

PRACE NAUKOWE

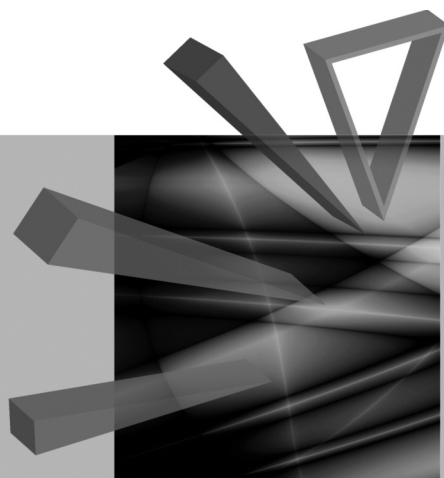
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

231

Kryzys a rozwój zrównoważony rolnictwa i energetyki



pod redakcją

Andrzeja Graczyka



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2011

Recenzenci: Ryszard Janikowski, Stanisława Sokołowska

Redaktor Wydawnictwa: Jadwiga Marcinek

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Justyna Mroczkowska

Łamanie: Adam Dębski

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna na stronie www.ibuk.pl

Streszczenia publikowanych artykułów są dostępne w międzynarodowej bazie danych The Central European Journal of Social Sciences and Humanities <http://cejsh.icm.edu.pl> oraz w The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com, a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie wymaga pisemnej zgody Wydawnictwa

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2011

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-143-0

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	9
-------------	---

Część 1. Równoważenie rozwoju rolnictwa w warunkach kryzysu

Barbara Kryk: Wpływ kryzysu ekonomicznego na koniunkturę w rolnictwie polskim	13
Agnieszka Becla: Genetycznie modyfikowane organizmy szansą i zagrożeniem dla środowiska przyrodniczego i gospodarki w skali globalnej	22
Agnieszka Lorek: Światowy kryzys żywnościowy, przyczyny i wpływ na kraje rozwijające się	38
Karol Kociszewski: Rozwój rynków żywności ekologicznej w skali globalnej, regionalnej i makroekonomicznej	51
Wiktor Szydło: Globalny kryzys finansowy – wyzwania dla polityki gospodarczej i społecznej (w kierunku rozwoju zrównoważonego)	66
Katarzyna Brodzińska: Problemy środowiskowej oceny zrównoważonego rozwoju rolnictwa ze szczególnym uwzględnieniem instrumentów WPR	84
Wawrzyniec Czubak, Karolina Pawlak: Efekty WPR w realizacji założeń rolnictwa zrównoważonego w Polsce	99
Adam Pawlewicz, Katarzyna Pawlewicz, Joanna Kościńska: Funkcjonowanie gospodarstw rolnych na obszarach „Natura 2000” z terenu powiatu olsztyńskiego	113
Anna Bisaga: Endogenizacja rozwoju warunkiem przeciwdziałania sytuacjom kryzysowym na przykładzie badań w rolnictwie regionu opolskiego	125
Piotr Bórawski: Ekonomiczne uwarunkowania rozwoju gospodarstw agroturystycznych na przykładzie badań własnych	140

Część 2. Produkcja i wykorzystanie energii w kontekście zrównoważonego rozwoju

Andrzej Graczyk: Makroekonomiczne aspekty rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce	153
Alicja Graczyk: Wybór technologii odnawialnych źródeł energii dostosowanych do warunków rozwoju Dolnego Śląska	168
Tadeusz Pindór, Leszek Preisner: Wykorzystanie wybranych odnawialnych źródeł energii w kontekście kryteriów rozwoju zrównoważonego	186

Urszula E. Gołębiowska: Produkcja rzepaku na cele energetyczne sposobem na dywersyfikację oferty rynkowej gospodarstw rolnych	197
Zdzisław Szalbierz, Edyta Ropuszańska-Surma: Bezpieczeństwo energetyczne Dolnego Śląska a procesy regulacji	214
Bazyli Poskrobko: System zarządzania energią w gminie jako narzędzie łagodzenia kryzysu ekologicznego.....	234
Edyta Sidorczyk-Pietraszko, Magdalena Ligus, Tomasz Poskrobko: Koszty i koszty społeczne modernizacji systemów energetycznych na poziomie lokalnym	255
Bożydar Ziółkowski: Energetyka odnawialna w rozwiązywaniu kryzysu rozwojowego – założenia modelu ekoinnowacyjnej gospodarki.....	271
Magdalena Protas: Inwestycje w zrównoważoną energetykę jako stymulator rozwoju lokalnego.....	287
Tomasz Żołyński: Proces przemian w gminach inwestujących w energię odnawialną i poprawę efektywności energetycznej (na przykładzie gmin Dzierżonów i Prusice).....	300
Olga Anna Oryńcz: Produkcja biodiesla na własny użytek w gospodarstwie rolnym szansą na przetrwanie w kryzysie.....	308

Summaries

Barbara Kryk: Impact of economic crisis on the economic situation in polish agriculture.....	21
Agnieszka Becla: Genetically modified organisms as chance and threat for natural environment and economy on the global scale	37
Agnieszka Lorek: Global food crisis, the causes and impact on developing countries	50
Karol Kociszewski: Development of organic food markets on global, regional and macroeconomic scale	65
Wiktor Szydło: Global financial crisis – challenges for economic and social policy (towards sustainable development).....	83
Katarzyna Brodzińska: Problems of environmental evaluation of agriculture sustainable development.....	98
Wawrzyniec Czubak, Karolina Pawlak: Effects of the common agricultural policy in achieving the objectives of sustainable agriculture in Poland	112
Adam Pawlewicz, Katarzyna Pawlewicz, Joanna Kościńska: Functioning of the farms in Natura 2000 areas of Olsztyn district in the opinion of farmers.....	124
Anna Bisaga: Endogenisation of the development as a countermeasure of preventing critical situations on the basis of agricultural research in Opole region	139

Piotr Bórawski: Economic conditions of agrotourism farm development based on own research.....	149
Andrzej Graczyk: Macroeconomic aspects of renewable energy development in Poland.....	167
Alicja Małgorzata Graczyk: Choice of renewable energy technology adapted to development conditions of Lower Silesia.....	185
Tadeusz Pindór, Leszek Preisner: The use of selected renewable energy sources in the context of sustainable development criteria.....	196
Urszula E. Gołębiowska: The production of oilseed rape for energy purposes as a way to diversify the farm market offer.....	213
Zdzisław Szalbierz, Edyta Ropuszyńska-Surma: Security of energy supply in Lower Silesia and regulatory procedures.....	233
Bazyli Poskrobko: Energy management system in a municipality as an instrument of mitigating ecological crisis.....	253
Edyta Sidorczuk-Pietraszko, Magdalena Ligus Tomasz Poskrobko: Social benefits and costs of modernization of energy systems at the local level..	270
Bożydar Ziółkowski: Renewable energy industry in diminishing development crisis – assumptions for the model of ecoinnovative economy.....	286
Magdalena Protas: Sustainable energy investments as support for local development.....	299
Tomasz Żołyniak: The process of transformation made by communities' councils in a field of renewable energy and improving energy efficiency (in example of communities: Prusice and Dzierżoniów).....	307
Olga Anna Orynych: Production of biodiesel fuel for internal use in agricultural farm as a chance for survival during economic crisis.....	325

Olga Anna Orynych

Politechnika Białostocka

PRODUKCJA BIODIESLA NA WLASNY UZYTEK W GOSPODARSTWIE ROLNYM SZANSA NA PRZETRWANIE W KRYZYSIE

Streszczenie: Negatywny wpływ działalności człowieka na środowisko przyrodnicze zrodził potrzebę dążenia do zrównoważonego rozwoju, który wymaga zachowania odpowiednich proporcji w makrosystemie gospodarka–społeczeństwo–środowisko. Ekorozwój wymaga zastosowania nowych, przyjaznych środowisku technologii w sektorze paliwowym. W odnawialne źródła energii wpisuje się w naturalny sposób produkcja biodiesla z nasion rzepaku ozimego. W artykule przedstawiono produkcję biodiesla z rzepaku na własny użytek. Badaniami objęto gospodarstwo rolne na Podlasiu. Granicę opłacalności tej produkcji wyznaczono na podstawie analizy wydatków związanych z uprawą rzepaku, kosztu wytworzenia biodiesla oraz procesów towarzyszących. Przepisy prawne mają duży wpływ na rosnące zainteresowanie rynkiem biodiesla.

Słowa kluczowe: ekorozwój, produkcja estru metylowego oleju rzepakowego, rzepak.

1. Wstęp

Ludzkość stanęła w obliczu problemów zagrażających zdrowiu i życiu, takich jak: kwaśne deszcze czy efekt cieplarniany, które są następstwem spalania paliw kopalnych. Konsekwencją tego są niespodziewane burze, tornada, powodzie, fale upałów i inne katastrofy ekologiczne. Szansą na rozwiązanie tych problemów może być rozwój technologii czystych źródeł energii, pochodzących z nośników będących zasobami odnawialnymi.

Zaspokojenie potrzeb społecznych pokoleń wymaga upowszechniania zrównoważonego rozwoju, który narzuca konieczność zachowania odpowiednich proporcji między postępem a ochroną środowiska, świadomego korzystania z bogactw naturalnych i alternatywnych źródeł energii. Wyczerpywanie się zasobów naturalnych niesie z sobą nieprzewidywalne skutki. Względy ekonomiczne, środowiskowe i geopolityczne zmuszają jednak do szerszego wykorzystania energii.

Szacuje się, że nasza cywilizacja zużyła energię, która odpowiada ok. 500 mld tpu (tpu – tona paliwa umownego (węgla), 1 tpu = 29 GJ), z czego dwie trzecie przypadają na ostatnie stulecie [Ligus 2010, s. 103-109]. Bezpieczeństwo energe-

tyczne jest jednym z kluczowych problemów Unii Europejskiej. W 2007 r. Komisja Europejska przedstawiła Radzie Europejskiej i Parlamentowi Europejskiemu pakiet działań dotyczących wspólnej polityki energetycznej, obejmujący m.in.: stworzenie wewnętrznego rynku energii, zwiększenie efektywności wykorzystania energii, zwiększenie znaczenia energii odnawialnej, wspólne stanowisko w międzynarodowej polityce energetycznej.

Wyczerpywanie własnych zasobów surowcowych, uzależnienie od zewnętrznych dostawców, rosnące ceny, załamanie kredytowania inwestycji, wzrost bezrobocia, spadek produkcji, zapotrzebowanie gospodarki na paliwa i energię, zmiany klimatu wymusiły poszukiwanie i wspieranie rozwoju alternatywnych źródeł energii – wszystko to sprawia, że biokomponenty, biopaliwa ciekłe stanowiące substytuty paliw ropopochodnych, odgrywają coraz większą rolę w polityce energetycznej państw UE.

Sytuacja ekologiczna, społeczna i gospodarcza wielu krajów zmusza je do poszukiwania nowych układów społeczno-gospodarczych w skali globalnej [Dobrzański 2005, s. 5-12]. Jednym z przykładów tej tendencji jest produkcja biopaliwa do silników wysokoprężnych z nasion rzepaku ozimego. Paliwo to, zwane biodieslem, powstaje z czystego oleju rzepakowego uzyskiwanego w procesie tłoczenia i poddawanego estryfikacji, sedymentacji oraz filtracji gotowego biodiesla [Rosiak 2008, s. 15]. W polskim prawie wprowadzono wiele zmian ukierunkowanych na rozwój rynku biokomponentów i biopaliw ciekłych. Ich regulację zapewniły ustawy o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw oraz o biokomponentach i biopaliwach ciekłych [*Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach...*; *Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania...*]. Umożliwiają one rolnikom produkcję biopaliw ciekłych na własny użytek, a w przypadku czystego oleju roślinnego i estrów nie jest konieczne składanie zabezpieczenia akcyzowego. Zgodnie z przepisami roczny limit produkcji samoistnego paliwa (bez sprzedaży lub zbywania w innej formie), przy wykorzystaniu własnych materiałów i surowców, na własny użytek, wynosi 100 l na hektar powierzchni użytków rolnych znajdujących się w posiadaniu rolnika. Ze względu na ochronę środowiska i zdrowie ludzi produkowane biopaliwa ciekłe powinny spełniać minimalne wymagania jakościowe. Obserwacja rozwoju upraw energetycznych skłoniła instytucje unijne do modyfikacji istniejących dotychczas norm prawnych. Zapewnieniem gwarancji ekorozwoju są przyjęte ostatnio dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady: 2009/28/WE i 2009/30/WE.

Celem niniejszej pracy jest wskazanie produkcji biodiesla jako szansy na wychodzenie z kryzysu. Podjęto próbę ustalenia kosztu wytworzenia biodiesla (przy wykorzystaniu własnych surowców i materiałów), wyznaczenia granicy opłacalności produkcji przy dwuhektarowym areale rzepaku ozimego, zbadania kosztów generowanych przez procesy produkcji biodiesla i zasygnalizowania roli tego biopaliwa w realizacji zasad zrównoważonego rozwoju. Realizację celów badawczych oparto na analizie studium przypadku produkcji biopaliw w gospodarstwie rolnym na Podlasiu.

2. Produkcja rzepaku na biodiesel szansą na zrównoważony rozwój w gospodarstwie rolnym – agrotechnika

Podlasie to obszar północno-wschodniej Polski, od 1983 r. zaliczany do „zielonych płuc” Polski (ZPP), dla którego szansą przezwyciężenia peryferyjnego położenia jest aktywizacja terenów wiejskich poprzez rozwój przedsiębiorczości, wprowadzanie nowych kierunków produkcji rolnej i pozyskiwanie zewnętrznych funduszy. Współczesne działania uwzględniają zachowanie rzadkich walorów środowiskowych bez ograniczania dobrobytu materialnego lokalnej społeczności.

Przedstawiona w artykule analiza opłacalności rocznej produkcji biodiesla, z uwzględnieniem nakładów i dochodów przy dwuhektarowym areale upraw rzepaku ozimego, została przeprowadzona na podstawie gospodarstwa rolnego w województwie podlaskim. Podlasie ma atrakcyjne warunki przyrodnicze, które mogą wpłynąć na rozwój agroturystyki czy rolnictwa. Nowe perspektywy rozwoju własnych gospodarstw dadzą szansę młodym gospodarzom i zahamują migrację mieszkańców ze wsi do miast. Jednym ze sposobów wzrostu dochodów w gospodarstwach rolnych może stać się uprawa rzepaku z przeznaczeniem na biodiesel.

Rzepak ozimy jest zaliczany do podstawowych roślin oleistych uprawianych w Polsce. Ziasewy rzepaku są możliwe nie tylko na glebach dobrych, ale i na średnich (IV klasa), na których jego plony sięgają 3-3,5 t z ha. Wykorzystanie olejów roślinnych i ich pochodnych sprzyja ochronie środowiska naturalnego, gdyż kwasy tłuszczowe szybko ulegają biodegradacji w przeciwieństwie do produktów pochodzenia naftowego.

W badanym gospodarstwie stosuje się następujące zasady agrotechniczne:

- nasiona rzepaku ozimego o odmianie: Bosman i Lisek;
- uprawa rzepaku ozimego na glebach klasy: IVa, IVb (Bosman), V (Lisek);
- płodozmian – rzepak ozimy jest siany co roku na innym obszarze pola (łącznie 2 ha), rotacja następuje w cyklach 3- lub 4-letnich;
- uprawa roli: przedplon (mieszanka koniczyn z trawami), wapnowanie (w przypadku ziemi zakwaszonej co 6 lat), talerzowanie (przed posianiem rzepaku), bronowanie, obornik (co 3 lata, 1-2 tygodnie przed posianiem, ochrona przed wyjałowieniem gleby), spryskanie obornika użyźniaczem doglebowym, orka siewna, jesienią przed siewem nawóz wieloskładnikowy Grantar R NPK (CaMgS) 3-9-19-(5-4-21), bronowanie, wysiew (najpóźniej do 20 sierpnia, 4-5 kg/ha nasion, głębokość siewu do 2 cm, rozstaw między rzędami 12 cm i ok. 100 sztuk/m²), wałowanie (1-2 dni po wysianiu), wiosną na rosnący rzepak mocznik granulowany 46%;
- ochrona roślin: herbicyd Triflur 480 EC stosowany przed wschodem rzepaku jesienią (niszczy chwasty w fazie ich kiełkowania), herbicydy: Galera 334 SL (środek chwastobójczy stosowany po wschodach rzepaku wiosną do fazy wytworzenia pąków kwiatowych), Talstar 100 EC (środek przedziorkobójczy

i owadobójczy stosowany na wiosnę w fazie kwitnienia), Pictor 400 SC (środek grzybobójczy, stosowany wiosną od fazy zielonego pąka do początku fazy kwitnienia);

- wczesnym latem, po osiągnięciu pełnej dojrzałości nasion, zbiór jednofazowy rzepaku kombajnem ciągnikowym (wilgotność ok. 14%);
- przed przerobem ziarna rzepaku poddawane są suszeniu w specjalnym pomieszczeniu do uzyskania wilgotności ok. 10%.

Zastosowanie takiej agrotechniki pozwala na uzyskanie plonu na poziomie 3 t/ha, co daje 6 t przy dwuhektarowym areale uprawy rzepaku ozimego z przeznaczeniem na biodiesel (na własny użytek), w świetle idei zrównoważonego rozwoju.

3. Procesy wytwarzania biodiesla w warunkach gospodarstwa rolnego jako integracja ekonomiczna i przyrodnicza

Strategia efektywności zintegrowanej stwarza możliwości zachowania kompatybilności jakości środowiska i produkcji materialnej. Oparta na poszanowaniu zasobów naturalnych efektywna działalność ekonomiczna zależy od takich czynników produkcji, jak: ziemia, wkłady finansowe, praca, oświata, pomysłowość, orientacja na rynek itp. [Klimek 2006, s. 9-40; Malik 2004, s. 66-72].

Jedną z dróg wychodzenia z kryzysu staje się produkcja biodiesla na własny użytek. Przesłankami, które przemawiają za produkcją estrów oleju rzepakowego w indywidualnych gospodarstwach, jako paliw silnikowych, są m.in.: wykorzystanie zasobów naturalnych i ludzkich, warunki klimatyczne, sfera ekonomiczna, ochrona środowiska poprzez redukcję szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w spalinach, znaczenie fitosanitarne rzepaku poprawiające zmianowanie (jako dobry przedplon dla uprawy zbóż), wspieranie modernizacji obszarów wiejskich, poszukiwanie nowych źródeł dochodu.

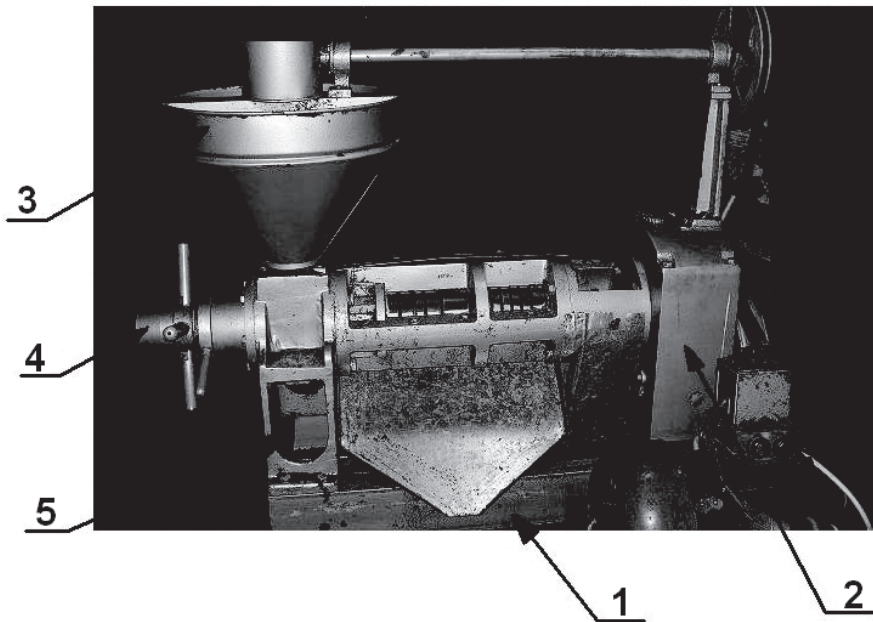
Estry metylowe kwasów oleju rzepakowego wykorzystywane jako paliwo silnikowe wytwarza się, stosując dwie podstawowe technologie:

1) „zimna” – ten proces przeprowadza się w temperaturach 20-70⁰ C, pod ciśnieniem atmosferycznym, przy użyciu katalizatorów alkaicznych,

2) „gorąca” – w czasie transestryfikacji w temperaturze 240⁰ C, pod ciśnieniem 10 MPa; metoda stosowana w zakładach chemicznych przy dostępie do źródeł taniej energii cieplnej z użyciem dużej ilości metanolu [Merkisz, Pielecha 2006, s. 60-65].

Estry kwasów tłuszczowych występują jako samodzielne paliwo do silników z samoczynnym zapłonem lub biokomponent paliw: biodiesel + olej napędowy (ON). Najczęściej stosowane nazwy techniczne to: FAME – estry metylowe kwasów tłuszczowych, RME – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego [Opinia Europejskiego Komitetu... 2006, s. 2-3; Экономика биотеха... 2010]. Do produkcji biodiesla używane są trzy podstawowe surowce: olej rzepakowy (po

wytłoczeniu nasion rzepaku), alkohol metylowy i wodorotlenek potasu (KOH) stanowiący katalizator. Olej w gospodarstwie pozyskiwany jest poprzez wytłaczanie nasion rzepakowych w prasie do tłoczenia oleju. Metodę na „zimno” przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Prasa do tłoczenia oleju

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1. Parametry techniczne prasy

Wydajność	3 t/24 h
Moc silnika	5,5 kW
Prędkość obrotu śruby	40-50 obr./min
Przekładnie w skrzyni biegów	$19/42 \times 19/57 = 1 : 6.63$
Wymiary gabarytowe (wys./szer./dł.) (w mm)	1020 × 540 × 1320
Waga	330 kg
Koszt prasy	19 200 zł*

* 19 200 zł – koszt zakupu prasy w badanym gospodarstwie.

Źródło: opracowanie własne.

Przygotowany surowiec w postaci wysuszonych ziaren rzepakowych (ok. 10% wilgotności) wsypywany jest z kosza zasypowego do komory wytłaczającej, skąd przesuwany jest przez obrót śruby. Tarcie między ziarnami a śrubą oraz pomiędzy cząsteczkami ziarna powoduje wzrost ciśnienia w komorze tłoczenia. Ziarna poda-

wane są wzdłuż śruby, następnie po odcisnięciu wyrzucane w formie płatków (tzw. makuchy rzepakowe lub śruta rzepakowa; temperatura makuchów po wyciśnięciu wynosi 40-50° C). W celu uzyskania maksymalnej wydajności makuchy są dwukrotnie przepuszczane przez prasę do tłoczenia. Cząstki ziarna przemieszczają się wzdłuż śruby, co powoduje wzrost temperatury podczas tłoczenia, prowadzącej do zmiany struktury białka, rozkładu koloidu, obniżenia elastyczności i podwyższenia plastyczności.

Wydajność procesu tłoczenia:

- wytłoczenie czystego oleju z 1 t rzepaku wymaga 50 kWh prądu,
- 1 t rzepaku => 350 kg czystego oleju, którego objętość wynosi 380 l,
- z 1 ha, przy wydajności 3t/ha, otrzymuje się 1140 l oleju,
- 1 t rzepaku => 650 kg makuchów rzepakowych,
- z 1 ha, przy wydajności 3t/ha, otrzymuje się 1950 kg (≈ 2 t) makuchów.

Z powyższych danych wynika, że w procesie tłoczenia olej uzyskuje się z wydajnością 35% w stosunku do masy użytego ziarna, resztę stanowią makuchy. Zwiększenie w bilansie procesu tłoczenia procentowego udziału oleju o ok. 3% jest możliwe przez odzyskanie części oleju z makuchów, które są zawieszane w worku lnianym w celu umożliwienia wydzielenia oleju. Makuchy rzepakowe (rys. 2) stanowią produkt uboczny uzyskiwany w procesie tłoczenia nasion rzepaku. Mogą być wykorzystywane jako pasza dla drobiu i bydła (dodawane do zmielonego jęczmienia, owsa, żyta, jako składnik śruty zbożowej, tzw. mieszanki). Wartość odżywcza makuchów z własnego tłoczenia (ok. 2 t uzyskiwane z 1 ha), o zawartości powyżej 30% białka i ok. 15% oleju, odpowiada 2,5 t przemysłowej, poekstrakcyjnej śruty rzepakowej i obniżonej wartości odżywczej chemicznie wyflukanej z oleju.



Rys. 2. Makuchy rzepakowe (wytłoki)

Źródło: opracowanie własne.

Wytłoczony olej rzepakowy wlewany jest do kadzi w celu umożliwienia sedymentacji. Po czterech dniach olej poddawany jest estryfikacji w reakcji mieszaniny



Rys. 3. Instalacja do produkcji estrów PEM-300

oleju z alkoholem metylowym, w obecności wodorotlenku potasu jako katalizatora. W wyniku tej reakcji, po przefiltrowaniu, otrzymuje się biodiesel i glicerynę [opracowanie własne, na podstawie: *Promotion of Biodiesel Production...* 2006, s. 53-55; *Laboratorium z proekologicznych źródeł...* 2008, s. 1-6]. Do dużego zbiornika estryfikatora wlewa się 300 l oleju rzepakowego, w którym jest on podgrzewany grzałkami elektrycznymi (2 grzałki po 4 kWh) do temperatury 540°C. Jednocześnie włącza się pompkę (0,5 kWh), która miesza podgrzewany olej i tym samym zapobiega jego przypaleniu. Natomiast do mniejszego zbiornika dodawany jest metanol w ilości stanowiącej 12% (36 l) oraz katalizator KOH w proporcji 0,6%, tj. 1,8 kg w stosunku do 300 l oleju. Składniki są tak dobierane, by biodiesel powstawał w środowisku obojętnym, co jest najbardziej korzystne dla silnika. Ewentualne różnice w proporcjach komponentów chemicznych zależą od stopnia kwasowości oleju rzepakowego (świeżo wytłoczony olej charakteryzuje się niską kwasowością i nie wymaga dużej ilości katalizatora). Katalizator KOH miesza się z metanolem i następuje jego rozpuszczenie, w wyniku czego wydziela się duża ilość ciepła, co nagrzewa mniejszy zbiornik do temperatury 450°C. Na osiągnięcie wymaganych temperatur pojemniki estryfikatorów potrzebują 1,2 h, po czym samoczynnie się wyłączają. Następnie odpowiednie zawory są ustawiane w taki sposób, by pompa zasysała jedno-

cznie podgrzany olej i w odpowiedniej proporcji mieszaninę katalityczną (proces ten trwa ok. 30 min), w której temperatura oleju wzrasta z 540°C do 560°C wskutek reakcji estryfikacji. W czasie łączenia się obu związków wytrąca i oddziela się gliceryna oraz powstaje metyloester. Towarzyszy temu obniżenie lepkości i wzrost liczby cetanowej z 35 do ok. 53. Całość mieszaniny reakcyjnej jest wpompowywana do większego zbiornika. W celu lepszego wymieszania składników proces jest powtarzany i zajmuje kolejne ok. 30 min. Cały proces estryfikacji trwa ok. 2 h.

Po zakończeniu estryfikacji należy odczekać 1-2 doby, aby dokonał się proces sedymentacji (trwale rozwarstwienie powstałych związków na gęstą, oleistą glicerynę koloru ciemnobrązowego, która osiada na dnie zbiornika, oraz gotowy biodiesel znajdujący się nad frakcją glicerynową; zob. rys. 4). Brak zanieczyszczeń i prawidłowe rozwarstwienie tych substancji świadczy o właściwie przeprowadzonych procesach.



Rys. 4. Trwale rozwarstwienie związków na metyloester i glicerynę

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Parametry techniczne estryfikatora

Wydajność	300 l/cykl
Moc	12 kW
Wymiary gabarytowe (wys./szer./dł.) (w mm)	1800 × 710 × 1300
Materiał	stal kwasoodporna
Koszt estryfikatora	16 000 zł*

* 16 000 zł – koszt zakupu estryfikatora w badanym gospodarstwie.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Pojemnik estryfikatora na filtr sznurkowy

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Filtr sznurkowy polipropylenowy

Źródło: opracowanie własne.

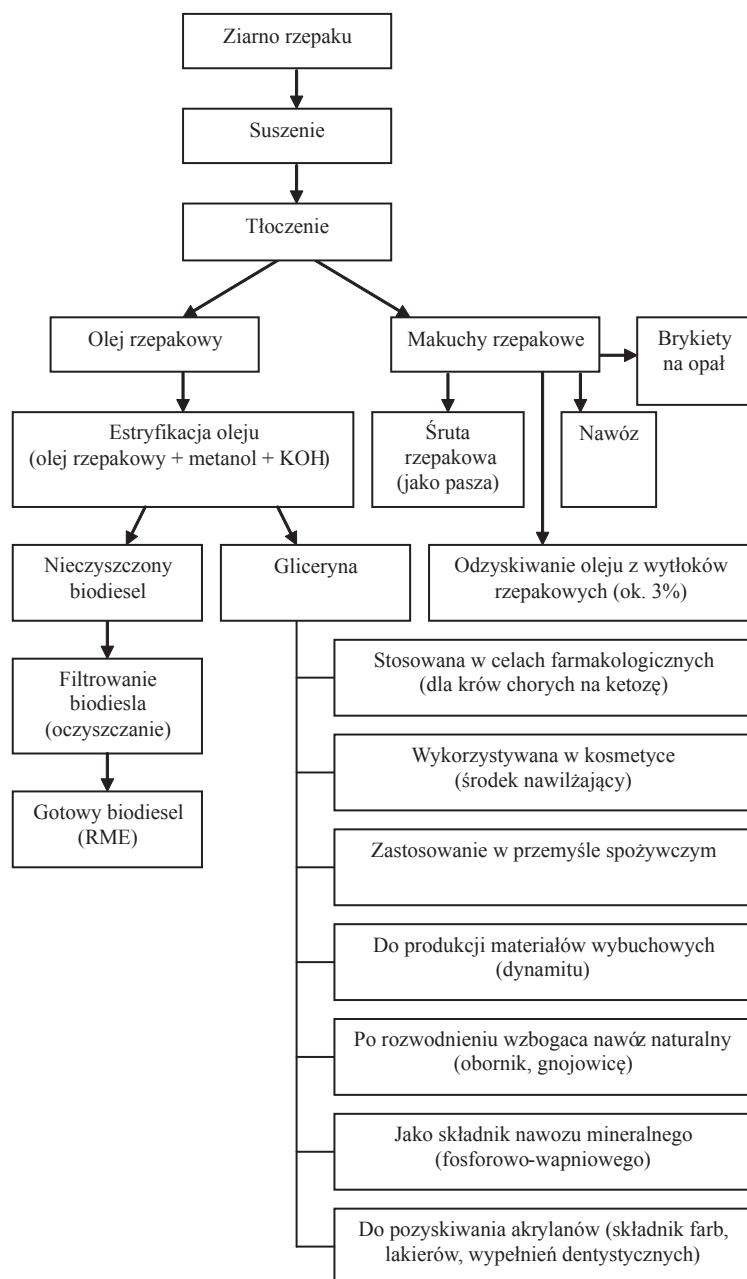
Kolejnym etapem jest spuszczenie powstałej gliceryny ($C_3H_5(OH)_3$). Do pojemnika filtru (rys. 5) zakłada się polipropylenowy filtr sznurkowy 5-20 mikronów (rys. 6), przez który wypompowuje się powstały biodiesel z estryfikatora do przygotowanych pojemników na paliwo (rys. 7). Suma objętości substratów (olej rzepakowy + metanol + KOH) przed reakcją jest ok. 12% większa od objętości oleju rzepakowego. Objętość wytrąconej gliceryny stanowiącej produkt uboczny reakcji wynosi 15% całości. Oznacza to, że ilość biodiesla uzyskanego w wyniku reakcji jest ok. 3% mniejsza od otrzymanej objętości oleju.



Rys. 7. Gotowy biodiesel (ester metylowy RME)

Źródło: opracowanie własne.

Schemat produkcji biodiesla z nasion rzepaku, ukazujący procesy wówczas zachodzące oraz ich zastosowanie, przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Schemat produkcji biodiesela (RME – Rapeseed Oil Methyl Ester) z nasion rzepaku

Źródło: opracowanie własne.

4. Koszt produkcji biodiesla w gospodarstwie rolnym

Na podstawie danych uzyskanych w badanym gospodarstwie zbiór rzepaku z 1 ha kształtuje się na poziomie 3 t. Proces produkcji biodiesla z wysuszonego ziarna (wilgotność ok. 10%) obejmuje następujące etapy i związane z tym koszty:

I Etap – tłoczenie

W wyniku procesu tłoczenia 1 t rzepaku w gospodarstwie rolnym można uzyskać:

- 350 kg czystego oleju => 380 l
 - 650 kg makuchów rzepakowych
- Koszt tłoczenia 1 t rzepaku na czysty olej wymaga:
- 50 kWh prądu, cena za 1 kWh = 0,4 zł¹
 - $50 \text{ kWh} \times 0,4 \text{ zł/kWh} = 20 \text{ zł}$ (z 1 t = 380 l)
 - $380 \text{ l} - 20 \text{ zł}; 300 \text{ l} - x$; koszt tłoczenia 300 l oleju rzepakowego to: $x = 15,79 \text{ zł}$

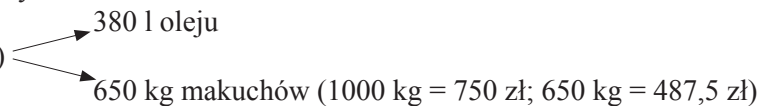
II Etap – estryfikacja

Koszt estryfikacji 300 l czystego oleju rzepakowego obejmuje:

- a) $10 \text{ kWh} \Rightarrow 10 \text{ kWh} \times 0,4 \text{ zł/kWh} = 4 \text{ zł}$
- b) zakup komponentów²:
 - metanol w ilości 12% (w stosunku do 300 l oleju),
 $300 \text{ l czystego oleju} \times 0,12 = 36 \text{ l metanolu}$
 $36 \text{ l} \times 2,15 \text{ zł/l} = 77,4 \text{ zł}$
 - KOH (wodorotlenek potasu) w ilości 0,6% (w stosunku do 300 l oleju),
 $300 \text{ l czystego oleju} \times 0,006 = 1,8 \text{ kg KOH}$
 $1,8 \text{ kg} \times 4,5 \text{ zł/kg} = 8,1 \text{ zł}$

III Koszt pozyskania 1 litra oleju z wykorzystaniem własnego surowca³:

- cena 1 t rzepaku w okresie żniw = 900 zł
- cena ze sprzedaży makuchów = 750 zł

1 t rzepaku (900 zł) 

- $900 \text{ zł} - 487,5 \text{ zł} = 412,5 \text{ zł}$ – koszt pozyskania 380 l oleju po sprzedaży makuchów
 - $380 \text{ l} - 412,5 \text{ zł}; 300 \text{ l} - x$
 $x = 325,65 \text{ zł}$ – koszt pozyskania 300 l oleju po sprzedaży makuchów
- Z 300 l oleju otrzymuje się ~ 97% biopaliwa, tj. 291 l.

¹ Koszt energii i ilość energii zużytej w gospodarstwie

² Koszt zakupu komponentów przez rolnika

³ Ceny produktów w badanym gospodarstwie

IV Koszt wyprodukowania 1 l biodiesla w gospodarstwie rolnym (I + II + III)

- 15,79 zł (I) + 4 zł (II) + 77,4 zł (II) + 8,1 zł (II) + 325,65 zł (III) = 430,94 zł
- 430,94 zł/291 l = 1,48 zł/l

5. Granica opłacalności produkcji biodiesla w gospodarstwie rolnym

I Koszt produkcji własnej biodiesla z uprawy rzepaku (2 ha) w stosunku do cen rynkowych (bez uwzględnienia wydatków związanych z uprawą rzepaku):

a) 3 t rzepaku z 1 ha w przeliczeniu na czysty olej daje 1140 l – po tłoczeniu (2 ha = 2280 l), natomiast po procesie estryfikacji ilość biodiesla zmniejsza się o 3%:
 $2280 \text{ l} \times 0,97 = 2211,6 \text{ l}$

$2211,6 \text{ l} \times 1,48 \text{ zł/l} = 3273,17 \text{ zł}$ (koszt wytworzenia biodiesla z 2 ha)

b) zakup ON na stacji benzynowej:

$2211,6 \text{ l} \times 4,19 \text{ zł/l} = 9266,6 \text{ zł}^4$

c) zysk z produkcji własnej biodiesla w porównaniu z zakupem paliwa na stacji benzynowej:

$9266,6 \text{ zł} - 3273,17 \text{ zł} = 5993,43 \text{ zł}$

II Koszt produkcji własnej biodiesla z uprawy rzepaku (2 ha) w stosunku do cen rynkowych (z uwzględnieniem wydatków związanych z uprawą rzepaku)

Koszt uprawy 1 ha rzepaku⁵:

a) materiał siewny: zakup nasion ok. 4-5 kg/ha

1000 kg = 900 zł

1 kg – x; $900 \text{ zł}/1000 \text{ kg} = 0,9 \text{ zł/kg}$; $5 \text{ kg/ha} \times 0,9 \text{ zł/kg} = 4,5 \text{ zł/ha}$

b) koszty finansowe związane z uprawą rzepaku:

Tabela 3. Przygotowanie ziemi pod uprawę rzepaku

Uprawa rzepaku*	Liczba godzin pracy ciągnika
Przedplon (np. mieszanki koniczyn z trawami jako pasza dla bydła, „rekompensująca” wydatki związane z wysiewem przedplonu)	–
Wapnowanie (ok. 3 t/ha = 300 zł) – stosować w przypadku zakwaszonej ziemi co 6 lat w rozbiu na 1 rok uprawy $300/6 = 50 \text{ zł}$	3 h/6 lat = 0,5 h
Talerzowanie (przed posianiem rzepaku)	1,5 h
Bronowanie	0,5 h
Obornik z gospodarstwa co 3 lata ok. 30 t/ha	12 h/3 lata = 4 h
Oprysk użyźniaczem doglebowym 1l/3 ha = 100 zł/l (33 zł/ha), co 3 lata na obornik: $33/3 = 11 \text{ zł}$	0,6 h/3 lata = 0,2 h
Orka siewna	2,5 h

⁴ 4,19 zł – cena ON na stacji Orlen; stan z dnia 17.03.2008 r.

⁵ koszt uprawy 1 ha rzepaku* – dane uzyskane od rolnika.

Nawóz – przed wysiewem rzepaku jesienią nawóz wieloskładnikowy Grantar R NPK (CaMgS) 3-9-19-(5-4-21), 1 t = 1020 zł, zatem: 120 kg/ha = 122,4 zł	0,8 h
Bronowanie	0,5 h
Wysiew rzepaku 4,5 zł	1,5 h
Wałowanie 1-2 dni po wysianiu	0,5 h
Nawóz – wiosną co roku na rosnący rzepak: mocznik granulowany 46%; 1 t = 1140 zł, zatem: 100 kg/ha (mocznika) = 114 zł	0,5 h
Opryski: Triflur 480 EC (1,25 l/ha) – cena 130 zł/5 l = 32,5 zł Galera 334 SL (0,25 l/ha) – cena 350 zł/l = 87,5 zł Talstar 100 EC (0,1l/ha) – cena 130 zł/0,5 l = 26 zł Pictor 400 SC (0,3 l/ha) – cena 302 zł/l = 90,6 zł	2 h
Zbiór jednofazowy – wczesnym latem kombajnem ciągnikowym	4 h
Razem $\Sigma = 538,5$ zł	Razem $\Sigma = 19$ h 19 h*6 l/h*** = 114 l 114 l*1,48 zł/l**** = = 168,72 zł

*uprawa rzepaku – własne maszyny i urządzenia; **6 l/h – średnie zużycia paliwa przez ciągnik w ciągu godziny; ***1,48 zł/l – koszt paliwa z produkcji własnej

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Inne koszty pośrednie

Nakład	Wartość
Opłaty rolne	100 zł
Amortyzacja maszyn i urządzeń	140 zł*
Razem $\Sigma = 240$ zł	

*140 zł – przeciętna utrata wartości środków eksploatowanych przez rolnika

Źródło: opracowanie własne.

Wydatki łącznie na 1 ha: $\Sigma = 538,5$ zł + 168,72 zł + 240 zł = 947,22 zł

Powierzchnia 2 ha: 947,22 zł \times 2 = 1894,44 zł

c) zysk z produkcji własnej biodiesla w porównaniu z zakupem paliwa na stacji benzynowej (z uwzględnieniem wydatków związanych z uprawą rzepaku): 5993,43 zł – 1894,44 zł = 4098,99 zł.

III Okres zwrotu kosztów z produkcji własnej biodiesla (2 ha) z uwzględnieniem wydatków na zakup maszyn do tłoczenia i estryfikacji: na podstawie dokonanych analiz dotyczących granicy opłacalności produkcji biodiesla w gospodarstwie rolnym na Podlasiu można zauważyć, że wydatki związane z zakupem maszyn

niezbędnych do tej produkcji (prasa do tłoczenia i estryfikator) przy 2-hektarowej uprawie rzepaku zwracają się po okresie 8,6 lat. Zatem:

- a) zakup maszyn: $19\ 200\ \text{zł} + 16\ 000\ \text{zł} = 35\ 200\ \text{zł}$,
- b) zwrot inwestycji: $35\ 200\ \text{zł} / 4098,99\ \text{zł} \approx 8,6\ \text{lat}$.

Zwrot poniesionych wydatków związanych z uprawą rzepaku znacznie by się skrócił (4 lata), jeśli powierzchnia upraw zwiększyłaby się do 4 ha. Roczny limit ustalony na 100 l na ha [*Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach...*, art. 21, pkt 2] zapewniłby zagospodarowanie ok. 44 ha areалу użytków rolnych przy zbiorze 3 t rzepaku z hektara. Także dopłaty do produkowanego biodiesla w wysokości 0,85 zł do każdego litra (takie, jakie otrzymują rolnicy zakupujący ropę na stacjach benzynowych), gwarancja zbytu i pozwolenie na sprzedaż biodiesla na rynek w dużej mierze przyczyniłyby się do zwiększenia zysków, a co za tym idzie – do wzrostu produkcji biodiesla w wielu gospodarstwach.

6. Zakończenie

Analiza produkcji biodiesla z rzepaku ozimego na własny użytek w jednym z gospodarstw rolnych na Podlasiu pozwala sformułować następujące wnioski:

Województwo podlaskie jest regionem rolniczym, w którym uprawia się głównie zboża (w tym żyto, owies, kukurydzę i rzepak), ziemniaki, hoduje bydło, prowadzi agroturystykę. W regionie tym szersze wprowadzenie do zmianowań rzepaku ozimego jest korzystne dla plonowania roślin zbożowych, gdyż oczyszcza je z chorób podsuszkowych i pozwala na ich głębsze zakorzenianie, przyczyniając się do lepszego znoszenia niedoboru opadów. Rzekpak w umiarkowanym stopniu potrzebuje nawożenia azotem, dlatego swobodnie można go nazwać rośliną ekologiczną, zapobiegającą skażeniu wód gruntowych przez wypłukane nawozy z pola zbożowego. Wzrost średniej temperatury, właściwie prowadzona agrotechnika, ponad 50% średniej klasy gleb w województwie podlaskim, a także ministerialne programy zakładające wzrost zasiewów rzepaku ponaddwukrotnie – mogą być zachętą do zwiększania areálu zasiewów rzepaku. Warunki te pozwalają uzyskiwać plon na poziomie 3t/ha (gleby: IVa, IVb), czego dowodem są plony w badanym gospodarstwie. Daje to wymierne zyski w produkcji biodiesla na własny użytek.

Ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw wspierają ulgi, zwolnienia akcyzowe, promocję stosowania biodiesla na własny użytek (po uzyskaniu wpisu do rejestru rolników) [*Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach...*; *Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania...*]. Obowiązujące przepisy pozwalają zużyć we własnym gospodarstwie 100 l/ha powierzchni użytków rolnych będących w posiadaniu rolnika. Należy podkreślić, że zakazują one sprzedaży biodiesla na rynek oraz blokują produkcję tańszego paliwa na własny użytek gospodarstwom o małej powierzchni użytkowej (zbiór rzepaku z 1 ha kształtuje się na poziomie 3 t, z któ-

rych można uzyskać 1105,8 l biodiesla; paliwo to musi zostać wykorzystane przy powierzchni ok. 11 ha gospodarstwa).

Rozwój mechanizmów wspierających odzyskiwanie energii z niekonwencjonalnych źródeł jest istotnym czynnikiem wpływającym na kształtowanie ekorozwoju. Celem jest poprawa szeroko rozumianej jakości życia, oparta na poszanowaniu zasobów naturalnych. Jedyną szansą na jednoczesny postęp cywilizacyjny i zachowanie walorów środowiska jest idea zrównoważonego rozwoju, która przy produkcji biodiesla nie skutkuje negatywnym oddziaływaniem na środowisko naturalne, lecz pozwala na integrację ekonomiczną i przyrodniczą w warunkach gospodarstwa rolnego. Wydaje to się szczególnie istotne w przypadku ekopaliwa, gdyż zarówno produkcja, jak i zastosowania tworzą specyficzny oraz niebywale cenny łańcuch ekologiczny.

Umożliwienie produkcji biodiesla gospodarstwom o małej powierzchni użytkowej może zapewnić produkcja na bazie grup producenckich. Jednak w praktyce utrudniają to ministerialne przepisy (zgromadzenie dokumentów, zgłaszanie produkcji do: sanepidu, straży pożarnej i KRUS-u, założenie składu podatkowego).

Proces produkcji estru metylowego jest efektywny ekonomicznie. Taki rodzaj produkcji może stanowić odpowiedź na pytanie, jak przetrwać w kryzysie; biodiesel może stać się odpowiednim zamiennikiem dla paliwa tradycyjnego. W świetle zrównoważonego rozwoju taka zmiana staje się nie tylko koniecznością, ale naturalną kolejną rzeczą. Dokonując tej oceny, należy rozpatrzyć: racjonalizację kosztów produkcji biodiesla, odzyskanie produktów ubocznych (tj. makuchy rzepakowe, gliceryna), działania obniżające straty związane z produkcją. Wysokość produkcji rzepaku ozimego oraz wyprodukowanego z niego biodiesla jest uzależniona od opłacalności produktów rolnych i cen rynku zbytu. Koszt produkcji gotowego estru metylowego (1,48 zł/l) w badanym gospodarstwie jest niższy od rosnących cen związanych z zakupem paliwa ON bezpośrednio na stacji benzynowej. Okres zwrotu kosztów z produkcji własnej biodiesla (z uwzględnieniem wydatków na uprawę rzepaku i zakupu maszyn do tłoczenia i estryfikacji) przy uprawie 2 ha wynosi 8,6 roku, natomiast zwiększenie uprawy rzepaku załedwie do 4 ha powoduje zwrot inwestycji po 4 latach.

W rolnictwie dużą rolę odgrywa nie tylko potencjał ludzki, lecz także lokalny rozwój terenów wiejskich, właściwa polityka rolna władz samorządowych i umiejętności w podejmowaniu trafnych decyzji gospodarczych oraz dostęp do informacji związanych z załatwianiem niezbędnych formalności, pomoc finansowa ze strony państwa, doradztwo techniczne dotyczące dostępnych technologii, oświata rolnicza, właściwy dobór technologii i urządzeń do potrzeb gospodarstwa, przedsiębiorczość i zarządzanie. Znajduje to odzwierciedlenie w aktywizacji terenów wiejskich, zwiększaniu produkcji rolnej w celach energetycznych, tworzeniu nowych miejsc pracy, w rozwoju drobnej przedsiębiorczości wiejskiej, we wzroście zainteresowania wytwarzaniem alternatywnych paliw silnikowych i zmniejszaniem szkodliwego wpływu emisji spalin do atmosfery.

Produkcja biopaliw poprawia bezpieczeństwo energetyczne nie tylko w poszczególnych regionach, ale i w całym kraju. Pozwala rolnikowi uniezależnić się od dyktatu wzrostu cen paliw oraz utrzymać stałe ceny swoich produktów. Biodiesel jako biopaliwo przyczynia się do zmniejszenia emisji szkodliwych substancji oraz obniża emisję gazów cieplarnianych do atmosfery. Ester metylowy może stać się powszechnie dostępny jako samodzielne paliwo lub biokomponent paliwowy na szerszą skalę w transporcie samochodowym, wodnym i kolejowym.

Pomimo kryzysu, różnych zawirowań związanych ze stanowieniem prawa oraz braku jasnej perspektywy powyższe przesłanki przemawiają za produkcją biopaliw na własny użytek – może ona stać się alternatywą dla wahających się cen ropy naftowej i przyczynić się do wzrostu bezpieczeństwa paliwowego. Niewątpliwie rozwój rynku biopaliw w dalszej perspektywie będzie uzależniony od zrównoważonej produkcji, poszukiwania innych roślin oleistych i wykorzystania niezagospodarowanych obszarów rolniczych.

Literatura

- Borys T., *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Warszawa–Białystok 2005.
- Dobrzański G., *Podstawy rozwoju trwałego i zrównoważonego*, CSDEM PB, Białystok 2005.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.*
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/30/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnoszącą się do specyfikacji benzyny i olejów napędowych oraz wprowadzającą mechanizm monitorowania i ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz zmieniającą dyrektywę Rady 1999/32/WE odnoszącą się do specyfikacji paliw wykorzystywanych przez statki żeglugi śródlądowej oraz uchylająca dyrektywę 93/12/EWG.*
- Экономика биотеха, Биотопливо в мире и в России*, дата публикации 11.04.2007, www.cbio.ru, dostęp: 8.08.2010.
- Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- Klimek J., *Rola zarządzania strategicznego w rozwoju przedsiębiorczości*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMASZ”, Warszawa 2006.
- Ligus M., *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii*, Wydawnictwa Fachowe, Warszawa 2010.
- Malik K., *Efektywność zrównoważonego i trwałego rozwoju w wymiarze lokalnym i regionalnym*, Instytut Śląski, Opole 2004.
- Merkisz J., Pielecha I., *Alternatywne napędy pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006.
- Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie rozwoju i promowania paliw alternatywnych w transporcie drogowym (2006/C195/20)*, DzU Unii Europejskiej 2006, nr C 195, poz. 20.
- Laboratorium z proekologicznych źródeł energii odnawialnej*, Politechnika Gdańska, Katedra Aparatu-

ry i Maszynoznawstwa Chemicznego, Gdańsk 2008.

Promotion of Biodiesel Production – Final Technical Report, UNIDO, Vienna, May 2006.

Rosiak E., *Rynek rzepaku*, „Rynek Rolny” 2008, nr 2.

Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych, DzU 2006, nr 169, poz. 1199 z późn. zm.

Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw, DzU 2006, nr 169, poz. 1200.

PRODUCTION OF BIODIESEL FUEL FOR INTERNAL USE IN AGRICULTURAL FARM AS A CHANCE FOR SURVIVAL DURING ECONOMIC CRISIS

Summary: Negative environmental effects of human economic activity become a source of the idea of sustainable development, in which appropriate relations in the system: economy – society – environment are maintained. The requirement of sustainability implies needs of new technology of fuel production, based on biological, renewable resources. Renewable energy sources naturally include the production of biodiesel oil from rapeseed. This article describes the production of biodiesel oil from rapeseed for personal use. The research was carried out on an arable farm in Podlasie. The break-even point of this production was determined after analyzing the costs of rapeseed cultivation, biodiesel oil production and accompanying processes. Legal regulations have great influence on the growing interest in the biodiesel market.

Keywords: sustainable development, production of Metyl ester from rapeseed oil, rapeseed.