

Karol WĘGLARZY^{1,2,3}, Irena SKRZYŻAŁA², Aneta PELLAR²

¹ Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy,

ul. Krakowska 1, 32-083 Balice k. Krakowa

² Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki PIB Grodziec Śląski Sp. z o.o.

³ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

AGRICULTURAL BIOGAS PLANT IN KOSTKOWICE. FIRST EXPERIENCES

Summary

November 15th, 2010, in less than half a year since the start of the investment agriculture biogas plant was opened in Experimental Station of National Research Institute of Animal Production in Grodziec Śląski, first in Silesia Region and one of the first in Poland. Initiative to build it originated from the conviction of the rightness of research and implementation of renewable energy sources, the belief that agriculture as a major producer of biomass can play an important role in this area, finally, the belief that harnessing biomass energy has a positive impact on the greenhouse effect in which agriculture is also involved. It was assumed that agriculture biogas plant in addition to production functions will serve educational and research functions for all potential recipients of such services. In agriculture biogas plant for biogas production by-products and waste products including environmentally harmful wastes from livestock production, are used. Plant biomass is added to allow the normal course of the fermentation process and yield of biogas. This paper describes the design and technological solutions of essential stages of the production of biogas - substrate storage, their dosing and grinding as well as transport to the fermentator, their hygienization or pasteurisation, handling of by-product - digesta which provides high-quality organic fertilizer containing biogenic elements more easily absorbed by plants, devoid of odor nuisance. One of the purposes of research was to determinate fertilizer usefulness and yield value of this substance. Cogeneration engine in which biogas energy is processing into electrical and thermal energy is important element of agricultural biogas plant. Determination of the efficiency of this unit and the use of thermal energy is also the objective of research and scope for innovative solutions. Agricultural biogas plant has a prototype design and technological solutions, constitutes a kind of testing ground and obtained results, conclusions and recommendations will be a valuable contribution towards the development of this activity. It will be a source of income and prestige for agriculture, in addition - the mean for ensuring food security and the participation in ensuring the energy security of the tangible values of environmental protection as well. It is another link of Renewable Energy Center in Kostkowice. Agricultural biogas plant in National Research Institute of Animal Production is a fulfilment of the governmental objectives contained in the document "Directions of development of agricultural biogas plants in Poland in 2010-2020" from July 13th, 2010.

AGROBIOGAZOWNIA W KOSTKOWICACH. PIERWSZE DOŚWIADCZENIA

Streszczenie

15 listopada 2010 r., otwarto w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki Państwowym Instytucie Badawczym pierwszą na Śląsku i jedną z pierwszych w Polsce agrobiogazownię. Inicjatywa jej budowy zrodziła się z przekonania o słuszności badań i wdrożeń odnawialnych źródeł energii, z przekonania, że rolnictwo jako główny producent biomasy może odegrać w tym obszarze znaczącą rolę, wreszcie z przekonania, że ujarzmienie energii biomasy ma korzystny wpływ na efekt cieplarniany, w wytworzeniu którego rolnictwo ma także swój udział. Założono, że agrobiogazownia oprócz funkcji produkcyjnych pełnić będzie funkcje edukacyjne i badawcze dla wszystkich potencjalnych odbiorców tego rodzaju usług. W agrobiogazowni, do produkcji biogazu wykorzystywane są produkty uboczne i odpadowe, w tym uciążliwe dla środowiska odpady z produkcji zwierzęcej. Biomasa roślinna stanowi dodatek umożliwiający prawidłowy przebieg procesu fermentacyjnego i uzysk biogazu. Opisano rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne istotnych etapów produkcji biogazu – magazynów substratów ich dozowania i rozdrabniania oraz transportu do komór fermentacyjnych, ich higienizacji lub pasteryzacji, sposobu postępowania z produktem ubocznym – pulpą pofermentacyjną, który stanowi wysokowartościowy nawóz organiczny zawierający pierwiastki biogenne, łatwiej przyswajalne przez rośliny, pozbawione uciążliwego zapachu. Jednym z celów badań jest określenie przydatności nawozowej i wartości płonotwórczej tej substancji. Ważnym elementem agrobiogazowni jest zespół kogeneracyjny, w którym następuje przetwarzanie energii biogazu w energię elektryczną i ciepłą. Określenie efektywności pracy tej jednostki, a także wykorzystanie energii cieplnej, to także cel badań i pole dla innowacyjnych rozwiązań. Agrobiogazownia ma prototypowe rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne, stanowi swoisty poligon doświadczalny, a uzyskane wyniki, wnioski i zalecenia będą cennym wkładem w rozwój tego kierunku działalności. Będzie on stanowić dla rolnictwa źródło dochodu i prestiż, w rolę którego oprócz zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego, wpisany zostanie udział w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego, z niewymiernymi walorami dla ochrony środowiska. Jest kolejnym ogniwem zlokalizowanego w Kostkowicach Centrum Energii Odnawialnych. Agrobiogazownia Instytutu Zootechniki PIB w Kostkowicach wpisuje się w realizację rządowych założeń zawartych w dokumencie „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020” z dnia 13 lipca 2010 r.

1. Położenie i warunki środowiskowe

Agrobiogazownia zlokalizowana jest na Pogórzu Śląskim (zwanym także Cieszyńskim) u podnóża Beskidu Śląskiego, w północno-wschodniej części gospodarstwa Kostkowice na wys. ok. 350 m n.p.m., w bliskim sąsiedztwie obiektów inwentarskich dla trzody chlewnej i bydła. Stado podstawowe liczy 150 krów i 80 loch, a oba gatunki zwierząt utrzymywane są w cyklu zamkniętym. Bazę paszową dla zwierząt oraz źródło substratów dla agrobiogazowni stanowią użytki rolne gospodarstwa o powierzchni 152 ha oraz pozostałe gospodarstwa Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w Grodźcu o łącznej powierzchni 1100 ha.

Gleby powstałe głównie na łupkach są glebami tłustymi, gliniastymi i głębokimi. Są one zaliczane do gleb ciężkich do uprawy, o podwyższonym odczynie kwaśnym, 95% użytków rolnych zakwalifikowanych jest do klas III i IV.

Gleby regionu narażone są na opad pyłu zawierającego znaczne ilości metali ciężkich (szczególnie duża zawartość żelaza i manganu), pochodzące z hut i fabryk Śląska oraz północnych Moraw. Występuje także zjawisko kwaśnych deszczy. Niepokojące jest wysokie stężenia metali ciężkich w gle-

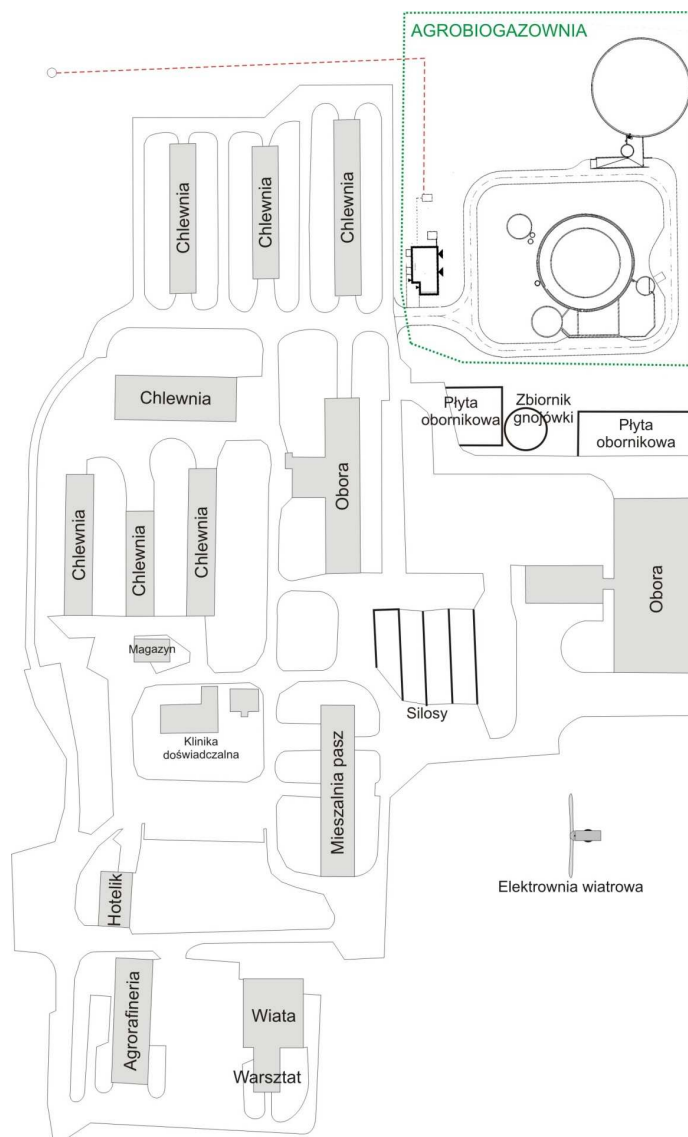
bie w formach łatwo przyswajanych przez rośliny i w ten sposób włączanych do łańcucha pokarmowego. Stąd wykorzystanie takich gleb dla uprawy roślin energetycznych jest zasadne.

2. Rozwiązania architektoniczno-technologiczne agrobiogazowni

2.1 Architektura agrobiogazowni

Agrobiogazownia w Kostkowicach składa się z kilkunastu elementów składowych produkcji biogazu i energii elektrycznej:

- 1a. kosz zasypowy,
- 1b. fermentor o pojemności około 4500 m³, zewnętrzny 2 000m³, wewnętrzny 2 500 m³,
2. zbiornik biogazu o pojemności ok. 500 m³,
3. kogenerator,
4. transformator,
5. separator,
6. zbiornik na wody pofermentacyjne o pojemności 4500 m³,
7. przepompownia,
8. magazyny substratów stałych (silosy kiszonek, płyty gnojowe),
9. zbiornik gnojowicy,
10. palnik gazu reszkowego (pochodnia).



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia obiektów w Centrum Energii Odnawialnych Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego Grodziec Śląski, Gospodarstwo Kostkowice

Fig. 1. Schematic arrangement of objects in Renewable Energy Centre of Experimental Station of National Research Institute of Animal Production in Grodziec Śląski, Kostkowice Farm

Gnojowica będąca substratem do produkcji biogazu magazynowana jest w żelbetowym zbiorniku gnojowicy o średnicy wewnętrznej 10 m i wysokości 4 m. Różnica poziomów posadowienia zbiornika i fermentora wynosi 1,00 m. Ze zbiornika gnojowica przepompowywana jest do fermentora poprzez przepompownię, która jest żelbetową zamkniętą komorą wyposażoną w system pomp umożliwiających przepompowywanie substratu ze wszystkich zbiorników w ramach Centralnego Systemu Sterowania (BPS). Przez przepompownię biegnie zaizolowany rurociąg transportujący ciepło z jednostki kogeneracyjnej do fermentora.

W magazynach substratów, którymi obok zbiornika gnojowicy są płyty gnojowe oraz silosy na kiszonki, gromadzone są substraty dla pozyskiwania biogazu: obornik, gnojowica, kiszonki z traw i kukurydzy, odpady organiczne, niedojady.

Substratami dla biogazowni są ponadto słoma, siano oraz gliceryna jako produkt odpadowy produkcji biodiesla w tym gospodarstwie.

Wszystkie stałe substraty wprowadzane są do komory głównej fermentora poprzez dozownik substratów.

Fermentor tworzy kołowy zadaszony, żelbetowy, monolityczny zbiornik ze środkowym słupem nośnym i komorą wewnętrzną wytworzoną przez pierścień pośredni (koło w kole). Wewnątrz fermentora biegnie instalacja grzewcza, którą stanowi, wykonana ze stali nierdzewnej potrójna węzownica służąca dla potrzeby utrzymania wymaganej dla procesów fermentacyjnych temperatury (ok. 40°C). Fermentor jest wyposażony w cztery pochyłe, ciągnowe mieszadła łopatkowe (zakotwione w ramie oraz we wsporniku fermentora, umożliwiające wyjęcie mieszadła bez wpływu gazu), o mocy 11 i 15 kW, gazoszczelną ramę kontrolną, posadowioną w stropie fermentora, do przeprowadzenia rewizji wzrokowej, panel ręcznego sterowania mieszadłami, łącznik gazowy z zaworem odsiarczającym umożliwiającym pobieranie prób gazu, urządzenie kontrolne do pobierania prób fermentatu, czujniki temperatury i ciśnienia oraz poziomowskaz. Z każdej komory fermentora do zbiornika gazu biegnie niezależny gazociąg, a w fermentorze głównym umieszczona jest studzienka do wysysania osadów. Bezpieczeństwo funkcjonowania urządzeń zapewniają cieczowe i mechaniczne bezpieczniki oraz system odgromowy.

Obornik bydlęcy transportowany jest zamkniętym taśmociągiem bezpośrednio z płyty gnojowej obory, obornik świński oraz pozostałe substraty stałe załadowywane są do kosza zasypowego, który jest żelbetową otwartą komorą. Dozowanie substratów zapewniają dozowniki działające na zasadzie wozu paszowego. Wielkość leja zasypowego jest wymiarowana standardowo na naważenie substratu 1 x dzienne. Kosz zasypowy osłonięty jest stalową wiatą, której dach pokryty jest blachą trapezową, a ściany boczne są zbudowane z poliwęglanu. Wyprowadzenie gazu transportowany jest do żelbetowego zbiornika biogazu w kształcie walca o średnicy wewnętrznej 8 m i wysokości 11 m. Posadowienie zbiornika w stosunku do fermentora wynosi +90 m. Wewnątrz zbiornika znajduje się balon z folii.

Palnik gazu resztkowego (pochodnia) oddalony jest o 9,25 m od zbiornika biogazu i kogeneratora, jego rola polega na spalaniu gazu w przypadku, gdy niemożliwe jest jego przetwarzanie w jednostce kogeneracyjnej. Wydajność spalania jest zgodna z parametrami jednostki kogeneracyjnej (300 m³/godz.).

Pulpa pofermentacyjna (poferment) przechowywana jest w żelbetowym zbiorniku w kształcie walca o średnicy wewnętrznej 6 m i wysokości 6 m. Posadowiony jest on na tym samym poziomie, co fermentor. Ze zbiornika masa pofermentacyjna wprowadzana jest przez pompę wyposażoną w silnik 2,5 HP do separatora umieszczonego w zadaszonyj wiacie, której narożniki zbudowano ze słupów stalowych, a ściany boczne z drewnianych bali.

Separator II generacji Doda firmy JPS Jakson jest uniwersalnym, wysokowydajnym, wykonanym ze stali nierdzewnej urządzeniem, służącym do oddzielania zawiesiny cieczy z frakcji stałych. Wydajność separatora zależy od wielkości cząstek stałych zawiesiny i wynosi 12-60 m³/godz.

Części stałe po odseparowaniu spadają grawitacyjnie na przyczepę lub płytę, zaś cieczy pofermentacyjne są przepompowywane i magazynowane w żelbetowym, zamkniętym zbiorniku w kształcie walca o średnicy wewnętrznej 32,5 m i pojemności 4560 m³.

Budynek kogeneratora jest konstrukcji murowanej o powierzchni zabudowy 146,4 m² i kubaturze 834 m³, z następującymi pomieszczeniami: hala zespołu prądowłóczego Deutz Power System, skład oleju, sterownia, zaplecze socjalne.

Silnik kogeneratora wyposażony jest w nowoczesne, czterozaworowe głowice, otwarte komory spalania, turbodoładowane, pracujące na mieszankach ubogich ($\lambda \geq 1,3$) i są chłodzone wodą. Turbosprężarka doładowująca spręża nie tylko powietrze, ale również mieszankę gazowo-powietrzną, co powoduje, że silnik jest mniej wrażliwy na zmiany stężenia metanu. Na zmiany składu gazu reaguje elektroniczny system zarządzania TEM poprzez pomiary temperatury spalania w każdym cylindrze jako decydujący parametr termodynamiczny i bezpośrednio oddziałujący na współczynnik nadmiaru powietrza. Silniki tej klasy są eksploatowane w miejscach, gdzie stężenie metanu spada poniżej 25%.

Zespół prądowłóczy może być sterowany na odległość, zdalnie. Można także wykryć 70% występujących usterek (np. za wysoki poziom oleju, za wysoka temperatura w otoczeniu silnika, awaria podajnika, awaria mieszadeł).

Procesem technologicznym steruje centralny system sterowania BPS, który automatyzuje większość operacji eksploatacyjnych (dozowanie substratów, praca pomp i mieszadeł oraz jednostki kogeneracyjnej), monitoruje proces fermentacji na podstawie przebiegających w fermentorze reakcji biochemicznych. System komputerowy stwarza możliwość zdalnego zarządzania procesami technologicznymi, rejestrację parametrów oraz powiadamiania za pomocą sms lub e-mail o potencjalnej awarii lub ponadlimitowych parametrach pracy urządzeń.

Zaletą zastosowanego systemu i rozwiązaniem jest możliwość sterowania dozowaniem substratu w zależności od ilości wytworzonego biogazu.

2.2 Technologia pozyskiwania biogazu

Substraty dla wytwarzania biogazu pochodzą z produkcji rolniczej Zakładu: z produkcji roślinnej (kiszonki, siano, słoma, odpady) oraz zwierzęcej (gnojowica, obornik). Istotą procesu technologicznego i maksymalizacji wydajności jest optymalny skład i postać substancji podlegających fermentacji.

Obornik, słoma, siano, kiszonki są rozdrobnione na długość ok. 40 mm, po czym w odpowiedniej proporcji zadawane są do fermentora. Dzielne i roczne zapotrzebowanie na surowce pod potrzeby silnika o mocy 0,6 MW energii elektrycznej przedstawiono w tab. 1.

