

**Waldemar Gostomczyk<sup>1</sup>**

Katedra Polityki Ekonomicznej i Regionalnej,  
Politechnika Koszalińska

## **Rynek biogazu rolniczego w Polsce i wykorzystywane surowce w latach 2011-2014**

### **Agricultural biogas market in Poland and the raw material used in 2011-2014**

**Synopsis.** Jednym ze sposobów produkcji energii odnawialnej jest jej wytwarzanie w biogazowniach rolniczych. Każdy kraj powinien wytwarzać energię w sposób najbardziej adekwatny do warunków jakie w danym kraju występują, uwzględniając posiadane surowce i poziom rozwoju technologicznego. Celem artykułu było zbadanie dynamiki rozwoju rynku biogazu oraz wykorzystywanych surowców w latach 2011-2014. Opierając się na danych statystycznych i sprawozdaniach ilości wytworzonego biogazu i energii określono dynamikę wzrostu produkcji biogazu, energii oraz ilości biogazowi rolniczych w Polsce. Dokonano również analizy zmiany ilości i struktury wykorzystywanych surowców. Stwierdzono, że trwałą tendencją jest zwiększanie wykorzystania produktów ubocznych i odpadowych rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego. W przedstawionym studium przypadku zaprezentowano sposób obniżania kosztów produkcji energii z biogazu, pozwalający w przyszłości konkurować z paliwami konwencjonalnymi.

**Słowa kluczowe:** energia odnawialna, biogazownie rolnicze, substraty

**Abstract.** One of the methods of renewable energy production is the production of agricultural biogas. Each country should produce energy in a way most appropriate to the conditions that exist in that country, taking into account the holdings of raw materials and the level of technological development. The aim of the article was to examine the dynamics of the development of the bio-gas market and raw materials used in 2011-2014. It was based on statistical data and reports the amount of bio-gas and energy that was produced, the dynamics of growth in that production, and the quantity of agricultural bio-gas plants in Poland. The paper also examined changes in the quantity and structure of the raw materials used. There is an increasing use of products and waste products of agriculture and agri-food industry. The case study shows how to reduce the cost of producing energy from bio-gas allowing future competitiveness with conventional fuels

**Key words:** renewable energy, agricultural biogas plants, substrates

## **Wprowadzenie**

Rozwój energetyki odnawialnej w Polsce jest uwarunkowany wieloma czynnikami. Jest on rezultatem realizowanej m.in. polityki ekologicznej, rozwoju zrównoważonego oraz dążenia do zagwarantowania bezpieczeństwa energetycznego. Działania zmierzające do osiągnięcia proekologicznych celów polityki energetycznej są równocześnie źródłem rozwoju przedsiębiorczości i zatrudnienia, zwłaszcza na obszarach wiejskich ponieważ biomasa jako główne źródło energii odnawialnej (OZE) jest wytwarzana przez rolnictwo w ramach kształtującej się nowej funkcji rolnik – agroenergetyk [Gostomczyk 2015]. Nowe

---

<sup>1</sup> doc. dr inż., e-mail: waldemar.gostomczyk@tu.koszalin.pl

kierunki rozwoju przedsiębiorczości i zatrudnienia umożliwiają poprawę wykorzystania potencjału rolnictwa, zwłaszcza na obszarach gdzie występuje wysoki udział nieuprawianych gruntów i wysoki wskaźnik bezrobocia. To również możliwość poprawy dochodowości gospodarstw rolnych, tworzenia nowych wartości przekładających się na rozwój lokalny i regionalny.

Produkcja energii z biogazu rolniczego umożliwia realizację przez Polskę nałożonych do wypełnienia Narodowych Celów Wskaźnikowych (NCW) oraz postanowień Pakietu Klimatyczno-Energetycznego. Biogazownie rolnicze doskonale nadają się do osiągnięcia tych celów. To instalacje, które z racji lokalizacji w pobliżu budynków inwentarskich, są urządzeniami utylizującymi produkty uboczne rolnictwa, przyczyniając się do ich efektywnego wykorzystania i zmniejszenia uciążliwości dla mieszkańców oraz szkodliwości dla środowiska naturalnego. Biogazownie poprzez kontrolowanie procesów fermentacji a następnie spalanie biogazu znacznie redukują emisję metanu do atmosfery. Efektywne zagospodarowanie i wykorzystanie wszelkich produktów ubocznych i odpadów będących w dyspozycji rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego umożliwia coroczne zwiększanie produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Biogazownia rolnicza jest korzystną inwestycją dla rolnika, przedsiębiorcy i społeczeństwa. Korzyści dla inwestorów to zyski uzyskiwane ze sprzedaży wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepła. Dla rolnika jest to jeden ze skuteczniejszych sposobów utylizacji odchodów zwierzęcych i pozyskania w celach nawozowych przefermentowanego osadu. Natomiast społeczeństwo na poziomie lokalnym ma możliwość wykorzystania tańszej energii cieplnej (do centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej).

Zapisy Polityki Energetycznej Polski do 2030 r. (PEP) oraz w Krajowego Planu Działań (KPD) zawierają sektorowe uszczegółowienia i prognozy możliwości pozyskania energii z poszczególnych źródeł OZE. Ich udział w 2020 r. ma wynieść 15,5% w podziale na sektory [Krajowy...2010]: ciepło i chłód – 8,6%, elektroenergetyka – 4%, transport – 2,9%. W ujęciu szczegółowym przewidywany podział sektora elektroenergetyki na poszczególne technologie OZE przedstawia się następująco: energia wiatru – 48%, biomasa stała – 31%, **biogaz – 12%**, energia wody – 9%. Przewidywany podział sektora ciepła i chłodu: biomasa stała – 78%, energia słoneczna – 9%, **biogaz – 8%**, energia geotermalna – 3%, pompy ciepła – 2%. W sektorze paliw transportowych 73% ma stanowić biodiesel a bioetanol 22%.

Biogaz rolniczy jest uniwersalnym nośnikiem pozwalającym wytwarzać energię elektryczną, ciepłą oraz paliwa transportowe. Po odpowiednim przetworzeniu (oczyszczeniu ze związków siarki) może być on również wtłoczony do sieci gazowej, zmniejszając uzależnienie od importu gazu ziemnego z Rosji.

Celem artykułu jest zbadanie dynamiki rozwoju rynku biogazu oraz wykorzystywanych surowców w latach 2011-2014. W analizach opierano się na sprawozdaniach publikowanych przez Agencję Rynku Rolnego (ARR) oraz Urząd Regulacji Energetyki (URE). Są one wykonywane na podstawie danych kwartalnych przekazywanych przez wszystkie biogazownie rolnicze działające w Polsce będące w rejestrach ARR. Metody badawcze wykorzystane w pracy to głównie: analiza danych statystycznych, sprawozdań, rejestrów, studium przypadku. Wykorzystane dane i metody badawcze pozwoliły na sformułowanie wniosków końcowych.

## Rynek biogazu i potencjał do jego wytwarzania

Od 1 stycznia 2011 r. Agencja Rynku Rolnego jest organem prowadzącym rejestr przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego. Podmioty wpisane do rejestru są zobowiązane do składania kwartalnych sprawozdań zawierających informacje dotyczące ilości i rodzaju surowców wykorzystywanych do wytwarzania biogazu rolniczego i ilości wytworzonej energii elektrycznej i ciepłej. Dane te zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Liczba przedsiębiorstw energetycznych oraz instalacji wpisanych do rejestru biogazowi rolniczych w latach 2011-2014

Table 1. Number of energy companies and installations listed in the register of agricultural biogas plants in 2011-2014

Liczba przedsiębiorstw energetycznych wpisanych do rejestru biogazowi rolniczych według stanu na dzień:				
1 stycznia 2011 r.	1 stycznia 2012 r.	1 stycznia 2013 r.	1 stycznia 2014 r.	31 grudnia 2014 r.
4	10	21	35	50
w tym, liczba instalacji ujętych w rejestrze biogazowi rolniczych*				
8	16	28	42	57

\*liczba instalacji jest większa od liczby przedsiębiorstw ponieważ firma Poldanor miała w 2014 roku 7 biogazowni zgłoszonych do rejestru.

Źródło: opracowanie na podstawie: [Informacja...2014].

Z uwagi na znaczną kapitałochłonność inwestycji najczęściej biogazowi rolniczych funkcjonuje w formie spółek z o.o. (65%). Co czwarta biogazownia była własnością spółki akcyjnej, spółki jawne stanowiły 4%, własność osób fizycznych 4%, a spółki komandytowe 2%. Z dokumentów rejestracyjnych z 2014 roku wynika, że inwestorami na rynku biogazowym są przede wszystkim przedsiębiorstwa z branży spożywczej (50%) i deweloperzy (34%). Najmniejszy udział w rynku biogazowi rolniczych mają duże gospodarstwa rolne (10%) i przedsiębiorstwa z branży energetycznej (6%). Prawie co trzecia biogazownia (30%) powstała dzięki zaangażowaniu kapitału zagranicznego i firm globalnych [Błażejewska 2014]. Najwięcej biogazowi jest zlokalizowanych w województwie pomorskim (8), zachodniopomorskim (7), warmińsko-mazurskim (7), wielkopolskim (7) i dolnośląskim (7) [Rejestr przedsiębiorstw...2015].

Na dzień 04.05.2015 r. zarejestrowanych było 51 przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego, w 57 instalacjach. Ich roczna potencjalna wydajność do wytwarzania biogazu rolniczego wynikająca z zainstalowanej mocy wynosiła 257 587 231 m<sup>3</sup>/rok. Zainstalowana moc elektryczna wynosiła 67,156 MW energii elektrycznej i 67,758 MW energii ciepłej. Roczna potencjalna wydajność zainstalowanych mocy pozwala wytworzyć 539 741,775 MWh energii elektrycznej i 559 326,333 MWh energii ciepłej [Rejestr przedsiębiorstw...2015].

Tabela 2. Produkcja biogazu rolniczego, energii elektrycznej i ciepła z biogazu w latach 2011-2014

Table 2. Production of agricultural biogas, electricity and heat from biogas in 2011-2014

Rok produkcji	Ilość wytworzonego biogazu rolniczego [w mln m <sup>3</sup> ]	Ilość energii elektrycznej wytworzonej z biogazu rolniczego [w GWh]	Ilość ciepła wytworzonego z biogazu rolniczego [w GWh]
2011	36,65	73,43	82,63
2012	73,15	141,80	160,13
2013	112,41	227,88	246,56
2014	173,93	354,92	373,70

Źródło: opracowanie na podstawie: Informacja...2014].

W latach 2011-2014 coroczna dynamika przyrostu ilości wytworzonego biogazu rolniczego była wysoka. W 2012 roku w stosunku do roku 2011 wynosiła ona 199,6%, w 2013 – 153,7% a w roku 2014 – 154,7%. W 2015 roku przyrost zainstalowanej mocy został ograniczony z powodu oczekiwań inwestorów na ostateczny kształt rozwiązań prawnych zawartych w ustawie o odnawialnych źródłach energii. Wysoka dynamika przyrostu zainstalowanych mocy, produkcji biogazu i wytworzonej energii świadczy o znacznym potencjale rozwojowym dla biogazowni rolniczych. W 2010 r. potencjał techniczny brutto dla biomasy odpadowej mokrej<sup>2</sup> (podstawowy surowiec wykorzystywany w produkcji biogazu) szacowany był na 178 PJ, z czego pozyskano tylko 5 PJ (3,9%). W 2020 roku z szacowanego realnego potencjału ekonomicznego odpadów mokrych na poziomie 123,1 PJ planuje się wykorzystać 72,6 PJ, tj. 59%.

## Substraty stosowane w produkcji biogazu rolniczego

Substratem (paliwem) używanym w produkcji biogazu są produkty ulegające fermentacji metanowej. Są to najczęściej odpady z produkcji roślinnej i zwierzęcej, odpady poprodukcyjne, odpady przemysłu rolno-spożywczego i rośliny energetyczne z upraw celowych<sup>3</sup>. Ze względu, że obecna definicja biogazu rolniczego często niejasno określa, co może zostać wykorzystane jako surowiec w biogazowni rolniczej w Polsce przewiduje się wprowadzenie katalogu substratów których wykorzystanie będzie możliwe w produkcji biogazu rolniczego. Podlegać on będzie, podobnie jak Rejestr Biogazowni Rolniczych, Prezesowi Agencji Rynku Rolnego. Zgodnie z definicją zawartą w Prawie Energetycznym substraty te mają należeć do jednej z następujących grup:

- surowców rolniczych,
- produktów ubocznych rolnictwa,
- płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych,
- produktów ubocznych lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego,
- biomasy leśnej.

W charakterystyce substratów do produkcji biogazu wydziela się również następujące grupy surowców [Gostomczyk 2014]:

<sup>2</sup> Do biomasy mokrej zaliczamy m.in. gnojowice, wywar pogorzelniany, odpady przemysłu rolno-spożywczego.

<sup>3</sup> Uprawy celowe to rośliny uprawiane specjalnie dla pozyskania z nich energii, np. wierzba energetyczna, kukurydza na kiszonkę dla biogazowni.

- odpady z hodowli zwierząt (gnojowica bydłęca, świńska, kurza, gnojówka),
- odpady poubojowe (odpady z rzeźni, treści żołądków, odseparowana tkanka tłuszczowa),
- rośliny energetyczne i odpady rolnicze (słoma, trawa, siano, kiszonka z kukurydzy, buraki pastewne, cukrowe),
- pozostałości przetwórstwa spożywczego (odpady i resztki owoców, melasa, wysłodki, wywar, gliceryna, serwatka),
- odpady komunalne (osady ściekowe, odpady kuchenne, zieleń miejska).

Biogazownie są obiektami i instalacjami, w których w wyniku procesów biologicznych i biochemicznych w fermentacji metanowej wytwarzany jest biogaz. Surowcami są wyłącznie produkty organiczne ulegające rozkładowi na biogaz – źródło energii i płynną pulpę pofermentacyjną. Optymalnym rozwiązaniem z produkcyjnego punktu widzenia byłoby stosowanie surowców o wysokiej wydajności energetycznej. Ich ilość i dostępność jest jednak ograniczona a ceny wysokie. Dlatego w praktyce stosuje się różnorodne surowce. W przeszłości podstawowym surowcem była gnojowica którą uzupełniała wysokoenergetyczna kiszonka z kukurydzy. Obecnie struktura surowców wykorzystywanych w biogazowniach rozszerzana jest o produkty uboczne i odpadowe co pozwala twierdzić, że biogazownie mają charakter rolniczo-utylizacyjny. Surowce wykorzystywane w Polsce w biogazowniach w latach 2012-2013 przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w latach 2012- 2014\*

Table 3. List of raw materials used for the production of agricultural biogas in 2014

L.p.	Rodzaj surowca	2012		2013		2014	
		Ilość surowca	%	Ilość surowca	%	Ilość surowca	%
		[w tonach]		[w tonach]		[w tonach]	
1.	Gnojowica	349 173,1	38,07	455 583,1	28,94	574 068,6	26,99
2.	Kiszonka z kukurydzy	241 590,2	26,34	287 470,5	18,26	416 683,4	19,59
3.	Pozostałości z warzyw i owoców	86 109,2	9,39	268 599,1	17,06	355 974,3	16,74
4.	Wywar pogorzelniany	146 607,5	15,99	354 877,0	22,54	349 366,5	16,43
5.	Wysłodki	37 081,8	4,04	101 661,0	6,46	189 734,9	8,92
6.	Obornik	23 503,0	2,56	30 778,1	1,96	36 506,8	1,72
7.	Pulpa ziemniaczana	6 627,3	0,72	10 273,53	0,65	22 477,5	1,06
8.	Odpady z przemysłu mleczarskiego	12 854,3	1,40	12 577,1	0,80	21 207,2	1,00
9.	Osady technologiczne z przemysłu rolno-spoż.	50,1	0	3 742,3	0,23	16 585,4	0,78
10.	Odpad zbożowy	-	-	224,2	0,01	13 885,5	0,65
11.	Pomiot ptasi	-	-	7 905,7	0,50	12 340,4	0,58
12.	Kiszonka z traw	1 683,2	0,18	1 845,5	0,12	10 545,5	0,50
13.	Odpady czekoladowe	-	-	1 387,8	0,09	9 297,3	0,44
14.	Odpadowa masa roślinna	292,9	0,03	2 402,7	0,14	9 041,4	0,43
15.	Zboże	690,8	0,08	335,6	0,02	8 594,2	0,40
16.	Pasza	-	-	238,9	0,02	8 435,6	0,40
17.	Zielonka	1 951,9	0,18	2 197,9	0,12	8 189,4	0,39
18.	Odpady z przetwórstwa spożywczego	-	-	791,6	0,04	7 896,1	0,37
19.	Kiszonka ze zbóż	348,5	0,04	485,5	0,03	7 039,1	0,33
20.	Odpady tłuszczowe	305,2	0,03	3 631,6	0,23	6 388,4	0,30
21.	Odpady poubojowe	663,2	0,07	5 481,1	0,35	5 828,8	0,27
22.	Treści żołądkowe	1 056,6	0,09	636,1	0,04	5 069,6	0,24

23.	Jabłka	-	-	-	-	4 419,4	0,21
24.	Przeterminowana żywność	36,5	0	87,2	0,01	4 325,5	0,20
25.	Osady z przetwórstwa produktów roślinnych	50,1	0	3 742,3	0,23	3 559,4	0,17
26.	Odpady białkowo-tłuszczowe	-	-	3 568,9	0,15	3 057,3	0,14
27.	Szlamy białkowo-tłuszczowe	408,6	0,04	1 016,9	0,06	2 844,3	0,13
28.	Szlamy tłuszczowo-roślinne	620,5	0,07	1 094,5	0,07	2 258,8	0,11
29.	Słoma	153,4	0,02	1 196,0	0,08	1 856,3	0,09
30.	Płynne resztki pszenne	864,8	0,08	1 531,7	0,11	1 485,3	0,07
31.	Osady drożdżowe	230,1	0,03	1 749,3	0,12	1 325,7	0,06
32.	Ciasto odpadowe	-	-	674,2	0,04	1 145,5	0,05
33.	Osady białkowe	1 020,1	0,11	1 247,0	0,08	8601,0	0,04
34.	Hydrolyzaty białkowy	-	-	337,8	0,02	646,7	0,03
35.	Gliceryna	302,7	0,03	6 254,9	0,40	621,3	0,03
36.	Poferment	-	-	-	-	619,0	0,03
37.	Popłuczyny	342,5	0,04	671,2	0,04	576,4	0,03
38.	Oleje fuźlowe	-	-	239,4	0,02	410,2	0,03
39.	Odpady z produkcji oleju roślinnego	-	-	311,6	0,02	389,9	0,02
40.	Mieszanka lecytyny i mydeł	2 086,4	0,23	44,7	0	323,7	0,02
41.	Odpady z produkcji lodów	-	-	201,2	0,01	263,0	0,02
42.	Odpady gastronomiczne	36,5	0	87,1	0	205,2	0,01
43.	Oleje roślinne	1,1	0	14,84	0	202,5	0,01
44.	Wytłoki pofermentacyjne z produkcji farmaceutyków ziołowych	-	-	38,4	0	96,7	0
45.	Kawa	-	-	96,36	0,01	52,4	0
46.	Tłuszcze	-	-	-	-	12,6	0
47.	Mąka, bułka, panierka	450,4	0,05	-	-	5,6	0
	Łącznie	917 121,6	100,0	1 574 179,2	100,0	2 126 719,2	100,0

\*niektóre surowce w poszczególnych latach występowały pod zmienioną nazwą

Źródło: opracowanie na podstawie sprawozdań kwartalnych złożonych w ARR: [Informacja...2014].

Wykaz surowców do produkcji biogazu w 2011 r. zawierał 15 pozycji, w 2012 -31 pozycji, w 2013 roku na tej liście znajdowało się 43 surowców a w roku 2014 – 47 rodzajów surowców. W analizowanym okresie najwyższą dynamiką przyrostu wykorzystania surowców charakteryzował się wywar pogorzelniany, pozostałości z warzyw i owoców i wysłodki. Zmniejszył się udział zbóż i kiszonek ze zbóż. Gnojowica i kisonka z kukurydzy w dalszym ciągu jest podstawowym surowcem do produkcji biogazu rolniczego jednak dynamika wzrostu ich udziału w łącznym zużyciu ma tendencję spadającą.

Rodzaj wykorzystanych substratów wpływa na wybór technologii produkcji biogazu oraz wielkość instalacji (komór fermentacyjnych). Podstawowym kryterium oceny „gazodochodowości” powinno być dążenie do optymalizacji rodzaju i składu wsadu surowcowego oraz sterowania procesem fermentacyjnym w sposób umożliwiający uzyskanie wysokiej sprawności i ilości generowanej mocy. Stosowane surowce mają wpływ zarówno na koszty inwestycyjne, jak i eksploatacyjne. Przy wykorzystaniu

surowców płynnych, objętościowych, ponosimy wyższe koszty związane z budową większych zbiorników fermentacyjnych i pofermentacyjnych. Koszty eksploatacyjne z kolei wzrastają z powodu kosztów transportu dużej masy surowca o niskiej wydajności biogazu z 1 tony substratu poddanego fermentacji. Biorąc pod uwagę koszty i dostępne technologie, przyszłościowo najbardziej racjonalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie na cele energetyczne wszelkiego rodzaju odpadów przemysłu rolno-spożywczego i produktów ubocznych rolnictwa jako podstawowego wsadu surowcowego dla biogazowni rolniczych. Są to z reguły materiały objętościowe o niskiej koncentracji suchej masy, co wymaga zaplanowanie i zorganizowanie całego łańcucha logistycznego dostaw. Jego elementem powinno być również zabezpieczenie odpowiedniego arealu o właściwej klasie bonitacyjnej gleb dla wytworzenia wysokoenergetycznego surowca, którym najczęściej jest kiszonka z kukurydzy. Przy wykorzystywaniu frakcji poubojowych należy już w fazie planowania technologicznego i inwestycyjnego zapewnić ich higienizację, co o kilka procent zwiększa koszty budowy. Rozważając dobór i wielkość surowców należy mieć na uwadze ich dostępność w długookresowej perspektywie z uwzględnieniem zmian zachodzących w rolnictwie. Efekt ten możemy uzyskać tylko przy prawidłowej lokalizacji biogazowni.

Tabela 4. Struktura surowców wykorzystywanych w biogazowniach rolniczych w latach 2011-2014

Table 4. The structure of raw materials used in agricultural biogas plants in 2011-2014

Substrat	2011	2012	2013	2014
	%			
Gnojowica	56,7	38,1	28,9	27,0
Kiszonka z kukurydzy	23,2	26,3	18,3	19,6
Pozostałości z warzyw i owoców	2,3	9,4	17,1	16,7
Wywar pogorzelniany	6,5	16,0	22,5	16,4
Wysłodki	1,5	4,0	6,5	8,9
Pozostałe substraty	9,8	6,2	6,7	11,4

Źródło: obliczenia i opracowanie własne na podstawie wykazu surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego 2011-2014, ARR.

Analiza zestawu surowców wykorzystywanych w polskich biogazowniach w latach 2011-2014 pozwala stwierdzić, że w coraz większym stopniu funkcjonują one w oparciu o surowce odpadowe i uboczne. Ich koszt z reguły ogranicza się do ich transportu, co pozwala zmniejszyć koszty wytworzenia energii i konkurować z paliwami konwencjonalnymi.

## Studium przypadku

Zastępowanie arealów gruntów do produkcji żywnościowej produkcją monokulturową roślin przeznaczonych do fermentacji w biogazowni jest zjawiskiem niekorzystnym dla polskiej gospodarki, rolnictwa, społeczeństwa. Większość dostępnych technologii pomija kwestię zagospodarowania masy pofermentacyjnej z biogazowni i proponuje jej bezpośrednie wywożenie na użytki rolne w formie półpłynnego nawozu. Jest to proces bardzo trudny logistycznie, wymagający dużego zaangażowania biogazowni, kłopotliwy

prawnie, nie wspominając o niekorzystnym oddziaływaniu na środowisko ze względu na konieczność angażowania znacznej ilości transportu samochodowego. Niektóre proponowane technologie nie rozwiązują również problemu zagospodarowania energii cieplnej produkowanej w kogeneracji z elektryczną, traktując ją w zasadzie jako odpad i efekt uboczny. Jej pomijanie w bilansie przepływów mas i energii biogazowni całkowicie zaprzecza idei projektowania takiej instalacji jako przyjaznej środowisku i efektywnej energetycznie.

Opisanych wyżej wad nie posiadają instalacje hybrydowe. Jedną z nich budowana jest w miejscowości Piaszczyzna w woj. pomorskim. Bazuje ona na wykorzystaniu odpadów wytwarzanych na każdym etapie ciągu technologicznego i ciepła w procesie produkcji energii elektrycznej. Najważniejszym elementem wpływającym na wysoką efektywność biogazowni są powiązania funkcjonalne tworzące jedną instalację hybrydową. Łączą one w ramach jednej inwestycji budowę [Plan przedsięwzięcia...2010]:

- gorzelnicy,
- instalacji biogazowej (biogazowni) z agregatami prądotwórczo-cieplnymi,
- stawów glonowych – laguny,
- instalacji magazynowania i sprężania dwutlenku węgla,
- instalacji do separacji i suszenia masy pofermentacyjnej,
- instalacji do produkcji pasz,
- instalacji wytwarzania nawozów organiczno-mineralnych,
- instalacji do produkcji wyciągów ziołowych.

Zastosowana technologia pozwoli na osiągnięciu efektu synergii, zarówno pod względem ekonomicznym jak i ekologicznym. System powiązań opisanej biogazowni umożliwiający osiągnięcie zamierzonych celów przedstawia się następująco:

- do produkcji spirytusu wykorzystuje się energię elektryczną i ciepłą wytwarzaną w biogazowni,
- zasadniczym substratem do produkcji biogazu będzie wywar gorzelniany (produkt uboczny),
- ścieki z procesów technologicznych i odwirowania pofermentu z biogazowni zostaną wykorzystane do sporządzania zacierów,
- dwutlenek węgla powstający w procesach produkcyjnych gorzelnicy i agregatach kogeneracyjnych zostanie zatłoczony do intensyfikacji procesów przemian metanogennych w komorach fermentacyjnych biogazowni oraz zagospodarowany w procesach przemian biochemicznych zachodzących w hodowli biomasy glonowej, w lagunach, która będzie wykorzystana do wytwarzania biogazu w fermentacji metanowej,
- energia cieplna zawarta w spalinach wykorzystana zostanie w wytwornicach pary oraz w procesie suszenia osadów i masy glonowej,
- wysuszona frakcja stała masy pofermentacyjnej i glonowej po zmieszaniu z rozdrobnionym dolomitom umożliwi wytwarzanie nawozu organiczno-mineralnego. Proces ten będzie przebiegał powoli umożliwiając reakcję w czasie której praktycznie obumierają wszystkie szkodliwe frakcje a nawóz uzyskuje drobnogruzelkową strukturę, bez zapachu, o odczynie zbliżonym do obojętnego.
- część produkowanego spirytusu zostanie wykorzystana do produkcji wyciągów ze świeżych i suszonych ziół oraz olejków eterycznych. W procesie tym będzie spożytkowane ciepło odpadowe a pozostałości po ekstrakcji będą przerabiane w procesie fermentacji metanowej w biogazowni.



Ilościowe efekty uzyskane w poszczególnych elementach instalacji hybrydowej są następujące:

- zmniejszenie zużycia wody z 14,2 dm<sup>3</sup>/1dm<sup>3</sup> etanolu do 9,6 dm<sup>3</sup>,
- zmniejszenie zużycia energii elektrycznej z 0,24 kWh/1dm<sup>3</sup> etanolu do 0,16 kWh/1dm<sup>3</sup>,
- zmniejszenie kosztów produkcji etanolu z 1 zł do 0,63 zł/1dm<sup>3</sup>,
- czas fermentacji zostanie skrócony z 72 do 60 godzin,
- w gorzelnii o mocy produkcyjnej 12 mln litrów etanolu/rok odzyskuje się energię cieplną o mocy 2300 kWc,
- koszt wytworzenia biogazu z wywaru gorzelnianego to ok. 0,60-0,65 zł/m<sup>3</sup>, dla porównania koszt wytworzenia biogazu z kiszonki kukurydzy - 30% s.m. – 0,90 zł/m<sup>3</sup> a z ziarna pszenżyta – 1,33 zł/m<sup>3</sup>,
- z agregatów kogeneracyjnych o mocy 1 MW odzyskuje się z obiegu wewnętrznego 1151 kWc, z obiegu pomocniczego 183 kWc, ze schładzania spalin 638 kWc, razem 1972 kWc,
- biorąc pod uwagę zawartość składników pokarmowych i ich wartość wyliczoną na podstawie ceny nawozów mineralnych obniżenie ceny nawozu wyniesie 70%,
- utworzonych zostanie 22 miejsc pracy,
- znacząco obniżona zostanie emisja dwutlenku węgla.

Zmniejszy się także zapotrzebowanie na objętość komór fermentacyjnych biogazowni, ponieważ przerabiany surowiec jest już wstępnie przygotowany, zmacerowany, co znacznie skraca czas fermentacji. Przekłada się to na niższe koszty budowy biogazowni i niższe koszty eksploatacyjne z powodu wykorzystania surowców odpadowych. Uzyskiwane zyski z inwestycji będą pochodziły ze sprzedaży energii elektrycznej, energii cieplnej, spirytusu etylowego, wyciągów ziołowych, nawozów organiczno-mineralnych, skondensowanego dwutlenku węgla. Istnieje jeszcze opcja aby część wywaru poddać odwodnieniu i w postaci granulatu sprzedawać jako paszę dla zwierząt. Rozwój synergicznych, hybrydowych systemów technologicznych, łączących produkcję kilku biopaliw wzajemnie sprzęgniętych w układach surowcowych, paliwowych i produktowych pozwala osiągać dodatkowe korzyści zarówno w skali globalnej jak i lokalnej.

## **Podsumowanie**

Ważnym elementem rozwoju odnawialnych źródeł energii jest stosowanie miksu energetycznego. Jego istotnym elementem są biogazownie rolnicze. W latach 2011-2014 coroczna dynamika przyrostu ilości wytworzonego biogazu rolniczego była wysoka. W 2012 roku w stosunku do roku 2011 wynosiła ona 199,6%, w 2013 – 153,7% a w roku 2014 – 154,7%. W analizowanym okresie liczba biogazowni rolniczych wzrosła z 8 w roku 2011 do 57 w roku 2014.

Konkurencja ze strony paliw konwencjonalnych stymuluje do działań ograniczających koszty produkcji energii odnawialnej. W biogazowniach rolniczych, w sytuacji stosowania kiszonki z kukurydzy koszty substratów są wysokie, co przekłada się na wysoki koszt energii. Sposobem ich ograniczenia jest zastępowanie substratów pochodzących z upraw energetycznych, ogólnie dostępnymi i występującymi w dużych ilościach produktami odpadowymi i ubocznymi. To również forma ich utylizacji co wzmacnia efekty środowiskowe i poprawia stan bezpieczeństwa ekologicznego obszarów wiejskich. W latach 2011-2014 największą dynamiką wzrostu wykorzystania surowców cechowały się

pozostałości z warzyw i owoców oraz wywar pogorzelniany. W 2011 roku udział odpadów warzywnych w produkcji biogazu wynosił 2,3% a w roku 2014 – 16,7%. Wykorzystanie wywaru pogorzelnianego wzrosło z 6,5% w roku 2011 do 16,4% w roku 2014. Biogazownie rolnicze funkcjonujące w oparciu o lokalne surowce powinny być trwałym elementem kształtowania energetyki rozproszonej dostarczającej ludności wiejskiej energię elektryczną i ciepło wykorzystywane w gospodarce komunalnej. Perspektywicznym kierunkiem rozwoju biogazowni rolniczych powinny być innowacyjne, hybrydowe instalacje biogazowe funkcjonujące w ramach wzajemnie sprzęgniętych układów surowcowych, paliwowych i produktowych pozwalających osiągać dodatkowe efekty ekonomiczne i środowiskowe.

## **Literatura**

- Błażejewska M. [2014]: Prawne aspekty funkcjonowania biogazowni rolniczych, Roczniki Naukowe SERIA tom XVI, zeszyt 5.
- Gostomczyk W. [2015]: Wykorzystanie biomasy energetycznej do kreowania rynku pracy w aspekcie rozwoju zrównoważonego, wydawnictwo PK, Koszalin.
- Gostomczyk W. [2014]: Czynniki kształtujące efektywność ekonomiczną funkcjonowania biogazowni rolniczych, [w:] Energetyka – biogaz Badania, technologie, prawo i ekonomika w regionie morza bałtyckiego, praca zbiorowa pod red. A. Cenian, J. Gołaszewski, T. Noch, Wydawnictwo GSW, Gdańsk.
- Informacji o działalności przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego w latach 2011-2014, ARR, Warszawa 2015.
- Krajowy Plan Działania w zakresie energii odnawialnej, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010.
- Plan przedsięwzięcia pt. Hybrydowy układ technologiczny produkcji etanolu, energii i wyciągów ziołowych: EKSPERT-SITR Sp. z o.o., Koszalin 2010.
- Polityki energetycznej Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2009.
- Prawo Energetyczne - Ustawa z 10 kwietnia 1997r. – Dz. U. 1997 nr 54, poz. 348 ze zm.
- Rejestr przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego, ARR, Warszawa 2015.
- Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w latach 2011-2014, ARR.
- Ustawa o OZE z 20 lutego 2015 r. - Dz.U. 2015 poz. 478.