0,44	0,36
Obornik dojrzwały płukany inokulat OD ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15										
Old solid manure rinsed with inoculat OD ZPE 15/15 + IC ZPE 15/15										
OD IC/ PC ZPE 15/15 masa mass PC 439,9 g	6,87 ±0,07 TK 22,5°C + 52,4 mV	988,2 SD 9,43	1,21 ±0,02	0,20	98,79 ±2,98	0,20	77,23 ±2,32	0,41	22,77 ±0,68	0,41
OD IC/ ST ZPE 15/15 masa mass ST 160,3 g	6,69 ±0,06 TK 22,3°C + 49,8 mV	660,8 SD 10,21	15,72 ±0,47	0,73	84,28 ±2,53	0,73	76,14 ±2,28	0,42	23,86 ±0,72	0,42

Objaśnienia: WD = woda demineralizowana, PC = przesącz, ST = pozostałość; pozostałe, jak w tabeli 2.

Explanations: WD = distilled water, PC = filtrate, ST = residues; others, see Table 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Myczko [2015]. Source: own elaboration based on Myczko [2015].

Tabela 4. Wartości średnie parametrów procesowych mieszanin fermentacyjnych badanych substratów o 10-procentowym obciążeniu próbki w mieszaninie fermentacyjnej
 Table 4. The average values of the process parameters of the digestion mixtures tested substrates with 10% of sample content in a fermentation mixture

Parametry procesowe mieszaniny fermentacyjnej Process parameters of the digestion mixtures	Symbole identyfikacyjne próbek Identification symbols of the samples									
	OS ZPE 15/15	PC (OS WD) ZPE 15/15	ST (OS WD) ZPE 15/15	OP ZPE 15/15	PC (OP WD) ZPE 15/15	ST (OP WD) ZPE 15/15	OP ZPE 15/15	PC (OP WD) ZPE 15/15	ST (OP WD) ZPE 15/15	K0 ⁴⁾
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH – H ₂ O początkowe Initial pH – H ₂ O	7,28 ±0,07	7,32 ±0,07	7,31 ±0,07	7,16 ±0,07	7,20 ±0,07	7,20 ±0,07	6,94 ±0,07	6,95 ±0,08	6,94 ±0,07	7,02 ±0,07
TK [°C] w temperaturze laboratorium 20,5°C TK [°C] of pH-meter compensation in laboratory temperature 20,5°C	28,2	26,1	26,9	25,6	27,8	25,1	24,6	26,8	26,1	31,1
Tlen rozpuszczony O ₂ ¹⁾ Dissolved oxygen O ₂ ¹⁾ [mg·dm ⁻³]	0,18	0,02	0,06	0,11	0,02	0,09	0,13	0,02	0,08	0,02
Alkaliczny potencjał buforowy ¹⁾ Alkaline buffer LKT/OWN ¹⁾	4,16	4,68	2,94	4,31	4,53	3,12	4,33	4,14	2,06	0,08
Obciążenie mieszaniny fermentacyjnej suchą masą ³⁾ [% s.m.] Dry matter content in fermentation mixture ³⁾ [% FM]	4,54 ±0,14	2,60 ±0,05	3,57 ±0,07	4,51 ±0,14	2,53 ±0,05	3,47 ±0,10	4,20 ±0,13	2,49 ±0,05	3,34 ±0,07	2,68 ±0,04
Obciążenie mieszaniny fermentacyjnej suchą masą organiczną ³⁾ [% s.m.] Organic dry matter content in fermentation mixture ³⁾ [% DM]	68,93 ±2,07	69,51 ±2,08	67,86 ±2,04	68,95 ±2,07	69,57 ±2,09	68,71 ±2,06	69,13 ±2,05	67,47 ±2,02	69,39 ±2,08	67,61 ±1,9
Liczba dni fermentacji Retention time [days]	52	4	54	52	4	56	56	4	58	14

cd. tabeli 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Uzysk biogazu ²⁾ [N dm ³ ·kg ⁻¹ ·ś.m.]	62,49 ±5,03	44,77 ±3,58	17,20 ±1,38	66,90 ±5,35	46,06 ±3,68	29,84 ±2,39	56,79 ±4,54	20,44 ±1,64	28,34 ±2,27	0,88 ±0,07
Biogas field ²⁾ [N dm ³ ·kg ⁻¹ ·FM]										
Zawartość Content – CH ₄ [%]	53,6	46,8	51,3	55,1	48,8	50,5	50,7	43,6	50,3	51,6
– NH ₃ [ppm]	23,6	12,3	20,2	18,4	18,5	12,2	8,7	4,7	4,0	2,56
– H ₂ S [ppm]	128	113	22	216	125	24	34	30	22	9

Objaśnienia: LKT/OWN = iloraz stężenia lotnych kwasów tłuszczowych do parametru zasadowości (alkaliczny potencjał buforowy); pozostałe, jak pod tabelami 2 i 3.

Explanations: LKT/OWN = the ratio of volatile fatty acid concentrations in the parameter of alkalinity (alkali potential buffer); others, see Tables 2 and 3.

1) Wyniki ilenu rozpuszczonego oraz alkalicznego potencjału buforowego uzyskano metodą poza zakresem akredytacji.

1) The results of dissolved oxygen and alkaline buffer capacity obtained by outside accreditation scope.

2) Wynik uzysku biogazu jest ilością gazu netto z badanej próbki, wynik uzysku biogazu z inokulatu podany w celu orientacyjnym.

2) The result of biogas yield is the amount of net gas from the test sample, the result biogas yield from inoculum according to the purpose of explanation.

3) Obciążenie mieszaniny fermentacyjnej suchą masą i suchą masą organiczną podano w przeliczeniu na świeżą masę (ś.m.) oraz na suchą masę (s.m.).

3) Dry matter content and organic dry matter in fermentation mixture specified based on the fresh matter (FM) and dry matter (DM).

4) Próba kontrolna K0 = inokulat bakterii fermentacji metanowej.

4) Control samples K0 = inoculum bacteria of methane fermentation.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Myczko [2015]. Source: own elaboration based on Myczko [2015].

Tabela 5. Wartości średnie parametrów masy pofermentacyjnej
Table 5. The average values of the parameters of post-processing mass

Parametry mieszaniny pofermentacyjnej Parameters of the post-processing mass	Symbole identyfikacyjne próbek po fermentacji. Identification symbols of the samples									
	OS ZPE 15/15	PC (OS WD) ZPE 15/15	ST (OS WD) ZPE 15/15	OP ZPE 15/15	PC (OP WD) ZPE 15/15	ST (OP WD) ZPE 15/15	OD ZPE 15/15	PC (OD WD) ZPE 15/15	ST (OD WD) ZPE 15/15	K0 ⁴⁾
pH – H ₂ O końcowe Final pH – H ₂ O	7,02 ±0,07	7,18 ±0,07	6,92 ±0,07	7,14 ±0,08	7,55 ±0,08	6,48 ±0,07	7,18 ±0,07	7,52 ±0,07	6,94 ±0,08	7,34 ±0,07
TK [°C] w temperaturze laboratoryjnej 20,5°C TK [°C] of pH-meter compensation in laboratory temperature 20,5°C	34,1	34,5	33,8	33,6	34,1	34,0	34,5	34,8	34,2	34,2
Tlen rozpuszczony O ₂ ¹⁾ Dissolved oxygen O ₂ ¹⁾ [mg·dm ⁻³]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Alkaliczny potencjał buforowy ¹⁾ Alkaline buffer LKT/OWN ¹⁾	0,68	0,05	0,83	0,89	0,08	0,98	0,76	0,04	1,12	0,028
Pozostałość w mieszaninie pofermentacyjnej suchej masy ²⁾ [% s.m.] Dry matter content in post-processing mass ²⁾ [% FM]	4,4 ±0,1	1,5 ±0,1	4,1 ±0,1	5,3 ±0,1	1,8 ±0,1	4,0 ±0,1	4,6 ±0,1	1,2 ±0,1	5,1 ±0,1	2,10 ±0,0
Pozostałość w mieszaninie pofermentacyjnej suchej masy organicznej ²⁾ [% s.m.] Dry organic matter content in post-processing mass ²⁾ [% DM]	52,2 ±1,6	32,0 ±1,3	39,8 ±1,3	46,3 ±1,4	34,2 ±1,3	36,8 ±1,3	42,8 ±1,4	32,4 ±1,3	36,1 ±1,3	50,4 ±1,8

Objaśnienia, jak pod tabelami 2–4. Explanations, see Tables 2–4.

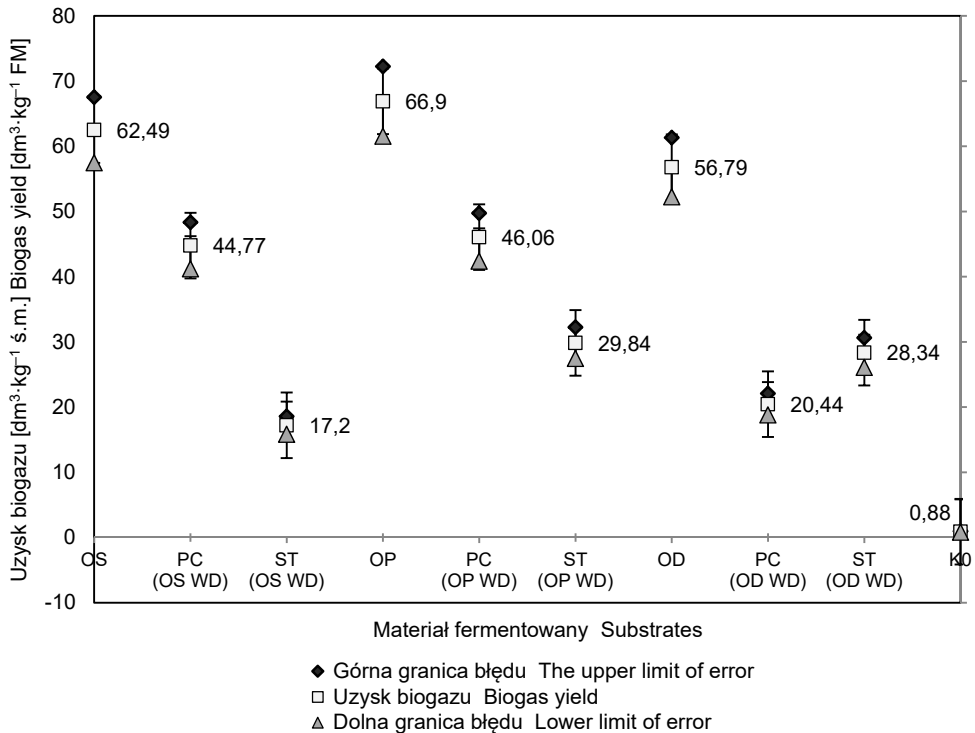
¹⁾ Wyniki tleny rozpuszczonego oraz alkalicznego potencjału buforowego uzyskano metodą poza zakresem akredytacji.

¹⁾ The results of dissolved oxygen and alkaline buffer capacity obtained by outside accreditation scope.

²⁾ Obciążenie mieszaniny fermentacyjnej suchą masą i suchą masą organiczną podano w przeliczeniu na świeżą masę (s.m.) oraz na suchą masę (s.m.).

²⁾ Dry matter content and organic dry matter in fermentation mixture specified based on the fresh matter (FM) and dry matter (DM).

Źródło: opracowanie własne na podstawie: MYCZKO [2015]. Source: own elaboration based on MYCZKO [2015].



Źródło: opracowanie własne na podstawie: MYCZKO [2015].
 Source: own elaboration based on MYCZKO [2015].

Rys. 2. Uzysk biogazu z różnych rodzajów substratu; objaśnienia, jak w tabelach 1–3
 Fig. 2. The biogas yield from different types of substrate; explanations, see Tables 1–3

Podsumowanie i wnioski

Zaprojektowane stanowisko badawcze, stanowiące przedmiot zgłoszenia patentowego nr P.4406470, pozwala na wszechstronne badanie efektywności produkcji biogazu w powiązaniu z jakością pozyskiwanego substratu po wyflukaniu i fermentacji, a szczególnie: analizę parametrów fizykochemicznych obornika, cieczy płuczającej, mieszaniny wmywanej i mieszaniny fermentacyjnej, w tym: masy, gęstości, pH, wilgotności, zawartości suchej masy, suchej masy organicznej i popiołu; ocenę skuteczności wmywania cząstek stałych z porcji obornika w różnych fazach technologicznych, tj. o różnym stopniu dojrzałości; umożliwi także ocenę potencjału substratu do wytwarzania biogazu badanych faz technologicznych obornika oraz mieszaniny wmywanej w celu określenia przydatności projektowanej technologii do celów pozyskiwania biometanu.

Z uwagi na to, że w literaturze przedmiotu nie natrafiono na wyniki badań uzysku biogazu z fermentacji materii organicznej pochodzącej z wyflukowania obornika, dlatego brak możliwości konfrontacji otrzymanych rezultatów z wynikami autorów. Wobec powyższego uznano, że badania należy kontynuować w celu otrzymania większego zbioru danych, co pozwoliłoby na doskonalenie zaproponowanej metody.

Analiza wartości średnich parametrów procesowych mieszanin fermentacyjnych badanych substratów o 10-procentowym obciążeniu próbką mieszaniny fermentacyjnej pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Spośród substratów użytych w doświadczeniu, będących trzema rodzajami nawozu naturalnego (obornika), najlepsze własności pod względem prognozowanego uzysku biogazu wykazał obornik przymowany, a następnie obornik świeży i obornik przefermentowany (dojrzały).
2. W przypadku substratu OS (obornik świeży) otrzymano średni uzysk biogazu $62,49 \pm 5,03 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$, w przypadku substratu OP (obornika przymowany) średni uzysk był o 7,05% większy, a substratu OD (obornik dojrzały) o 9,12% mniejszy.
3. Z przesączy (PC) z obornika świeżego płukanego wodą destylowaną średni uzysk biogazu wyniósł $44,77 \pm 3,58 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$
4. Z pozostałości (ST) po płukaniu obornika świeżego wodą destylowaną średni uzysk wyniósł $17,20 \pm 1,38 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$

Bibliografia

BARWICKI J. 2014. Some development processes in biogas production from agriculture residues. W: Problemy intensyfikacji zhiwotnovodstva s uchetom okhrany okruzhayushchey sredy i proizvodstva al'ternativnykh istochnikov energii v tom chisle biogaza [Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas]. Falenty. Wydaw. ITP s. 20–26.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dz.Urz. UE L 140/16.

ĞLASZCZKA A., WARDAL W., ROMANIUK W., DOMASIEWICZ T. 2010. Biogazownie rolnicze [Agricultural biogas plants]. Warszawa. Ofic. Wydaw. MULTICO. ISBN 978-83-7073-432-9 ss. 76.

ĞLASZCZKA A., WARDAL W.J. 2004. Współczesne metody przechowywania nawozów naturalnych [The contemporary methods of manure storage]. Technika Rolnicza, Ogrodnicza i Leśna. Nr 9–10 s. 48–52.

GRZYBEK A., PASYNIUK P. 2016. Instalacje agroenergetyczne – aspekty: środowiskowy i energetyczny [Agro-energetic systems – environmental aspects and logistics]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 22. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-65426-15-4 ss. 172.

KOWALCZYK-JUŚKO A. 2013. Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska [Biogas stations as the chance for agriculture and the environment]. Warszawa. Wydaw. FDPA. ISBN 978-83-937363-0-0 ss. 68.

MYCZKO A., MYCZKO R., KOŁODZIEJCZYK T., GOLIMOWSKA R., LENARCZYK J., JANAS Z., KLIBER A., KARŁOWSKI J., DOLSKA M. 2011. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych – poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych [Construction and operation of agricultural biogas plants – a guidebook for investors interested in building biogas plants]. Warszawa–Poznań. ITP. ISBN 978-83-62416-23-3 ss. 140.

LEWICKI A., KOZŁOWSKI K., PIETROWSKI M., ZBYTEK Z. 2016. Methane fermentation of chicken droppings. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 61(4) s. 28–30.

MYCZKO R. 2015. Ocena produktów wypłukiwania materii organicznej z obornika wraz z oceną wydajności biogazowej metodą eudiometryczną [Evaluation of products leaching of organic

manure with an evaluation of the biogas efficiency by eudiometric method]. Sprawozdanie z badań nr LBMPZ 26/15/Stat. Temat nr: statut 26/12/2015/ZEBW. Poznań. Maszynopis ss. 16.

ROMANIUK W. (red.) 1995. Gospodarka gnojowicą i obornikiem [Slurry and manure handling]. Warszawa. Wydaw. Eko-Efekt, NFOŚiGW. ISBN 83-904433-09 ss. 192.

ROMANIUK W. 2014. Rozwiązania instalacji biogazowych dla gospodarstw rodzinnych i farmerskich uwzględniające zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej [Solutions of biogas installations for family and agricultural farms including development of digestate]. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3(85) s. 93–105.

ROMANIUK W., DOMASIEWICZ T., BOREK K., BORUSIEWICZ A., MARCZUK T. 2015. Analiza potrzeb techniczno-technologicznych oraz propozycje rozwiązań w produkcji biogazu w gospodarstwach rodzinnych i farmerskich [Analysis of the technical and technological needs and solutions proposals in biogas production for the family farms and farming enterprises]. Łomża. Wydaw. Wyższej Szkoły Agrobiznesu. ISBN 978-83-87492-97-7 ss. 140.

ROMANIUK W., GŁASZCZKA A., BISKUPSKA K. 2012. Analiza rozwiązań instalacji biogazowych dla gospodarstw rodzinnych i farmerskich [Analysis of the biogas installation solutions for the family farms and farming enterprises]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 9. Falenty. ITP. ISBN 978-83-62416-53-0 ss. 94.

ROMANIUK W., ŁOCHOWSKI B., BISKUPSKA K., OTROSHKO S.A. 2013. Urządzenie laboratoryjne do produkcji biogazu ze stałych substratów [A laboratory apparatus for biogas production from solid substrates]. Polska. Zgłoszenie patentowe P.4406470 z dnia 11.12.2013.

ROMANIUK W., OVERBY T. 2005. Standardy dla gospodarstw rolnych. Magazynowanie nawozów naturalnych [Farm standards for manure storages]. Poradnik. Wyd. II. Pr. zbior. Warszawa. IBMER, DAAS Skejby. ISBN 83-89806-03-7 ss. 81.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie. Dz.U. 1997. Nr 132 poz. 877.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 stycznia 2015 r. w sprawie procesu odzysku R10. Dz.U. 2015 poz. 132.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego. Dz.Urz. UE L 300/1.

SIKORA J., NIEMIEC M., SZELAĞ-SIKORA A. 2016. Use of sugar beet leaves for biogas production. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 61(4) s. 151–155.

SZULC R., DACH J. 2014. Kierunki rozwoju ekoenergetyki w polskim rolnictwie [Development directions of eco-energy in Polish agriculture]. Kraków. Wydaw. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. ISBN 978-83-64377-06-8 ss. 126.

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz.U. 2007. Nr 147 poz. 1033.

Witold Jan Wardal, Waclaw Romaniuk, Renata Myczko

THE METHOD OF INCREASING OF BIOGAS YIELD FROM METHANE DIGESTION OF MANURE

Summary

The aim of this study was to develop a concept device laboratory system for leaching of organic matter from manure, intended for the production and evaluation of biogas from manure with varying degrees of maturity. Biogas yields evaluation according to stage of maturity manure and mixtures eluted in order to determine the effectiveness of biogas designed technology showed that the substrates used in the experiment, which are three types of solid manure, the best properties in terms of forecasting the yield of biogas showed manure from dung pile (4–8 week old), before fresh manure (1 day) and old solid manure (mature manure 4–6 month old). For fresh manure (OS) the obtained biogas yield was on level $62.49 \pm 5.03 \text{ dm}^3$ per kg of fresh matter, for manure from dung pile (OP) yield was 7.05% higher, while for mature manure (OD) 9.12% lower. In turn, the filtrates (PC) of fresh manure rinsed with distilled water, the yield was $44.77 \pm 3.58 \text{ dm}^3$ per kg of fresh matter. But for residues (ST) after rinsing fresh manure rinsed with distilled water yield was $17.20 \pm 1.38 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ of fresh matter.

Key words: manure, biogas yield, anaerobic digestion, organic matter

Adres do korespondencji:

dr inż. Witold Jan Wardal

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Oddział w Warszawie

Zakład Eksploatacji i Budownictwa Wiejskiego

ul. Rakowiecka 32, 02–532 Warszawa

tel. 22 542-11-35; e-mail: w.wardal@itp.edu.pl

