

Technologia produkcji biogazu

Energia z biogazu i biomasy - część III

Zagadnienia:

- czym jest biomasa i biogaz?
- jak powstaje, jak się spala?
- jakie daje korzyści?
- jakie są wady i zalety,?
- czy jest to alternatywa dla klasycznych surowców energetycznych?
- czy może mieć udział w zapewnieniu, częściowo bezpieczeństwa energetycznego?

dr hab. inż. Grzegorz Wałowski, prof. ITP-PIB
walowski.g@gmail.com

g.walowski@itp.edu.pl

W bloku tematycznym – cz. IV, przedstawiono :

A. Aspekty inwestycyjne:

- metody oceny oraz szacowania inwestycji, wynikającej ze sposobu postępu prac dotyczących realizacji mikrobiogazowni rolniczych;
- metody oceny efektywności ekonomicznej inwestycji;
- metody szacowania kosztów inwestycyjnych wynikających ze sposobu postępu prac :
 - 1) metoda: „zapytań ofertowych”;
 - 2) metoda: „interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto na jednostkę mocy 0,5 MW dla wykonanych biogazowni”;
 - 3) metoda: „interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto na jednostkę mocy 0,5 MW dla biogazowni w północnej części Polski”.

B. Model finansowy:

- 1) Analiza opłacalności inwestycji;
- 2) Analiza ryzyka wrażliwości projektu;
- 3) Analiza przepływów pieniężnych inwestycji;
- 4) Przykłady opłacalności przedsięwzięć komercyjnych.

C. Narzędzia: analizy, wyceny - ekonomicznej inwestycji.

D. Wyzwania na obszarach wiejskich oraz oczekiwania względem OZE.

E. Statystyczne ujęcie OZE w Polsce.

Trudno w chwili obecnej wskazać na techniczno-ekonomiczne kryteria [CURKOWSKI i in. 2011] podziału na:

1) **mikrobiogazownie poniżej 100 kW_{el}** mocy elektrycznej,

2) **małe biogazownie (100÷500) kW_{el}**,

3) **średnie (500÷1000) kW_{el}**,

4) **duże powyżej 1000 kW_{el}**,

gdyż brak jest większej próbki statystycznej zrealizowanych inwestycji w Polsce.

Nie wiadomo też do jakiej wielkości pojedynczej biogazowni działa **efekt skali**, o którym decydują elementy indywidualnej oceny inwestycji, takie jak konieczność rozbudowy niezbędnej infrastruktury.

Różnie też rozkładają się **elementy ryzyka** w dużych i małych obiektach, wpływając na działalność podstawową inwestora.



Rys. 1. Biogazownia rolnicza 0,5 MW_{ek} – przykład.

[fot. G. Wałowski]

Ogólny podział poszczególnych kategorii nakładów w rozbiciu na składniki cząstkowe zależy od urządzeń wchodzących w skład ciągu technologicznego danej biogazowni.

Dla przykładowej biogazowni opartej na kiszonce kukurydzy i gnojowicy o mocy $0,86 \text{ MW}_{el}$ strukturę kategorii nakładów inwestycyjnych można przedstawić w sposób następujący:

- 1) komora fermentacyjna 16%,
- 2) kogeneracja 17%,
- 3) składowanie i obróbka wstępna substratów 12%,
- 4) prace budowlano-montażowe 13%,
- 5) przechowywanie pulpy pofermentacyjnej 6%,
- 6) instalacje elektryczne i pomiarowe 8%,
- 7) system grzewczy 3%,
- 8) środki transportu 2%,
- 9) instalacje wodne/kanalizacyjne/gazowe 7%, i
- 10) inne 16% [CURKOWSKI i in. 2011].

Warto wskazać, że nakłady inwestycyjne są zależne od:

- wielkości instalacji,
- lokalizacji,
- dostępu substratów,
- funkcji, jakie ma spełniać biogazownia, a co za tym idzie - od stopnia zaawansowania technologii [KOSEWSKA, KAMIŃSKI 2008].

Inwestorzy największym zaufaniem obdarzają metody do oceny efektywności ekonomicznej inwestycji, takie jak: **NPV, IRR, SPBT, DPP i PI**.

NPV (*Net Present Value* - wartość bieżąca netto) oraz **IRR (*Internal Rate of Return* – wewnętrzna stopa zwrotu)** pozwalają ocenić pojedyncze projekty inwestycyjne w oparciu o analizę zdyskontowanych przepływów pieniężnych. Mają zastosowanie przy stałej stopie dyskonta w rozpatrywanym okresie [SZLACHTA 2005].

Wskaźnik NPV stanowi różnicę pomiędzy zdyskontowanymi przepływami pieniężnymi i nakładami początkowymi, wyraża się wzorem (1):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (1)$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto,

CF_t - przepływy gotówkowe w okresie t ,

r – stopa dyskonta,

I_0 – nakłady początkowe,

t – kolejne okresy (lata) eksploatacji biogazowni.

IRR - wewnętrzna stopa zwrotu informuje jaki średni zwrot w okresie życia inwestycji przynosi 1 zł zaangażowanego w inwestycję kapitału. Innymi słowy jeżeli złotówka kapitału całkowitego zaangażowanego w daną inwestycję przynosi 20 groszy korzyści netto (IRR=20%), to aby inwestycja była opłacalna, koszt po jakim może być zgromadzony kapitał na sfinansowanie inwestycji nie może przekroczyć 20% [CURKOWSKI i in. 2011].

SPBT (*Symply Pay Back Time* – zdyskontowany czas zwrotu nakładów) oznacza czas potrzebny do odzyskania nakładów inwestycyjnych poniesionych na realizację przedsięwzięcia. Określa moment, gdy korzyści brutto zrównoważą poniesione nakłady [KUCZOWIC, KUCZOWIC 2006; BRANDENBURG 2002].

DPP (*Discounted Payback Period*) - zdyskontowany okres zwrotu nakładów inwestycyjnych.

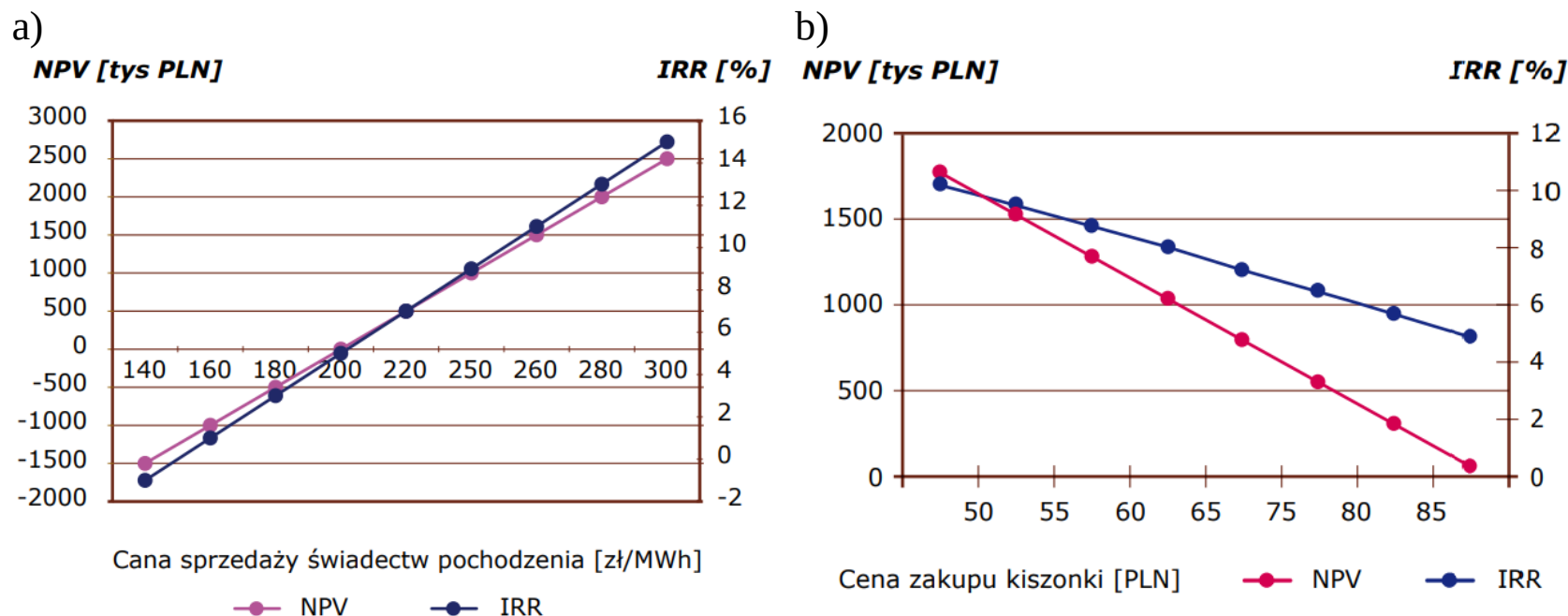
PI (*Profitability Index*) - rentowność inwestycji.

Przykładowy koszt budowy biogazowni rolniczej o mocy 1 MW wynosi ok. (12÷15) mln zł [KOWALCZYK-JUŚKO, 2013].

Przyjęto, że możliwy czas eksploatacji biogazowni wynosi 20 lat.

Założono stałą stopę dyskonta na poziomie 7%.

Ryzyko finansowe dla producenta biogazu wynika z niestabilności cen energii i świadectw jej pochodzenia.



Rys. 2. Zależności wskaźników [KOWALCZYK-JUŚKO, 2013]:

- a) wpływ ceny sprzedaży świadectw pochodzenia na wskaźniki NPV, IRR, przy stałej cenie sprzedaży prądu do sieci;
- b) wpływ ceny zakupu kiszonki kukurydzianej na wskaźniki NPV, IRR.

Metody szacowania kosztów inwestycyjnych wynikających ze sposobu postępu prac: 1) metoda: „zapytań ofertowych”

Zapytania ofertowe dla budowy przykładowej biogazowni o mocy do 0,5 MW „pod klucz” wraz z infrastrukturą towarzyszącą, rozruchem oraz uruchomieniem procesu biologicznego w tym:

- 1) opracowanie projektu wykonawczego;
- 2) zespół trzech zbiorników zamkniętych (2 fermentacyjne i 1 pofermentacyjny) o kubaturze pozwalającej na uzyskanie 0,5 MW energii elektrycznej;
- 3) zbiornik na gnojowicę;
- 4) studzienka zbiorcza z separatorem substancji ropopochodnych dla wód opadowych;
- 5) kontener techniczny;
- 6) zespół kogeneracyjny o mocy 0,5 MW energii elektrycznej;
- 7) zbiornik p.poż.;
- 8) separator mechaniczny;
- 9) pochodnia biogazu;
- 10) sieci wodno-kanalizacyjne;
- 11) sieci elektryczne siłowe, elektryczne, sterowanie, oświetlenie;
- 12) instalacja odgromowa;
- 13) transformator;
- 14) sieci ciepłne;
- 15) sieci biogazu;
- 16) sieci technologiczne;
- 17) drogi wewnętrzne i plac manewrowy zgodnie z przepisami;
- 18) rozruch technologiczny (substrat po stronie zamawiającego);
- 19) dokumentacji powykonawczej.

Metody szacowania kosztów inwestycyjnych wynikających ze sposobu postępu prac: 1) metoda: „zapytań ofertowych”

Parametry techniczne:

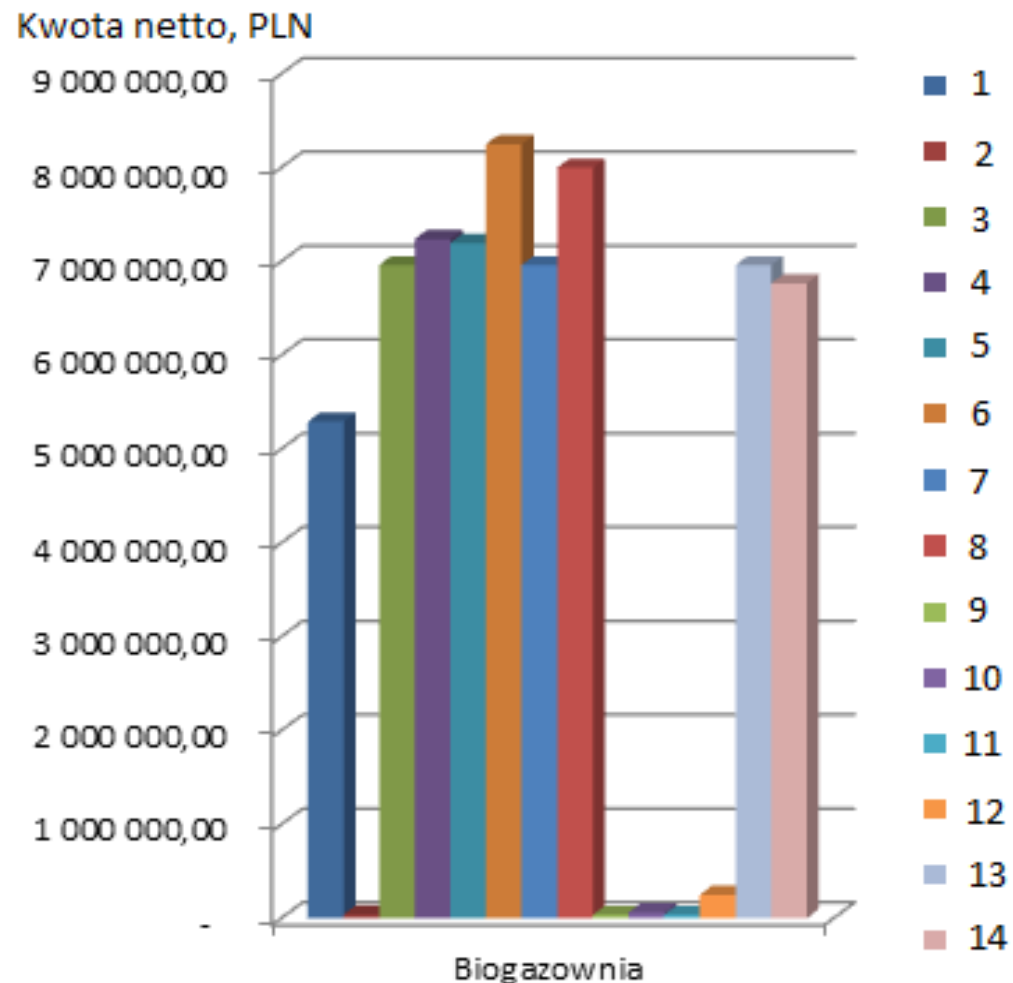
• budynek techniczno-socjalny	86,99 m ²
• kogeneracja	55,96m ²
• stacja pomp	56,01 m ²
• pochodnia gazu	3,98 m ²
• zbiornik na gnojowicę	42,38 m ²
• zbiorniki fermentacyjne I i II	543,18 m ²
• zbiornik pofermentacyjny	496,47 m ²
• płyta fundamentu pod dozownik substratu	35,81 m ²
• zbiornik końcowy na odciek	42,06 m ²
• zbiornik na nieczystości ciekłe	4 m ²
• stacja transformatorowa	13,19 m ²
• miejsce gromadzenia nieczystości stałych	2 m ²
• nawierzchnie:	
• - żwirowe	80,14 m ²
• - brukowe (grubość 10 cm)	1370 m ²
• - z kostki (6 cm)	291,55 m ²
• - betonowe szczelne	900,74 m ²
• zbiornik p. poż. oraz wody opadowej	654,86 m ²
• trawniki	4155 m ²

Wnioskować można, że wybudowanie biogazowni w roku 2019 wynosiło w zakresie (8,5÷11) mln zł netto.

2) metoda: „interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto na
jednostkę mocy 0,5 MW dla wykonanych biogazowni”

Autorski sposób przeliczenia wartości
poniesionych wydatków (kwota netto)
na zrealizowane biogazownie w
odniesieniu do 0,5 MW „pod klucz”.

Na rys. 3 zestawiono koszty
zrealizowanych biogazowni przez firmę
działającą w branży biogazowni na
terenie Polski, przeliczając koszt netto
biogazowni na jednostkę mocy 0,5
MW według interpolacji.



Rys. 3. Zestawienie zrealizowanych biogazowni w latach (2011÷2014)
w odniesieniu do tzw. ekwiwalent kosztu netto w PLN na jednostkę mocy 0,5 MW.

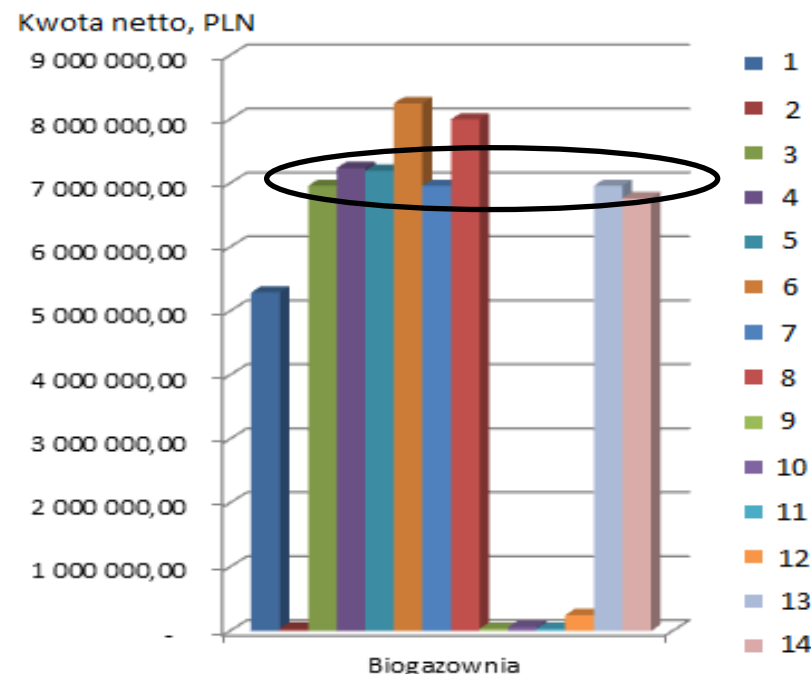
Metody szacowania kosztów inwestycyjnych wynikających ze sposobu postępu prac:

2) metoda: „interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto na jednostkę mocy 0,5 MW dla wykonanych biogazowni”

Przykład obliczeń dla biogazowni o mocy 1,6 MW zlokalizowaną na południu Polski; koszt netto 16.937.000,00 zł; rok 2013; tzw. ekwiwalent kosztu netto (2) na jednostkę mocy 0,5 MW wynosi 5.292.812,50 zł.

$$\frac{0,5 \text{ MW} \cdot 16.937.000,00 \text{ zł}}{1,6 \text{ MW}} = 5.292.812,50 \quad (2)$$

Analizując Rys. 4 należy zauważyć, że osiągnięcie tzw. ekwiwalentu kosztu netto na jednostkę mocy 0,5 MW mieści się w **zakresie (6,5÷7,5) mln zł** dla pełnego zakresu prac realizowanych dla inwestora. Reszta wykonanych biogazowni (Rys. 2) nie spełnia kryterium pełnego zakresu prac zestawionych.



Rys. 4. Zestawienie zrealizowanych biogazowni w latach (2011-2014)

w odniesieniu do tzw. ekwiwalent kosztu netto w PLN na jednostkę mocy 0,5 MW – obszar właściwy.

**Metody szacowania kosztów inwestycyjnych
wynikających ze sposobu postępu prac
3) metoda: „Interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto
na jednostkę mocy 0,5 MW dla biogazowni
w północnej części Polski”**

Autorski sposób przeliczenia wartości poniesionych wydatków (kwota netto) na realizowaną biogazownię w odniesieniu do 0,5 MW „pod klucz” - na podstawie udostępnionej dokumentacji.

Przykład obliczeń dla biogazowni o mocy 0,5 MW dla inwestora.

Zestawiono prawdopodobieństwo wykonania prac w odniesieniu do planowanych kosztów, zmienną są wykonane prace w jednostce %, których średnia wynosi 70% stanowiąc prawdopodobny koszt netto (3) poniesionych nakładów finansowych 6.606.818,18 zł odniesionych do wartości ofertowanej w wysokości 9,5 mln zł:

$$\frac{9.500.000,00 \text{ zł} \cdot 70\%}{100\%} = 6.606.818,18 \quad (3)$$

**Metody szacowania kosztów inwestycyjnych
wynikających ze sposobu postępu prac
3) metoda: „Interpolacja tzw. ekwiwalentu kosztu netto
na jednostkę mocy 0,5 MW dla biogazowni
w północnej części Polski”**

Analizując prawdopodobieństwo wykonanych prac należy zauważyć, że osiągnięcie tzw. ekwiwalentu kosztu netto na jednostkę mocy 0,5 MW mieści się według oferty w koszcie 9,5 mln zł dla pełnego zakresu prac realizowanych dla biogazowni w północnej części Polski. Uwzględniając prawdopodobny zakres wykonanych prac % wynika z interpolacji, że koszt netto poniesiono dla wartości ponad 6,6 mln zł.

Na podstawie wymienionych metod do oceny efektywności ekonomicznej inwestycji możliwe staje się także zidentyfikowanie potencjalnego ryzyka i przewidywanie ewentualnych trudności dla wypracowanego modelu finansowego inwestycji biogazowych również i dla mikrobiogazowni rolniczych.

- 1). Inwestycje w sektorze odnawialnych źródeł energii (OZE) są długoterminowe i wymagają systematycznych oraz konsekwentnych działań.
- 2). To co obecnie nie jest opłacalne, może stać się rentowne w perspektywie kilku lat.
- 3). Wszystkie bariery, zarówno te psychologiczne, społeczne, prawne, ekonomiczne i polityczne powinny zostać zminimalizowane bądź w znacznym stopniu zredukowane.
- 4). Konieczne jest:
 - wypracowanie efektywnych narzędzi promujących i zachęcających do inwestowania w tym obszarze;
 - podejmowanie kolejnych prób i wypracowywanie w praktyce modeli funkcjonowania innowacyjnych rozwiązań.

- BRANDENBURG H. 2002. Zarządzanie projektami. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach. Katowice. ISBN 83-7246-078-7.
- CURKOWSKI A., ONKISZ-POPŁAWSKA A., MROCZKOWSKI P., ZOWSKI M., WIŚNIEWSKI G. 2011. Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Pracę wykonano na zamówienie Ministerstwa Gospodarki w Instytucie Energetyki Odnawialnej, Warszawa.
- KOSEWSKA K., KAMIŃSKI J.R. 2008. Analiza ekonomiczna budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych w Polsce. Inżynieria Rolnicza 1(99)/, 189-194.
- KOWALCZYK-JUŚKO A. 2013. Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska. Wyd. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Publikacja przygotowana w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. ISBN: 978-83-937363-0-0.
- KUCZOWIC J., KUCZOWIC K. 2006. Decyzje inwestycyjne. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach. Katowice. ISBN 83-7246-812-5.
- SZLACHTA J. 2005. Analiza opłacalności ekonomicznej budowy kotłowni opalanych słomą oraz redukcji emisji gazów przy ich użytkowaniu. Inżynieria Rolnicza. 7, 331-338.

Tabela. 1. Przykład opracowanego modelu finansowego dla biogazowni w Polsce [opracowanie własne]

Średni koszt budowy biogazowni w Polsce w przeliczeniu na 1,0 MW to około (15÷16) mln zł/MW [PRZESMYCKA i PODSTAWKA2016].					
Założono, że budowa biogazowni od zakupu gruntu do chwili uruchomienia zamknie się w budżecie 16,1 mln zł [PRZESMYCKA i PODSTAWKA 2016].					
Czas	Inwestor			Praca biogazowni	VAT
2017	Kredyt	Dotacja	Wkład własny		
	3,2 mln zł na preferencyjnych warunkach (koszt kapitału na poziomie 3% w całym okresie kredytowania).	5 mln zł. - decyzję o przyznaniu dotacji pod budowę biogazowni.	0,7 mln zł	Do kalkulacji przyjęto, że biogazownia pracować będzie 8000 h w skali roku, a więc 334 dni (91% całego roku).	Dla potrzeb wyceny pominięto podatek VAT. Założono, że w czasie inwestycji inwestor będzie w każdym okresie występował o zwrot podatku VAT, a więc stanie się on neutralny z punktu widzenia oceny inwestycji.
	7,2 mln zł pozyskane przy założeniu oprocentowania na poziomie 7% w pierwszym okresie oraz 6% od chwili uruchomienia biogazowni.			Nie ma więc dużo czasu na przestoje czy prace konserwatorskie, a do obsługi biogazowni konieczne jest, żeby przynajmniej 1 osoba była cały czas na jej terenie. Wiele działań jest zmechanizowanych, jednak w przypadku awarii konieczna jest natychmiastowa reakcja.	
	Splata odsetek rozpocznie się już w chwili zaciągnięcia zobowiązania.				
2018	Uruchomienie biogazowni - wypracowanie przez biogazownię 8000 h pracy w ciągu całego roku	Technologia, budynki, urządzenia i maszyny, a także infrastruktura zostaną sfinansowane proporcjonalnie z zewnętrznych źródeł kapitału.	Bieżące wydatki i część zakupu gruntu pokryte będą ze środków własnych inwestora	Część energii elektrycznej, jak i ciepła zostaną zużyte na cele procesowe	
	Kapitał w każdym z kredytów spłacany będzie od grudnia 2018 roku przez okres 10 lat.				
10 lat	Eksploatacja biogazowni	Najdroższymi elementami jest układ kogeneracji wraz z komorami fermentacji i instalacjami. Stanowiąc będzie ponad 60% całych nakładów.		W przypadku energii elektrycznej na sprzedaż przeznaczy się ponad 90% wyprodukowanej energii elektrycznej.	W przypadku ciepła na sprzedaż przeznaczane będzie zaledwie 20% całkowitej produkcji ciepła.
2028	Splata kredytu	Rozliczenie dotacji	Poniesione koszty własne		

Jednym z ważniejszych kroków przed podjęciem decyzji o inwestycji w biogazownię jest analiza wszystkich obszarów modelu.

Zwrot z inwestycji uzyskujemy w 9. roku działalności biogazowni. W pierwszym roku działalności biogazownia osiągnie stopę zwrotu na poziomie 4,1%. Należy ocenić to pozytywnie, ponieważ bardzo często inwestycje w pierwszych okresach nie są rentowne, a stają się opłacalne dopiero po 2-3 latach. Uwzględniając amortyzację otrzymujemy stopę zwrotu na poziomie 13,07%, co jest bardzo dobrym wynikiem.

Zarówno IRR, jak i PI wskazują na opłacalność inwestycji, są one wyższe niż koszt kapitału, co pozwala na wyciągnięcie wniosku, że w długiej perspektywie inwestycja ta jest opłacalna. Dla projektów o dużych nakładach inwestycyjnych w stosunku do rocznych przychodów bardzo często podaje się, że zwrot z inwestycji powinien nastąpić przed zakończeniem 10 roku funkcjonowania inwestycji na pełnych mocach wytwórczych - w analizowanym przypadku warunek ten jest spełniony.

Analiza wrażliwości projektu to **rozwinięcie tradycyjnego modelu zdyskontowanych przepływów pieniężnych**. Analiza jest ukierunkowana na zobrazowanie wpływu, jaki na daną inwestycję wywiera zmiana pojedynczej zmiennej bazowej. Analiza ta pokazuje, jak zmienia się wartość inwestycji pod wpływem zmiany modelowych parametrów ryzyka.

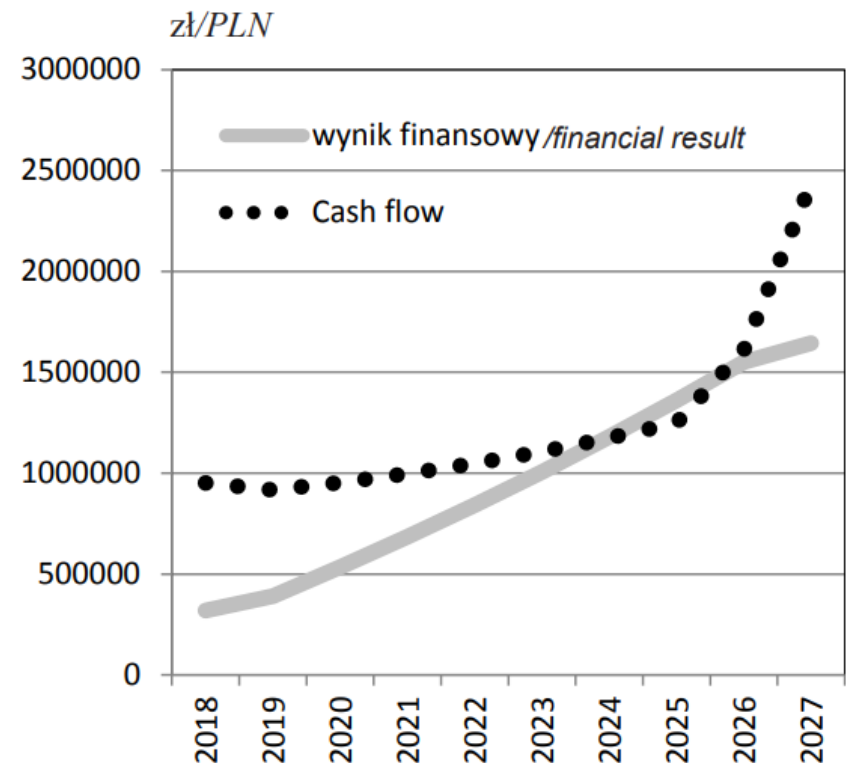
Wpływ na model, warianty:

- 1 - brak dotacji i konieczność pokrycia kwoty 5 mln zł kredytem komercyjnym;
- 2 - wzrost kosztów pozyskania całego kapitału obcego do 8%;
- 3 - spadek przychodów o 20% przy niezmiennych kosztach (modyfikacja wiąże się z działalnością biogazowni już po jej uruchomieniu);
- 4 - wzrost kosztów o 20% przy niezmiennych przychodach. (modyfikacja wiąże się z działalnością biogazowni już po jej uruchomieniu).

Inwestycja w biogazownię należy do grupy inwestycji obarczonych dużym ryzykiem. Widoczne jest ono w wielu obszarach. Inwestorzy poza uwzględnieniem parametrów finansowych muszą bardzo dokładnie przeanalizować ryzyka związane z oddziaływaniem **inwestycji na środowisko i społeczność lokalną**. Są to bowiem dwa obszary, których w żaden sposób nie da się sparametryzować, a mogą w znacznym stopniu wpłynąć na powodzenie całej inwestycji lub zamienić się w brak sukcesu [PRZESMYCKA i PODSTAWKA 2016].

3) Analiza przepływów pieniężnych inwestycji

Badanie wykonalności finansowej inwestycji. Analizując prognozowany *cash flow* i wynik finansowy – Rys. 5 - można zauważyć, że w całym okresie działalności biogazowni – od roku 2018 – wynik finansowy będzie dodatni. Dodatkowo nie wystąpią problemy z płynnością. *Cash flow* jest przez cały czas dodatni i nie zbliża się w żaden sposób do granicy zera. Zatem pod względem wykonalności model nie zakłada wystąpienia żadnych trudności. Ponadto, lekkie wahania w każdym z analizowanych parametrów nie powinny w znaczący sposób negatywnie odbijać się na wyniku całego projektu [PRZESMYCKA i PODSTAWKA 2016].



Rys. 5. Wynik finansowy i *cash flow* [Przesmycka i in. 2016].

Przykład pierwszy - ocena opłacalności inwestycyjnej budowy oraz eksploatacji biogazowni rolniczych w Polsce.

Wybudowanie, uruchomienie oraz eksploatacja biogazowni wiąże się z wysokimi kosztami i jest nieopłacalna przy realizacji inwestycji w wariantcie komercyjnym.

Dlatego też jedyną szansą na powodzenie inwestycji jest ubieganie się o możliwie jak największe dotacje na ten cel oraz o preferencyjne kredyty.

Tabela 2. Zestawienie kosztów, zysków i oszczędności inwestycji biogazowych w PLN [KOSEWSKA i KAMIŃSKI 2008].

Parametr	Biogazownia			
	Kiełpin (chów tuczników)	Palowice (ferma kurza)		Pawłówek (chów tuczników)
		I wariant	II wariant	
Całkowity koszt inwestycyjny	3 800 000	3 200 000	3 600 000	4 300 000
Roczne koszty inwestycyjne	190 000	160 000	180 000	215 000
Koszty konserwacji i eksploatacji	56 000	48 000	52 000	66 000
Personel obsługi	24 000	20 000	22 000	30 000
Pomiary, analizy	15 000	13 000	14 000	18 000
Administracja	10 000	8 000	9 000	12 000
Ubezpieczenia	30 000	24 000	27 000	33 000
Pozostałe	37 000	30 000	34 000	45 000
Razem koszty roczne	362 000	303 000	342 000	419 000
Oszczędności zakupu: opału, energii elektrycznej	7 000 115 000	- 80 000	72 000 80 000	22 000 98 000
Zysk ze sprzedaży nadwyżek energii elektrycznej	275 000	196 000	196 000	245 000
Zysk i oszczędności razem	387 000	276 000	348 000	355 000
Opłacalność	+25 000	-27 000	+6 000	-64 000

Przykład drugi - analiza wariantu budowy kontenerowej mikrobiogazowni rolniczej o mocy 10 kW .

Ocenia się, że koszty poniesione na realizację mikrobiogazowni o mocy 10 kW wynoszą (300÷660) tys. zł. przy założeniu, że biogazownia wykorzystuje własny substrat – pochodzący z gospodarstwa rolnego. Natomiast przy zastosowaniu wyłącznie mieszanki kiszonki kukurydzy oraz gnojowicy, gdzie codzienne zapotrzebowanie na kiszonkę wynosi ok. 400 kg. (przy cenie 90 zł za tonę tego substratu), zastąpienie go innym substratem może zaważyć o rentowności instalacji [CZEKAŁA i KANIEWSKI 2015].

Przygotowanie terenu (5÷18) tys. zł;

Projekt instalacji, nadzór 12 tys. zł;

Kontener wraz z zbiornikiem fermentacyjnym i mieszadłem (200 ÷400) tys. zł;

Układ kogeneracyjny wraz z tzw. ścieżką biogazu (50÷150) tys. zł;

Układ automatyki i sterowania (15÷24) tys. zł;

Zbiorniki biogazu (6÷12) tys. zł;

Zbiornik na poferment (4÷7) tys. zł;

Szkolenie pracowników, nadzór laboratoryjny (14÷30) tys. zł;

Przyłącze do sieci elektroenergetycznej wraz z układem pomiarowym (15÷20) tys. zł.

Przykład trzeci - budowa biogazowni o mocy $100 \text{ kW}_{\text{el}}$ przez zagranicznego wykonawcę to koszt 2,8 mln PLN.

W polskich warunkach, przy wykorzystaniu polskich komponentów oraz dostawców technologii, inwestycję taką można zrealizować ponosząc koszty 1,6 mln PLN. Natomiast pojawiają się polscy dostawcy technologii oraz wykonawcy, którzy potrafią inwestycję o mocy $60 \text{ kW}_{\text{el}}$, wykonać za koszt ok. 1 mln PLN – ponieważ w zakresie (20÷30)% nakładów stanowią koszty zakupu samego agregatu do kogeneracji, producenci krajowi mają tu dość szeroką ofertę urządzeń.

Ze względu na liczne źródła kosztów i przychodów oraz zmieniające się przepisy dotyczące systemu wsparcia, obliczenie opłacalności budowy biogazowni, zwłaszcza mikrobiogazowni rolniczej, jest dość skomplikowane.

- 1). Inwestycje w sektorze odnawialnych źródeł energii (OZE) są długoterminowe i wymagają systematycznych oraz konsekwentnych działań.
- 2). To co obecnie nie jest opłacalne, może stać się rentowne w perspektywie kilku lat.
- 3). Wszystkie bariery, zarówno te psychologiczne, społeczne, prawne, ekonomiczne i polityczne powinny zostać zminimalizowane bądź w znacznym stopniu zredukowane.
- 4). Konieczne jest:
 - wypracowanie efektywnych narzędzi promujących i zachęcających do inwestowania w tym obszarze;
 - podejmowanie kolejnych prób i wypracowywanie w praktyce modeli funkcjonowania innowacyjnych rozwiązań.
- 5) Na krajowym rynku brakuje jeszcze pełnej i sprawdzonej technologicznej oferty mikrobiogazowni, w tym w szczególności najprostszych w budowie małych biogazowni kontenerowych.
- 6) Istnieje konieczność opracowania uproszczonego „modelu biznesowego” biogazowni rolniczej dla indywidualnych gospodarstw rolnych.

- BRANDENBURG H. 2002. Zarządzanie projektami. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach. Katowice. ISBN 83-7246-078-7.
- CURKOWSKI A., ONKISZ-POPŁAWSKA A., MROCZKOWSKI P., ZOWSKI M., WIŚNIEWSKI G. 2011. Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Pracę wykonano na zamówienie Ministerstwa Gospodarki w Instytucie Energetyki Odnawialnej, Warszawa.
- CZEKAŁA W., KANIEWSKI J. 2015. Perspektywy rozwoju biogazowni na terenach wiejskich województwa śląskiego. Wydawca Akademia Słońca Krzysztof Frąszczak, Poznań, ISBN 978-83-944103-0-8.
- KOSEWSKA K., KAMIŃSKI J.R. 2008. Analiza ekonomiczna budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych w Polsce. Inżynieria Rolnicza 1(99)/, 189-194.
- KOWALCZYK-JUŚKO A. 2013. Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska. Wyd. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Publikacja przygotowana w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. ISBN: 978-83-937363-0-0.
- KUCZOWIC J., KUCZOWIC K. 2006. Decyzje inwestycyjne. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach. Katowice. ISBN 83-7246-812-5.
- PRZESMYCKA A., PODSTAWKA M. 2016. Ekonomiczna efektywność inwestycji w biogazownie rolnicze. Stowarzyszenie ekonomistów rolnictwa i agrobiznesu. Roczniki Naukowe, tom XVIII, zeszyt 6, 176-182.
- SZLACHTA J. 2005. Analiza opłacalności ekonomicznej budowy kotłowni opalanych słomą oraz redukcji emisji gazów przy ich użytkowaniu. Inżynieria Rolnicza. 7, 331-338.

1). Business Model Canvas - Tabela 3.

8_Partnerzy Kto jest naszym kluczowym partnerem? Jakie zewnętrzne firmy lub organizacji są nam niezbędne do działania? Jakie kluczowe zasoby i działania realizują nasi partnerzy?	6_Kluczowe działania Jakie działania musimy podejmować, by dostarczyć naszym klientom propozycję wartości? Jakich działań wymagają nasze kanały dotarcia do klienta i nawiązywane z nim relacje?	1_Propozycja wartości Jaką wartość generujemy dla naszych klientów? Za co będą płacić? Co ich boli, a co ma dla nich kluczowe znaczenie? Jakie problemy klientów rozwiązujemy? Jakie produkty i usługi będziemy oferować?	3_Relacje z klientami Jakich relacji oczekują od nas nasi klienci? Czy oczekują osobistego wsparcia, a może szybkiej i automatycznej obsługi? Czy sposób nawiązywania relacji z klientami jest zintegrowany z pozostałymi obszarami modelu biznesowego?	2_Segmenty klientów Kto jest naszym klientem? Dla kogo budujemy produkt/usługę? Komu oferujemy wartość? Kto będzie płacił?
	7_Kluczowe zasoby Jakich kluczowych zasobów potrzebujemy, żeby zaoferować naszą propozycję wartości? Jakich zasobów wymagają nasze kanały dotarcia do klienta i nawiązywane z nim relacje?		4_Kanały Gdzie bywają nasi klienci? Gdzie chcemy spotkać naszych klientów? Z jakich kanałów będziemy korzystać przy nawiązywaniu kontaktu z klientem?	
9_Struktura kosztów Jakie koszty generuje nasz model biznesowy? Jakie nakłady finansowe generują kluczowe zasoby, działania, partnerzy?			5_Struktura przychodów Za co klienci są w stanie zapłacić? Za co i ile będą płacić? Które elementy naszego produktu/usługi będą darmowe, a które płatne?	

2). SWOT

- Wykazać należy mocne strony i słabe strony przedsięwzięcia dot. produkcji biogazu (czynniki zależne od nas, na które mamy wpływ planistyczny i zarządczy), natomiast szanse i zagrożenia stanowić powinny czynniki obiektywne, na które nie mamy bezpośredniego wpływu sprawczego, Rys. 6.

Analiza SWOT



Rys. 6. Schemat analiza SWOT [1].

3). PEST

- W aplikowanym projekcie *Project Acronym: ENTRA4MUN* w ramach Interreg Baltic Sea do realizacji zadań zastosowałem metodę do badania makrootoczenia organizacji, których rolą było stworzenie spółdzielni energetycznych.
- Określiłem podstawowe sfery otoczenia: politycznego, ekonomicznego, socjokulturowego, technologicznego, które mogą mieć kluczowy wpływ na funkcjonowanie organizacji i jej przyszłą strategię działania, Rys. 7.

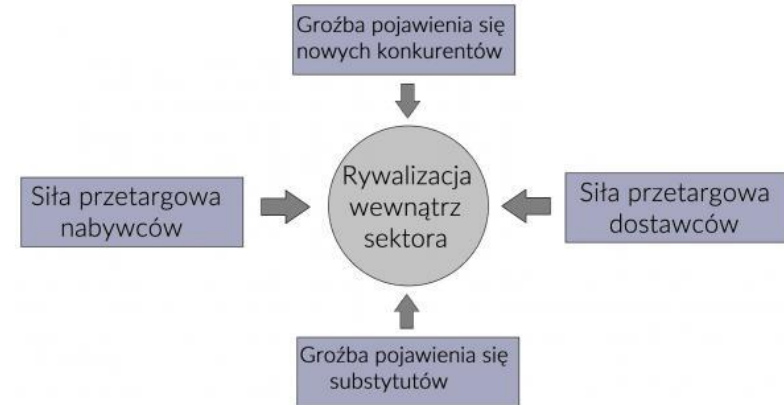
ANALIZA PEST



Rys. 7. Schemat PEST [2].

4). 5 sił Portera

- W tym modelu biznesowym miałem możliwość opracowania sprzedaży (urządzenia do pomiaru przepuszczalności - Finalista konkursu „START START-UP”) uwzględniając: siłę przetargową dostawców i nabywców, rywalizację wewnątrz sektora, groźbę pojawienia się nowych producentów i substytutów. Sektor określany jest jako wielkość, czyli suma rocznych obrotów wszystkich przedsiębiorstw sektora na danym rynku.



Rys. 8. Schemat 5 sił Portera [3].

5). DCF

- W tej metodzie miałem możliwość opracowania zdyskontowanych przepływów pieniężnych tzw. *Cash Flow* (urządzenia do pomiaru przepuszczalności - Finalista konkursu „START START-UP”), metoda wskazuje na dochodowość wyceny przedsięwzięcia.

D. Wyzwania na obszarach wiejskich oraz oczekiwania względem OZE - zużycie energii

- ✓ Wykorzystanie lokalnych zasobów energetycznych (w tym zagospodarowanie różnego rodzaju produktów ubocznych i odpadów),
- ✓ Zmniejszenie przerw i podniesienie jakości dostarczanej energii do odbiorców końcowych,
- ✓ Obniżenie kosztów pozyskania energii,
- ✓ Tworzenie nowych miejsc pracy,
- ✓ Poprawa warunków życia,
- ✓ Poprawa gospodarki wodnej, poprzez wykorzystanie lokalnych piętrzeń i energetyki wodnej.

Zużycie bezpośrednie energii wyniosło w 2021 r. 3 697,5 PJ:

- przemysł - 32,5%, w ostatnich latach udział ten charakteryzował się niewielkimi wahaniami,
- transportu - 27,0%, obejmujący także prywatne samochody osobowe, udział ten systematycznie wzrastał,
- gospodarstwa domowe - 25,8%,
- rolnictwo 4,3%,
- budownictwo 1,6%,
- pozostali odbiorcy 8,8%.

Najtańszym nośnikiem energii jest słoma (przy założeniu 1t słomy równej 150 PLN). W poniższej tabeli

Tabela 4. Zestawienie porównawcze - koszty wykorzystania paliw opałowych do ogrzania budynku przy założeniach: - obciążenia cieplnego 70 kW, - obciążenia godzinowego 2 968 h/rok, - zapotrzebowania na energię 207 786 kWh/rok [4].

Rodzaj paliwa		Słoma	Węgiel kamienny	Zrębki	Pellet	Gaz ziemny	Olej opałowy
Jednostka		PLN/kg				PLN/m ³	PLN/l
Wartość		0,15	0,75	0,40	0,675	3,56	3,84
Cecha	Jednostka						
Koszty jednostkowe paliw	PLN/m ³	7,50	525,00	60,00	607,50	3,56	3.840,00
Roczne koszty paliwa	PLN/rok	8.507	15.578	34.922	37.302	67.370	78.883
Koszty paliwa	PLN/MWh	32,8	61,5	117,6	143,6	291,8	322,7
	PLN/GJ	9,1	17,1	32,7	39,9	81,1	89,6
Zapotrzebowanie paliwa	m ³ /rok	11.434	26.673	404	84	24.302	24
	kg/rok	56.710	20.770	87.305	55.262	18.924	20.542
Sprawność kotła	%	80	82	70	80	90	85
Końcowe zapotrzebowanie energii	kWh/rok	207.786	207.786	207.786	207.786	207.786	207.786
Wilgotność paliw	% wag.	20	23	30	8	0	0
Wartość opałowa	MJ/kg	16,5	30,0	12,30	17,00	44,00	42,70
	kWh/kg	4,6	12,2	3,4	4,7	12,2	11,9
	MJ/m ³	825,0	34,3	2.644,0	11.079,0	34,3	36.078,0
	kWh/m ³	229,0	9,5	735,0	3.077,0	9,5	10.022,0

Tabela 5. Zestawienie - zainstalowana w Polsce moc pochodząca z odnawialnych źródeł energii (stan na 31.12.2020) [5].

Źródło	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GW											
Biogaz	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Biomasa	0,4	0,4	0,8	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
Słońce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,9
Wiatr	1,2	1,6	2,5	3,4	3,8	4,6	5,8	5,8	5,9	5,9	6,3
Woda	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Łącznie	2,6	3,1	4,4	5,5	6,0	7,0	8,4	8,5	8,6	9,1	10,0

Tabela 6. Regionalne ujęcie zainstalowania w Polsce mocy pochodzących z odnawialnych źródeł energii (stan na 31.12.2021) [5].

Województwo	Biogaz	Biomasa	Osady	Słońce	Wiatr	Woda
	GW					
Dolnośląskie	0,02	0,11	—	0,15	0,28	0,09
Kujawsko-pomorskie	0,02	0,18	0,01	0,11	0,67	0,21
Lubelskie	0,02	0,00	—	0,10	0,14	0,00
Lubuskie	0,01	0,00	—	0,10	0,22	0,11
Łódzkie	0,02	0,06	—	0,12	0,62	0,01
Małopolskie	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,19
Mazowieckie	0,03	0,18	0,00	0,14	0,39	0,02
Opolskie	0,00	—	—	0,05	0,14	0,04
Podkarpackie	0,01	0,06	0,01	0,06	0,15	0,21
Podlaskie	0,01	0,08	0,01	0,14	0,20	0,01
Pomorskie	0,03	0,00	—	0,08	1,13	0,03
Śląskie	0,02	0,09	0,08	0,03	0,11	36,71
Świętokrzyskie	0,00	0,24	—	0,05	0,02	0,00
Warmińsko-mazurskie	0,02	0,03	—	0,19	0,40	0,02
Wielkopolskie	0,03	0,12	0,03	0,25	0,92	0,01
Zachodniopomorskie	0,02	0,09	0,02	0,11	1,77	0,01

- 1) Potrzeby energetyczne obszarów wiejskich to oprócz energii elektrycznej również potrzeby ciepłe.
- 2) Obszary wiejskie to miejsce, gdzie zlokalizowanych jest najwięcej zasobów odnawialnych, w szczególności możliwej do zagospodarowania biomasy.
- 3) Wykorzystanie potencjału energetycznego obszarów wiejskich to szansa na poprawę niezależności energetycznej kraju, a także możliwość ograniczenia kosztów pozyskania energii i rozwój gospodarczy.
- 4) Kluczowe dla efektywnego wykorzystania OZE są rozwiązania prawne gwarantujące określone warunki wytwarzania energii oraz preferencje, a także rozwiązania techniczne umożliwiające zagospodarowanie OZE.
- 5) Na inwestycje OZE należy patrzeć wielowymiarowo, nie tylko z punktu widzenia produkcji energii, ale również możliwości wykorzystania lokalnie dostępnych zasobów do rozwoju różnego rodzaju działalności, w tym również rolnictwa.

[1]

https://www.google.com/search?q=analiza+swot&sca_esv=571003301&sxsrf=AM9HkKm4RdhWA9kgOgzwlNnZENBacIi-3g:1696518926046&tbm=isch&source=iu&ictx=1&vet=1&fir=Squp-aw3nfLTIM%252CtOiu_XtPTdYtjM%252C%252Fm%252F01q_dt%253BAZXnqW3Mf871PM%252CU4JQr9vb2chBM%252C_%253Bh7Zn8G55zgtBNM%252CLBqkKLDS3gTn5M%252C_%253BhXTnoqtR7vYmcM%252COZEnKCUv9_7NaM%252C_%253BI9EThBN4ib4fkM%252CLBqkKLDS3gTn5M%252C_&usg=Al4_-kRIcTeBZ2j9cnKtsb2qMLWrkm7QlQ&sa=X&ved=2ahUKEwiC9MO_md-BAXWhg_OHHYPfDfMQ_B16BAgaEAE&biw=1366&bih=619&dpr=1#imgrc=Squp-aw3nfLTIM

[2]

<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimg.redro.pl%2Fobrazy%2Fschemat-pest-analiza-strategii-400-2612988.jpg&tbnid=Go7Cg3Ld3Ht3qM&vet=12ahUKEwjDkuKbnt-BAXU03wIHHQhABVYQMygAegQIARBM..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fredro.pl%2Fobraz-schemat-pest-analiza-strategii%2C2612988&docid=MJ9jln5BUMF8iM&w=400&h=400&itg=1&q=Schemat%20PEST&ved=2ahUKEwjDkuKbnt-BAXU03wIHHQhABVYQMygAegQIARBM>

[3]

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fporadnikprzedsiębiorcy.pl%2F5-sil-portera-analiza-atrakcyjnosci-sektora&psig=AOvVaw2IexE527ImECeo6K0mBxOl&ust=1696606615782000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCJijm7Ge34EDFQAAAAAdAAAAABAE>

[4] CIRE 2022. https://www.cire.pl/pliki/2/ciepl_biom.pdf [dostęp 24.08.2022]

[5] Opracowanie dr J.T. Hołaj-Krzak za URE. Instalacje odnawialnych źródeł energii.

Technologia produkcji biogazu

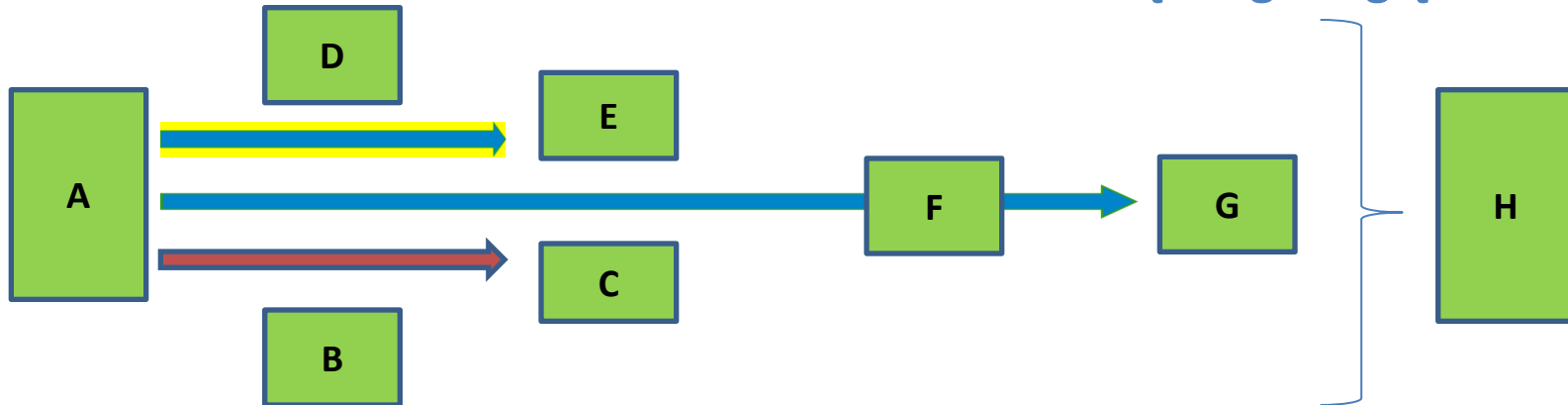
Energia z biogazu i biomasy - część III

Zagadnienia:

- czym jest biomasa i biogaz?
- jak powstaje, jak się spala?
- jakie daje korzyści?
- jakie są wady i zalety?
- czy jest to alternatywa dla klasycznych surowców energetycznych?
- czy może mieć udział w zapewnieniu, częściowo bezpieczeństwa energetycznego?

Dziękuję za uwagę

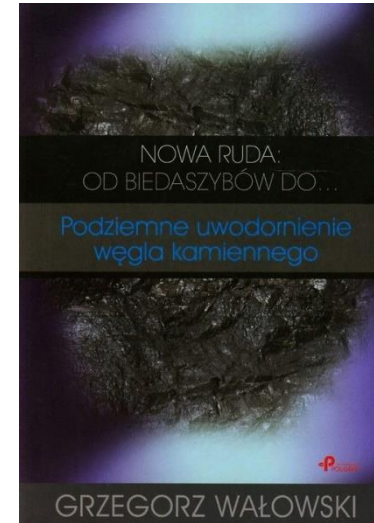
10a. Odmetanowanie zamkniętych kopalń z Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego



Rys. 11. Schemat blokowy metodologii [opracowanie własne], legenda: A – Dolnośląskie Zagłębie Węglowe, Rys. 12 przykład biedaszyby; B – analiza na podstawie dostępnych danych literaturowych; C – metan (**MBC**); D – bilans energetyczny oraz **LCA**; E – kogeneracja (**MBC**); F – modelowanie CFD; G – wodór (**MBC**); H – gazoprzepuszczalność (**MI**).



Rys. 12. Wałbrzyskie biedaszyby [Fotografia G. Wałowski].



Rys. 13. Publikacje dot. dolnośląskich biedaszybów [Fotografia G. Wałowski].