



Wchodzi w skład monograficznej serii wydawniczej, wydanej w ramach programu Strategicznego Zadania Badawczego Nr 4 pt.: „Opracowanie nowych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów i innych” koordynowanego przez Instytut Maszyn Przepływowych Szewalskiego PAN w Gdańsku i realizowanego w ramach umowy nr SP/E/4/65786/10 zawartej z NCBiR

Redaktorzy Serii:

Jan Kiciński, Adam Cenian, Piotr Lampart

Jan Kiciński, Adam Cenian, Piotr Lampart,
Anna Białous, Andrzej Białowiec, Dariusz Butrymowicz,
Sebastian Bykuć, Roman Borecki, Dariusz Czyłkowski,
Marcin Dębowski, Mirosław Dors, Witold Elsner, Maria Gazda,
Tomasz Golec, Janusz Gołaszewski, Katarzyna Grochowska,
Bartosz Hrycak, Janina Ilmurzyńska, Tomasz Iluk,
Bogdan Jakubowski, Mariusz Jasiński, Anatol Jaworek,
Janusz Jewulski, Wiesław Jodkowski, Dariusz Kardaś,
Jarosław Karwacki, Jacek Kluska, Przemysław Kowalski,
Zbigniew Korczewski, Andrzej Krupa, Mirosław Krzemieniewski,
Jakub Kupecki, Roman Kwidziński, Marcin Lackowski,
Michał K. Łuczyński, Ryszard Michalski, Robert Młotk,
Jerzy Mizeraczyk, Ewelina Olba-Zięty, Janusz Piechocki,
Leszek Piechowski, Tomasz Przybyliński, Grzegorz Przybyła,
Krzysztof Remiszewski, Joanna Reszczyńska, Jacek Rudnicki,
Mirosław Sawczak, Andrzej Sitka, Mariusz Siudak,
Katarzyna Siuzdak, Gerard Śliwiński, Arkadiusz T. Sobczyk,
Aleksander Sobolewski, Sławomir Stelmach, Mariusz Stolarski,
Mariusz Szymański, Kamil Śmierciew, Marian Trela,
Dariusz Wiśniewski, Irena Wojnowska-Baryła, Kazimierz Wójs,
Marian Wysocki, Adriana Zaleska, Marcin Zieliński

Technologie i urządzenia zrównoważonej energetyki rozproszonej bazujące na substratach z biomasy i odpadów rolniczych



GDĄNSK 2015

Jan Kiciński, Adam Cenian, Piotr Lampart i inni

Technologie i urządzenia zrównoważonej energetyki rozproszonej
bazujące na substratach z biomasy i odpadów rolniczych

Recenzent:
dr hab. inż. Jerzy Świryczuk

Redaktor naukowy:
prof. dr hab. inż. Jan Kiciński

Opracowanie wydawnicze:
Aleksandra Nowaczewska, Rafał Jendrzejewski

Projekt okładki:
Mirosław Sawczak

Wydawnictwo Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk, Gdańsk, 2015

ISBN 978-83-88237-48-5

Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN
ul. J. Fiszczer 14, 80-231 Gdańsk
tel. 58 6995141; fax 58 3416144; e-mail: redakcja@imp.gda.pl

Druk i oprawa: Expol, ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| 1. Wstęp - ekoinnowacyjne technologie dla energetyki zrównoważonej rozwijane w Projekcie Strategicznym NCBIR | 9 |
| 1.1. Zrównoważona energetyka prosumencka | 9 |
| 1.1.1. Uwarunkowania geofizyczne | 11 |
| 1.1.2. Energetyka prosumencka jako źródło rozwoju regionu | 11 |
| 1.1.3. Rola lokalnych władz i środków publicznych jako "first mover" rozwoju | 12 |
| 1.2. Autonomiczne Regiony Energetyczne | 13 |
| 1.3. Technologie | 14 |
| 1.4. Literatura | 18 |
| 2. Pilotażowe instalacje kogeneracyjne/poligeneracyjne z układem ORC | 19 |
| 2.1. Wprowadzenie | 19 |
| 2.2. Modernizacja obiektów ciepłowniczych | 19 |
| 2.3. Modelowy układ ORC | 26 |
| 2.4. Układ gazowo/parowy ORC | 28 |
| 2.5. Literatura | 31 |
| 3. Strumieniowy układ produkcji chłodu | 33 |
| 3.1. Wprowadzenie | 33 |
| 3.2. Poprawa efektywności urządzeń strumieniowych | 35 |
| 3.3. Regulacja wydajnością strumienicy | 39 |
| 3.4. Uwagi końcowe | 43 |
| 3.5. Literatura | 44 |
| 4. Technologie zgazowania dla rozproszonej energetyki | 47 |
| 4.1. Wstęp | 47 |
| 4.2. Reaktor KAJOT | 49 |
| 4.3. Kogeneracyjna instalacja pilotażowa z układem zgazowania pirolitycznego odpadów komunalnych i ściekowych | 54 |
| 4.3.1. Analiza porównawcza wyników symulacji pracy instalacji z wynikami pomiarów instalacji rzeczywistej | 55 |
| 4.4. Układ zagospodarowania energetycznego trudnoutylizowalnych odpadów pochodzenia rolniczego | 58 |
| 4.4.1. Prototyp reaktora dolnociągowego bez przewężenia konstrukcyjnego | 59 |
| 4.5. Zgazowanie biomasy o różnym rozdrobnieniu i stopniu wilgotności | 61 |

2. Przyborowski J., Sulima P., Chodkowska N., Kuszewska A., Pilarek M., Załuski D. – Hodowla wysoko-produktywnych klonów wierzby oraz mieszańców wierzby, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.A, 2010-2015.
1. Stolarski M., Krzyżaniak M., Szczukowski S., Tworowski J. – Lignina w procesach humusotwórczych pod roślinami wieloletnimi i wykorzystanie grzybów mikoryzowych w produkcji biomasy oraz opracowanie adekwatnych technologii produkcji, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.B, 2010-2015.
1. Marks M., Jastrzębska M., Kostrzewa M., Treder K. – Konsekwencje zmian agro- i ekosystemów wskutek zwiększenia arealów pod uprawami roślin lignocelulozowych - modyfikacja i stabilizacja wykorzystania gruntów w głównych systemach rolniczych, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.C, 2010-2014.
1. Czachorowski S., Gencza J., Buczyński P., Głowacki Ł., Kurzątkowska A., Machałek A., Pakulnicka J. – Analizy bioróżnorodności wewnątrz i wokół plantacji, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.D, 2010-2014.
1. Szymczyk S., Cymes I., Kobus S., Potasznik A., Świtajka I. – Dynamika obiegu wody w warunkach produkcji biomasy lignocelulozowej na gruntach rolniczych, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.E, 2010-2014.
7. Warmański K., Bęś A. – Bilans obiegu węgla i gazów cieplarnianych w produkcji i pozyskaniu biomasy, Raporty wewnętrzne podetapu 4.3.F, 2010-2014.
1. Gołaszewski J., Olba-Zięty E. – integracja zadań w bloku biorafinerii lignocelulozowej, Raporty wewnętrzne podetapu 4.5.A, 2010-2015.
1. Samson-Bręk I. – LCA, GHG i CO₂ w bilansie biorafinerii lignocelulozowej, Raporty wewnętrzne podetapu 4.5.B, 2011-2012.
1. Faber A., Pudelko R. - Modelowanie bazy surowcowej dla rafinerii lignocelulozowej, Raporty wewnętrzne podetapu 4.5.C, 2011-2012.
1. Brodziński Z., Brodzińska K., Kurowska K., Kryszk H., Pawlewicz A. – Społeczne i ekonomiczne uwarunkowania rozwoju produkcji bioetanolu z biomasy, Raporty wewnętrzne podetapu 4.5.D, 2012-2013.
2. Zięty J., Bauknecht A., Krzykowski M., Mariański M. – Prawne aspekty funkcjonowania biorafinerii, Raporty wewnętrzne podetapu 4.5.E, 2012-2013.

9. Założenia technologiczne hodowli alg olejowych, wytwarzanie biopaliwa i testy silnikowe

Janusz Gołaszewski, Marcin Dębowski, Ryszard Michalski, Marcin Zieliński, Mirosław Krzemieniecki

Centrum Badań Energii Odnawialnej UWM w Olsztynie

Badania dotyczące hodowli alg olejowych ujęto w dwóch zadaniach badawczych etapu 31 związanego z procesami biorafineryjnymi i przetwarzaniem biopaliw i odpadów rafineryjnych do energii. Dotyczyły one hodowli glonów olejowych w warunkach klimatycznych Polski, pozyskania oleju, estryfikacji oleju i testowania w silniku spalinowym.

Celem badań nad hodowlą alg było opracowanie wytycznych oraz koncepcji techniczno-technologicznej systemu hodowli i namnażania biomasy glonów na bazie odpadów pochodzących z przemysłu mleczarskiego (odpływ z reaktora beztlenowego oczyszczającego ścieki mleczarskie typu UASB, odciek pochodzący z komór fermentacyjnych biogazowni opartej na utylizacji serwatki i innych substratów organicznych).

Założenia projektowe oparto na wynikach uzyskanych podczas badań prowadzonych w trakcie realizacji projektu i dotyczących następujących aspektów technologii produkcji biomasy glonów:

- koncentracji wskaźników zanieczyszczeń istotnych z punktu widzenia namnażania biomasy glonów (ChZT, BZT₅, Nog., Pog.) zawartych w testowanym medium,
- efektywności wykorzystania i ograniczania stężeń podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w systemach stosowanych do hodowli mikroglonów (ChZT, BZT₅, Nog., Pog.),
- jakości odpływu pochodzącego z instalacji namnażania biomasy mikrogulonów,
- szybkości przyrostu biomasy glonowej na bazie odcieku pochodzącego z reaktorów fermentacyjnych,
- koncentracji suchej masy mikrogulonów w eksploatowanych reaktorach,
- wymaganego natężenia światła na powierzchni medium hodowlanego,
- sposobu oraz efektywności procesu separacji biomasy mikrogulonów z systemu hodowlanego,
- doboru metody higienizacji odcieków pochodzących z reaktorów beztlenowych przed wprowadzeniem do reaktorów glonowych.

kres opracowanej koncepcji techniczno-technologicznej obejmuje:

- analizę uzyskanych wyników badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych oraz w reaktorach eksploatowanych w skali ułamkowo-technicznej,
- określenie danych oraz parametrów wyjściowych dla opracowanych założeń projektowych oraz zrealizowanej koncepcji techniczno-technologicznej systemu namnażania biomasy glonów na bazie odpadów pochodzących z przemysłu mleczarskiego pracującego w pełnej skali technicznej,
- dobór i określenie poszczególnych elementów ciągu technologicznego umożliwiającego wprowadzenie odcieku pofermentacyjnego o odpowiednich parametrach, uzyskanie wysokiej szybkości przyrostu biomasy glonów w reaktorach oraz ich koncentracji mikroglonów, zapewnienie skutecznego systemu separacji i zagęszczania biomasy,
- obliczenia technologiczne obiektów kubaturowych oraz dobór urządzeń zainstalowanych w opracowanej instalacji (separator osadu, flotator, zbiorniki osadów, pompownie, reaktory glonowe, instalacja zagęszczania glonów),
- analiza ekonomiczna eksploatacji zaproponowanego rozwiązania technologicznego.

1. Koncepcja techniczno-technologiczna systemu hodowli biomasy glonów na bazie ścieków odpływających z reaktora beztlenowego typu UASB stosowanego w procesie podczyszczania ścieków mleczarskich

Koncepcja techniczna, obliczenia technologiczne oraz dobór urządzeń i wyposażenia towarzyszącego zostały wykonane dla zakładu przemysłowego branży ceczarskiej, w którym dobową ilość wytwarzanych ścieków kształtuje się na poziomie $Q=300 \text{ m}^3/\text{d}$. Ścieki podczyszczane są wstępnie w reaktorze beztlenowym typu UASB (jedno z najczęściej stosowanych rozwiązań technologicznych w procesie oczyszczania ścieków mleczarskich), jednak efektywność takiego rodzaju instalacji nie zapewnia jakości ścieków pozwalającej na odprośczenie ich do odbiornika. Konieczne jest zatem wprowadzenie stopnia tlącego opartego na technologii osadu czynnego lub odprowadzenie ścieków do nalizacji i poniesienie kosztów z tym związanych. Alternatywą dla tego rodzaju rozwiązań jest zastosowanie systemu namnażania biomasy glonów, który jest rozwiązaniem korzystnym zarówno z technologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Parametry jakościowe odpływu z reaktora beztlenowego typu UASB oczyszczającego ścieki mleczarskie przedstawiono w tabeli 9.1.

Tabela 9.1. Charakterystyka ścieków odpływających z reaktora UASB

| Wskaźnik | Jednostka | Wartość |
|-------------------|----------------------|---------|
| Zawiesina | mg/L | 100 |
| Wartość pH | pH | 7,4 |
| ChZT | mg O ₂ /L | 800 |
| BZT ₅ | mg O ₂ /L | 400 |
| P _{ce} | mg P/L | 70 |
| N-NH ₄ | mg N/L | 200 |
| N _{og} | mg N/L | 300 |

Biorąc pod uwagę przepływ charakterystyczny oraz zakładane stężenia zanieczyszczeń przyjmuje się następujące ładunki podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (tab. 9.2).

Tabela 9.2. Ładunek średni dobowy $L = Q \times S_d$

| Wskaźnik | Stężenie [S _d] | Ładunek dobowy [L] | Ładunek jednostkowy [s] | Liczba równoważnych mieszkańców RLM |
|------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | g/m ³ | g/d | g/M x d | |
| BZT ₅ | 400 | 120.000 | 60 | 2000 |
| ChZT | 800 | 240.000 | 90 | 2666 |
| Azot ogólny | 300 | 90.000 | 12 | 7500 |
| Fosfor ogólny | 70 | 21.000 | 2,5 | 8400 |

Zakłada się, iż ścieki zostaną oczyszczone, do jakości umożliwiającej ich odprowadzenie do odbiornika. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2014 poz. 1800) przyjęto następujące wymagane wartości ścieków oczyszczonych (tab. 9.3)

Tabela 9.3. Wymagana jakość oczyszczonych odcieków

| Wskaźnik | Jednostka | Koncentracja w odpływie |
|------------------|----------------------------------|-------------------------|
| BZT ₅ | g O ₂ /m ³ | 25 |
| ChZT | g O ₂ /m ³ | 125 |
| Zawartość ogółem | g /m ³ | 35 |
| Azot ogólny | g N/m ³ | 30 |
| Fosfor ogólny | g P/m ³ | 2 |

koncepcja techniczno-technologiczna systemu hodowli biomasy glonów na la oparta na wykorzystaniu odcieków pochodzących z komór fermentacyj- biogazowni opartej na utylizacji serwatki oraz innych substratów orga-nych pochodzących z przemysłu mleczarskiego. lanie wyjściowe ilości i jakości osadu przefermentowanego do określenia retrów technologicznych instalacji do oczyszczania odcieków z fermentora produkcji biomasy glonowej określono na poziomie $Q = 300 \text{ m}^3/\text{d}$. Para- jakościowe osadu przefermentowanego przedstawiono w tabeli 9.4.

9.4. Charakterystyka osadów pofermentacyjnych

| Wzrostnik | Jednostka | Wartość |
|----------------------------|--------------------------|---------|
| Wzrost na masa | % | 4,34 |
| Wzrost tancje organiczne | % | 72,8 |
| Wzrost ość pH | pH | 7,4 |
| Wzrost Γ | mg O_2/L | 14.282 |
| Wzrost Γ filtrowany | mg O_2/L | 7.800 |
| Wzrost 6 | mg O_2/L | 7.070 |
| Wzrost 5 filtrowany | mg O_2/L | 3.400 |
| Wzrost f_4 | mg P/L | 205 |
| Wzrost f_4 | mg N/L | 1.550 |
| Wzrost f_4 | mg N/L | 2.080 |

iorąc pod uwagę przepływ charakterystyczny oraz zakładane stężenia za- szczytu przyjmuje się następujące ładunki podstawowych wskaźników zyszczeń (tab. 9.5).

9.5. Ładunek średni dobowy $\bar{L} = Q \times S_d$

| Wzrostnik | Stężenie [S_d] | Ładunek dobowy [\bar{L}] | Ładunek jednostkowy [s] | RLM |
|---------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------|
| | g/m ³ | | | |
| Wzrost ogólny | 7070 | 2121 | 60 | 35350 |
| | 14282 | 4284,6 | 90 | 47607 |
| Wzrost ogólny | 2080 | 624 | 12 | 52000 |
| | 205 | 61,5 | 2,5 | 24600 |

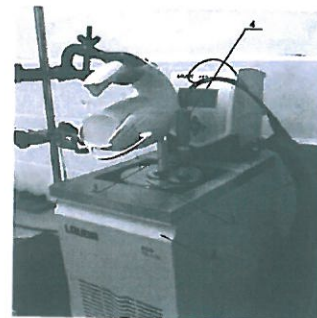
klada się, iż po procesie odciek pofermentacyjny zostanie oczyszczony ości umożliwiającą jego odprowadzenie do rzeki. Oczyszczone odcieki, towano, jako ścieki komunalne określając wymaganą jakość ścieków czonych. Na podstawie przyjętej liczby równoważnych mieszkańców = 35350 przyjęto następujące wymagane wartości ścieków oczyszcz- tab. 9.6):

Tabela 9.6. Wymagana jakość oczyszczonych odcieków

| Wzrostnik | Jednostka | Koncentracja w odpływie |
|------------------|---------------------------|-------------------------|
| BZT ₅ | g O_2/m^3 | 15 |
| ChZT | g O_2/m^3 | 125 |
| Zaw. ogółem | g /m ³ | 35 |
| Azot ogólny | g N/m ³ | 15 |
| Fosfor ogólny | g P/m ³ | 2 |


9.2. Doświadczalna produkcja biopaliwa na bazie oleju tłoczonego z alg hodowlanych

Do doświadczenia wybrano bezcisnieniową metodę wytwarzania estrów mety- lowych kwasów tłuszczowych wykorzystującą nadmiar metanolu. Proces tran- sestryfikacji przeprowadzono w specjalnie skonstruowanym reaktorze o pojem- ności 1,5 dm³ zaopatrzonym w mieszadło mechaniczne i łaźnię wodną pozwala- jącą utrzymać stałą temperaturę. Aparatura doświadczalna została przedstawi- ona na rys. 9.1. Reakcji z metanolem poddano olej wytłoczony z alg *Chlorella protothecoides*. Procedurę produkcji bioestru przedstawiono w tabeli 9.7.

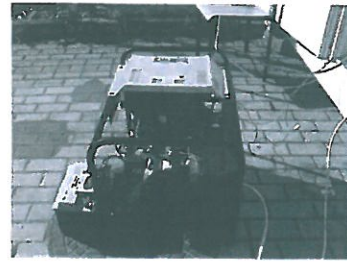


Rys. 9.1. Aparatura doświadczalna do produkcji bioestru: 1 – reaktor; 2 – łaźnia wodna LAUDA ECO RE630; 3 – mieszadło mechaniczne; 4 – pH-metr Liquisys M CPM233+CPS11

9.7. Etapy produkcji bioestrów

| Załącznik nr 1. Jako katalizatora użyto wodorotlenku potasu o czystości analitycznej w ilości 14 g. | | |
|---|---|--|
| Nazwa operacji | Aparatura | Parametry i właściwości |
| czyszczenie, filtrowanie, lwardnianie oleju surowego | Konwerter 234 Plus lub filtr PP do biodiesla firmy Filtrakon | Gęstość $\sim 0,92 \text{ g/cm}^3$ Brak zanieczyszczeń Zaw. $\text{H}_2\text{O} < 0,15\%$ Lepkość $75 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ Zaw. wolnych kwasów tłuszczowych $< 1,5\%$ Zaw. fosforu $\sim 200 \text{ ppm}$ $\text{pH} \sim 7$ |
| zygotowanie mieszaniny tryfikacyjnej (katalitycznej) ARIANT I metanol sodu (CH_3OK) $\text{OH}+\text{CH}_3\text{OH}$ $\text{AT}=0,0167 \cdot \text{OR}$ [w dm^3] $\text{IET}=0,146 \cdot \text{OR}$ [w dm^3] blńczenie ilości katalizatora etodą miareczkowania ARIANT II fieszazina wodorotlenku potasu (OH) i metanolu | Mieszalnik, zbiornik pomocniczy | Metanol - 0,2% wody KOH ZAPEWNIENIE JEDNORODNOŚCI MIESZANINY |
| ransstryfikacja jednoetapowa ARIANT I: Intensywnie mieszazie w temp. $30-50^\circ\text{C}$ przez 0,5 h, ozostawić na 2,5 h ARIANT II: Intensywnie mieazie przez 1,5 h w temp. -60°C | Reaktor laboratoryjny, Łażnia wodna, Mieszadło łopatkowe | Ocenie stopień przebiegu reakcji transestryfikacji Chromatograf TLC 96% |
| odymentacja | Wirówka | $N = 2000 \text{ obr/min}$ |
| puszczenie wydzielonej frakcji licerynowej | Zawór elektromagnetyczny lub kulowy | 14-17% wsadu |
| czyszczenie surowego B100: bezwodna ekstrakcja kwasu fosforowego H_3PO_4 przemywanie wodą destylowaną przemywanie roztworem kwasu cytrynowego | Urząd oczyszczania  | $\text{pH}=7$ dla B100 10% wody w stosunku do masy estru 2% roztwór kwasu cytrynowego |
| puszczenie B100 | Zawór elektromagnetyczny lub kulowy | Przepuszczalność wkładu filtra $5-10 \mu\text{m}$ |
| szuszenie B100 | Przedmuch powietrzem lub żel krzemowy | Temperatura ok. 90°C Bezwodny siarczan sodu (Na_2SO_4) |
| ocena jakości B100 | Analiza fizykochemiczna: - piknometr, - areometr - lepkościomierz - aparat Marcussona | Gęstość $0,86-0,9 \text{ g/cm}^3$ Lepkość $3,5-5 \text{ mm}^2/\text{s}$ $\text{pH} = 7$ Zawartość wody = 500 mg/kg |

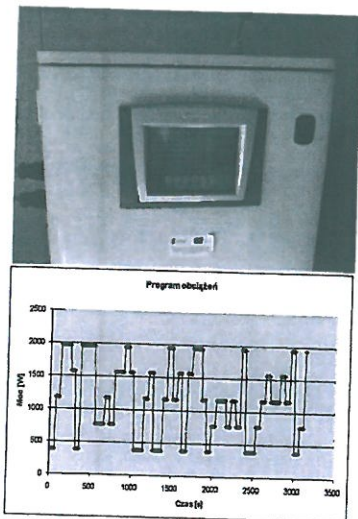
Następnie przeprowadzono proces próbnego zasilania silnika z zapłonem samoczynnym ZS biopaliwem B100 wyprodukowanym na bazie oleju pozyskanego z biomasy glonów. Badania zostały przeprowadzone na stanowisku składającym się z: silnika spalinowego ZS KIPOR KM178 wchodzącego w skład agregatu prądowłrczego, tablicy sterowniczej oraz zestawu żarówek dużej mocy, sterownika PLC UNITRONICS, wagi AXIS.



Rys. 9.2. Silnik spalinowy ZS KIPOR KM178 wchodzący w skład agregatu prądowłrczego



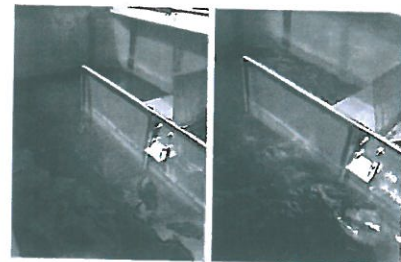
Rys. 9.3. Waga Axis i zestaw żarówek dużej mocy



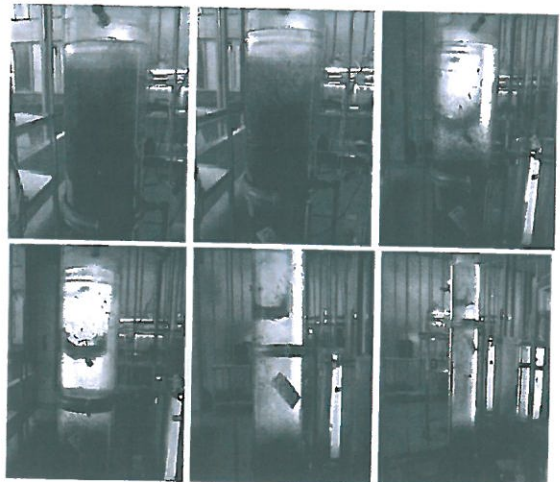
9.4. Moduł sterowania PLC UNITRONICS oraz zastosowany program obciążeni

rogram badań zakładał monitorowanie parametrów pracy silnika zasilanymi paliwami przy założonym programie obciążeni zamieszczonym na asie. Zróżnicowane wartości obciążeni realizowane były przy pomocy szarówek o mocy ok. 500 W każda. Podczas badań wykonano próby powcze spalania w silniku oleju napędowego, bioestru pochodzącego z olepakowego oraz bioestru pochodzącego z oleju wyłoczonego z glonów. / trakcie prowadzonych eksperymentów zaobserwowano agresywne odowanie biodiesla (zarówno na bazie oleju rzepakowego, jak i na bazie oleju nów) na wszelkie uszczelnienia gumowe, przewody paliwowe, jak i na ywa sztuczne. Zjawisko to nie występowało w przypadku stosowania lego ON. Zastosowanie biopaliwa z glonów do zasilania silników ZS wydalszych prac badawczych i opracowania technologii oczyszczania estru owego oleju pozyskanego z glonów, przystosowania niektórych elemen- ilnika (przewodów paliwowych, uszczelnień) do warunków zasilania es- netylowym pozyskanym z glonów.

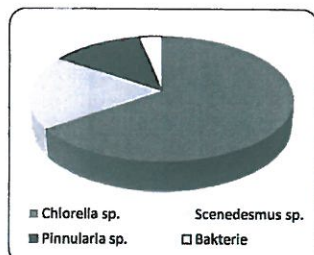
9.3. Dokumentacja fotograficzna stanowisk badawczych i wybrane dane



Fot. 9.1. Reaktor namnażania glonów w trakcie eksploatacji



Fot. 9.2. Przebieg procesu zagęszczania biomasy glonów z wykorzystaniem koagulacji



Rys. 9.5. Skład taksonomiczny biomasy glonów



t. 9.3. Wyposażenie stanowiska badawczego do prowadzenia separacji biomasy glonów w procesie filtracji z wykorzystaniem mikrosit bębnowych

Tabela 9.8. Efekty procesu filtracji biomasy glonów

| Parametr | Jednostka | Reaktor | Filtrat I° | Odpływ I° | Filtrat II° | Odpływ II° |
|----------------------|--------------------|---------|------------|-----------|-------------|------------|
| Objętość | dm ³ | 1000 | 61 | 939 | 84 | 839 |
| Koncentracja biomasy | mg/dm ³ | 2770 | 31040 | 293 | 7090 | 7 |
| Ilość biomasy | g | 2770 | 1893,44 | 275,127 | 595,560 | 5,873 |
| Uwodnienie | % | 99,72 | 96,90 | 99,97 | 99,29 | 99,99 |



Fot. 9.4. Stanowiska badawcze eksploatowane podczas namnażania biomasy glonów

Charakterystyka oleju z alg

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| Przezroczystość: | klarowny |
| Kolor: | żółto/zielony |
| Zawartość utleniaczy: | 0,5 (Max.) |
| Gęstość: | 912 kg/m ³ |
| Zwilżalność: | 33,2 cSt |
| Zanieczyszczenia: | 2,0 mg/kg |
| Zawartość węgla: | 0,1 % (m/m) |
| Woda: | 140 mg/kg |
| Siarka: | 2,0 mg/kg |
| Liczba jodowa | 67 mg. iodine/100g |
| Kwasy | 0,2 mg KOH/g |
| Fosfor mg/kg | 0,0008 % |

Technologie i urządzenia zrównoważonej energetyki rozproszonej ...

a 9.9. Właściwości fizyczne oleju z glonów i estru powstałego na bazie oleju z alg

| właściwość | Jednostka | Zakres wg PN-EN 14214 | | Olej z glonów | Biodiesel z glonów |
|----------------------|-------------------|-----------------------|----------|---------------|--------------------|
| | | minimum | maksimum | | |
| gęstość w temp. 15°C | kg/m ³ | 860 | 900 | 912 | 880 |
| gęstość w temp. 40°C | cSt | 3,50 | 5,00 | 33,2 | 4,59 |
| temperatura zapłonu | °C | 120 | - | - | 200°C |
| ciężkość wody | mg/kg | - | 500 | 140 | - |
| ciężkość kwasowa | mg KOH/g | - | 0,5 | 0,4 | 0,35 |
| ciężkość jodowa | g jodu/100g | - | 120 | 74,60 | 76,72 |
| ciężkość fosforu | mg/kg | - | 10,0 | 8,0 | - |

Literatura

Jębowski M., Zieliński M., Krzemieniewski M. – Opracowanie technologii hodowli alg olejowych na cele biopaliwowe w basenach otwartych, Raporty wewnętrzne podetapu 4.4.L, 2010-2013.

Fichalski R. – Opracowanie technologii wytwarzania biopaliwa stałego płynnego z biomasy glonów na bazie odpadów przemysłu mleczarskiego, Raporty wewnętrzne podetapu 4.4.M, 2010-2012.

10. Układ sprzężonej generacji energii elektrycznej i ciepła na bazie ognia paliwowego

Tomasz Golec, Jakub Kupecki, Janusz Jewulski

Institut Energetyki, Warszawa

10.1. Wprowadzenie

W okresie ostatniej dekady rozważano szereg zagadnień związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła. Ceny konwencjonalnych nośników energii takich jak gaz, ropa oraz węgiel wykazują wyraźny trend rosnący. Dodatkowo, ceny paliw są wrażliwe na zawirowania polityczne i zjawiska społeczne. Potencjalne zagrożenia mogące wyniknąć z wyczerpania się tych zasobów są siłą napędową rozwoju nowych, wysokosprawnych układów generacji energii elektrycznej w systemach rozproszonych. Dywersyfikacja technologii generacji mocy jest jednym z działań zapewniających bezpieczeństwo dostaw energii, dodatkowo z możliwością wykorzystania lokalnych zasobów paliwowych. Ze względu na powyższe kwestie, poszukiwane są nowe rozwiązania umożliwiające wysokosprawną i niskoemisyjną generację mocy elektrycznej i ciepła w myśl zasad zrównoważonego rozwoju. Pośród dostępnych technologii, rozproszona energetyka oparta na wysokosprawnych mikro-źródłach często wymieniana jest jako alternatywne rozwiązanie mogące przynieść wymierne korzyści w obszarze nowych technologii energetycznych.

Dyrektywa 2004/8/EC Parlamentu Europejskiego w sprawie wspierania kogeneracji [1] oraz rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 lipca 2011 r., dotyczące wysokosprawnej kogeneracji [2] definiują układy mikro-kogeneracyjne jako układy wytwórcze o mocy znamionowej poniżej 50 kW_{el}. W dostępnej literaturze, termin mikro-źródło często bywa stosowany w odniesieniu do jednostek mniejszych, typowo w zakresie 1-5 kW [3,4]. Jedną z perspektywicznych technologii, szczególnie obiecującą dla układów mikro-kogeneracyjnych są ogniwa paliwowe z elektrolitem w postaci tlenków stałych.

Wykorzystanie ogniw stałotlenkowych (ang. *SOFc* – *solid oxide fuel cell*) pozwala na osiągnięcie wysokiej sprawności elektrycznej przekraczającej 42% już w układach o mocy znamionowej rzędu pojedynczych kilowatów. Bezpośrednia konwersja energii chemicznej paliwa na prąd pozwala uzyskać szczególnie wysoką sprawność elektryczną, nieograniczoną limitem obiegu Carnota. Wysoka temperatura pracy ogniw SOFC umożliwia zagospodarowanie ciepła na potrzeby własne (integrację ciepłą dopalacza-reformera porowego-modułu ogniw) oraz na cele grzewcze lub przygotowanie ciepłej wody użytkowej.