

Biomasa

Biodiesel

Opracowanie :

prof. dr inż. Ryszard Tytko

Biodiesel

Pod względem chemicznym biodiesel to ester metylowy kwasów tłuszczowych. Powstaje on w wyniku reakcji chemicznej: olej roślinny (tłuszcz) + alkohol metylowy (w obecności katalizatora) = ester metylowy (RME) + gliceryna. Wartość energii

37 MJ/kg lub 33 MJ/l = 10 kWh/kg.

Biodiesel może być stosowany, jako paliwo do większości silników diesla. Może być mieszany lub używany samodzielnie.

Zasadniczym surowcem wyjściowym do produkcji biodiesla w Polsce są nasiona rzepaku. Jeśli chodzi o jakość surowca, to obowiązuje zasada: im czystszy surowiec, tym łatwiejszy i tańszy proces oczyszczania estrów. Produkcja biodiesla jest procesem dwuetapowym, łączącym znane technologie mechaniczne stosowane w przemyśle olejarskim z technologiami stosowanymi w przemyśle chemicznym.

W Polsce stosuje się trzy podstawowe technologie olejarskie, uzależnione od skali uzysku produktu finalnego.

a) Duże olejarnie przemysłowe, stosują technologię polegającą na wstępnym tłoczeniu oleju, przy pomocy pras ślimakowych z ziarna uprzednio poddanego kondycjonowaniu w prażalni. Technologia ta, pozwala na uzyskanie trzech produktów końcowych: oleju surowego, oleju poekstrakcyjnego oraz śruty poekstrakcyjnej. Śruta poekstrakcyjna ma zdecydowanie mniejszą przydatność paszową, ze względu na silnie denaturowane białko oraz zawiera resztki rozpuszczalnika.

b) Olejarnie małe, o zdolnościach przerobowych około 50 ton na dobę, stosują proces jedno- lub dwustopniowego tłoczenia na gorąco, oleju z nasion rzepaku. Przed przystąpieniem do procesu właściwego tłoczenia, nasiona są odpowiednio rozdrabniane oraz kondycjonowane. W efekcie otrzymuje się olej surowy, oraz wytłoki. Walory paszowe wytłoków są zdecydowanie większe, niż śruty poekstrakcyjnej (wyższa zawartość białka rozpuszczalnego, wyższa wartość energetyczna, brak resztek rozpuszczalnika).

c) Olejarnie bardzo małe, mające zdolności przerobowe 1÷15 ton na dobę, wykorzystują technologię końcowego tłoczenia na zimno, stosując proces jedno- lub dwustopniowy po uprzednim częściowym rozdrobnieniu nasion i podgrzaniu ich do temperatury nie wyższej niż 45°C.

Także w przypadku drugiego etapu produkcji biodiesla, skala produkcji znacząco determinuje stosowane technologie.

W zależności od skali produkcji wyróżniamy dwie technologie, otrzymania biodiesla:

a) technologia „zimna” (mała skala produkcji), w której proces otrzymywania biopaliwa prowadzony jest w temperaturze rzędu 20÷70°C, z użyciem katalizatorów alkalicznych. Olej rzepakowy tłoczony na zimno, ma mniejszą zawartość organicznych związków fosforu niż olej tłoczony na gorąco. Jednak wydajność oleju z pierwszego tłoczenia jest niska.

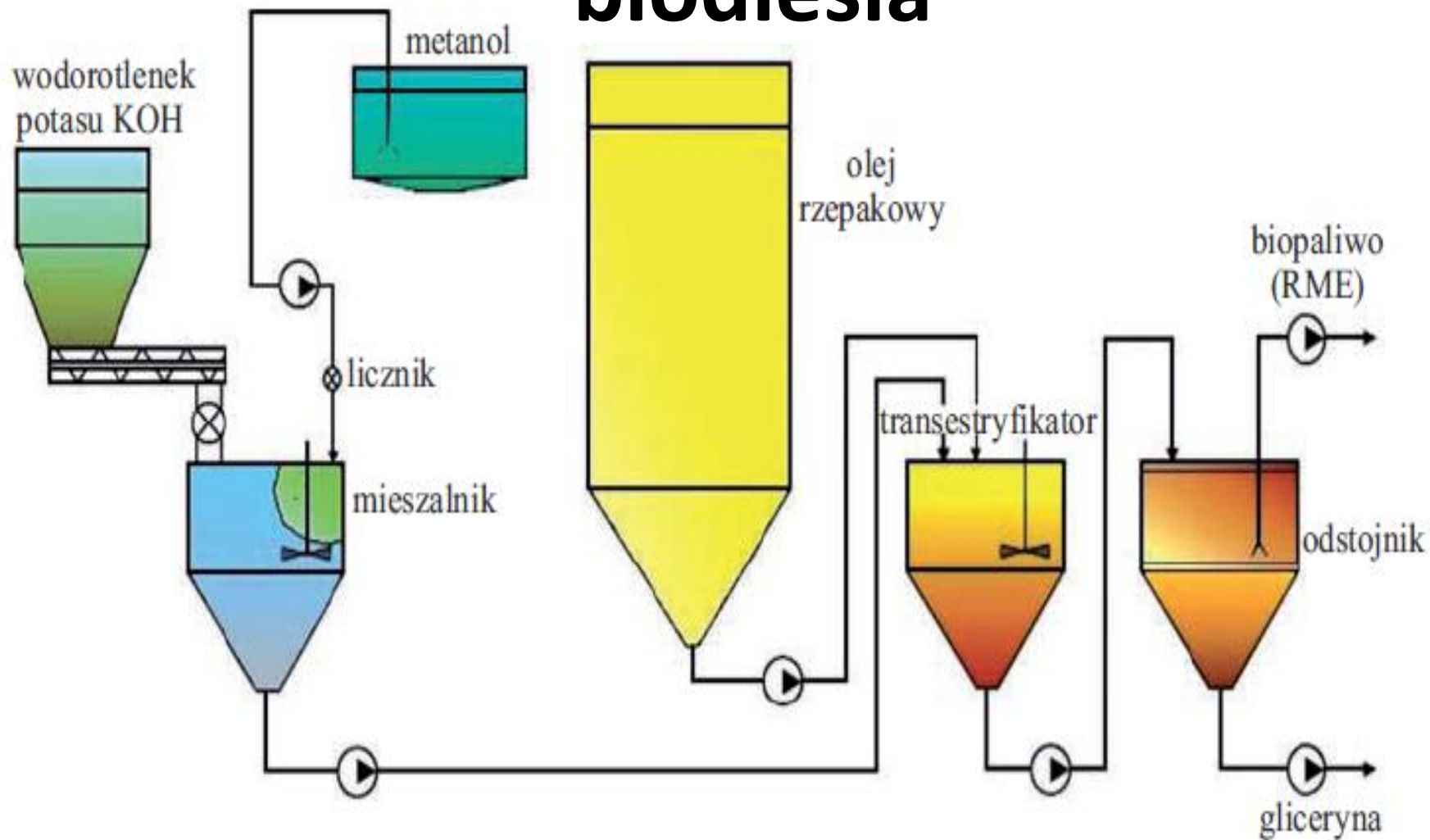
b) technologia „gorąca” (duża skala produkcji), która wymaga prowadzenia reakcji transestryfikacji w temperaturze 240°C i pod ciśnieniem 10 MPa. Taka technologia wymaga dostępu do źródła taniego ciepła, a także dużej ilości metanolu, który po jednym cyklu, może być ponownie kierowany do procesu. Olej z dwustopniowego tłoczenia, jeśli zawiera dużo fosforu, powinien zostać odszlamowany, przed skierowaniem do procesu transestryfikacji.

Opisane technologie warunkują rozwiązania organizacyjne procesu produkcyjnego. Proces uzyskiwania biopaliwa w technologii „na zimno”, może być realizowany w małych zakładach przetwórczych, produkujących do 500 ton biopaliwa rocznie. Technologia „gorąca” może być realizowana w większych, w tym w istniejących zakładach chemicznych (tłuszczowych). Za tym rozwiązaniem przemawia prawdopodobieństwo uzyskania niższego kosztu jednostkowego przerobu oleju rzepakowego na biopaliwo.

Dokładne przedstawienie procesu produkcji biodiesla w małej instalacji domowej wraz z analizą finansową w/w przedsięwzięcia zaczerpnięto z opracowania wykonanego przez Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu (zmieniając cenę komponentów).

Produkcja paliwa zwanego biodieslem oparta jest na oleju rzepakowym estryfikowanym alkoholem. Paliwo to zastępuje olej napędowy, albo go uszlachetnia, przez dodanie ok. 5% estrów oleju rzepakowego do konwencjonalnego oleju napędowego. Z jednej tony ziarna rzepakowego uzyskuje się ok. 350 kg surowego oleju oraz 650 kg wytlóków paszowych. Z uzyskanych 350 kg oleju, po dodaniu 55 litrów alkoholu metylowego i 10 kg wodorotlenku potasu (KOH), uzyskuje się ok. 340 kg paliwa, zwanego biodieslem (RME). Bilans energii dla biodiesla w uproszczonej formie można przedstawić następująco: z jednej kWh energii potrzebnej do wyprodukowania rzepaku i przetworzenia go w biodiesel, otrzymamy 3 kWh energii przetworzonej (elektrycznej, cieplnej, mechanicznej).

Schemat instalacji do produkcji biodiesla



Od kilkunastu lat w kilku ośrodkach naukowych, firmach w kraju, między innymi w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu (PIMR) prowadzone są prace nad zastosowaniem paliwa ekologicznego z rzepaku do silników ciągników rolniczych. Wyniki badań można streścić w następujący sposób. Wysokoprężne silniki ciągnikowe (Diesla), zasilane paliwem rzepakowym, nie wymagają jakichkolwiek przeróbek konstrukcyjnych. Paliwo rzepakowe, stanowi doskonały zamiennik oleju napędowego. Badania przeprowadzone w PIMR dla silników ciągników rolniczych, potwierdzają, że moc i moment obrotowy silnika praktycznie nie ulegają zmianie.

Korzystne właściwości paliwa rzepakowego, w porównaniu z olejem napędowym to przede wszystkim obniżenie emisji siarki i dwutlenku węgla oraz spadek zadymienia spalin. Paliwo to bardzo dobrze rozpuszcza się w oleju napędowym i może być z nim mieszane w dowolnych proporcjach. PIMR wykonał i przebadał mini wytwórnę do produkcji paliwa ciągnikowego z oleju rzepakowego. Mini wytwórnia jest przeznaczona do wytwarzania paliwa rzepakowego (biodiesla) w zakładach o charakterze usługowo-przetwórczym tzw. „*agrorafineriach*”. Urządzenia te adresowane są do wiejskich, indywidualnych producentów tego paliwa. Zaleca się, by instalacje te były lokalizowane w pobliżu lokalnych, rzemieślniczych tłoczni oleju rzepakowego, wytwarzających podstawowy surowiec do produkcji paliwa, tj. surowy olej rzepakowy.

Tab. 1. Porównanie parametrów technicznych

Wyszczególnienie	Olej napędowy	Biodiesel (diester)
Gęstość g/cm ³	0,92	0,88
Liczba cetanowa	48–50	54–56
Temp. zapłonu	60°C	168°C
Temp. blokady zimnego filtra	0 do –12°C	ok. –10°C
Lepkość przy 20°C	3,8	7,4
Wartość opałowa MJ/kg	42–45	37–39

Biodiesel jest bardziej ekologiczny w stosunku do ON (zawartość siarki tylko 18 mg/kg), jest odnawialny i nietoksyczny. Przypadkowo rozlany na glebę, ulega biodegradacji w ciągu 21 dni. W opracowanym przez PIMR urządzeniu, proces estryfikacji paliwa rzepakowego trwa ok. 30 minut, natomiast proces sedymentacji grawitacyjnej jest procesem długotrwałym wynoszącym ok. 16 godzin. Praktyczna wydajność wynosi jeden zbiornik na dobę (400 l). Dla celów przeróbki oleju rzepakowego na paliwo ciągnikowe w warunkach wiejskich, optymalne pod względem ekonomicznym, są rafinerie o pojemnościach 160÷400 litrów.

W 1998 r. Instytut opracował dokumentację konstrukcyjną wytwórni paliwa rzepakowego o wydajności 400 litrów na dobę. W celu wdrożenia wytwórni paliwa rzepakowego podpisano umowy wdrożeniowe z kilkoma podmiotami gospodarczymi, które produkują te urządzenia, dla indywidualnych nabywców. Koszt takiego urządzenia o wydajności 400 litrów paliwa na dobę, produkowanego w małych seriach, nie powinien przekraczać 45 tys. zł (rok 2011).

Wytwórnia wraz z tłoczną może być zainstalowana w zaadaptowanym przez użytkownika pomieszczeniu o powierzchni ok. 25 m² i wysokości 3,5 m. Niezbędne jest odprowadzanie par ze zbiorników wytwórni, za pomocą przewodów rurowych oraz wentylacja ogólna pomieszczenia. Instalacje: wentylacyjna i elektryczna, muszą odpowiadać warunkom ustalonym ze względu na niebezpieczeństwo pożaru lub wybuchu. Oprócz tego producent musi posiadać zezwolenie z właściwego „Sanepidu na zakup i przechowywanie metanolu, który jest jednym z podstawowych surowców, niezbędnych przy reestryfikacji oleju rzepakowego.

Konkurencyjność cenową paliwa rzepakowego w małych instalacjach, można osiągnąć tam, gdzie produkty uboczne będą wykorzystane na terenie gospodarstwa rolnego i zostaną zminimalizowane koszty transportu surowców.

Najistotniejszą pozycję w kosztach produkcji biodiesla stanowi cena nasion rzepaku (ok. 65%). W roku 2013 ceny rzepaku oscylowały w granicach 2000 zł/tonę.

Inne koszty przedstawiają się następująco:

- cena metanolu technicznego tj. ok. 1500 zł/tonę, czyli 1,5 zł za 1 litr;**
- cena katalizatora kształtuje się na poziomie ok. 3,5 zł/kg.**

Dodatkowe dochody przy produkcji biodiesla to:

- wycłoki rzepakowe ok. 550 zł/tonę;**
- gliceryna ok. 1000 zł/m³ .**

Koszty finansowe i amortyzacja:

- koszt zakupu wytwórni paliwa „W-400” ok. 35 000 zł;**
 - prasa do wyciskania oleju ok. 30 000 zł;**
- zbiorniki oleju i zbiorniki-rozdzielacze faz ok. 10 000 zł;**
- adaptacja pomieszczeń (system wentylacyjny, magazyn trucizn, itp.) =
30 000 zł.**

Razem koszty finansowe ok. 105 000 zł.

**Wpływ kosztów finansowych i
amortyzacji na cenę paliwa (okres
amortyzacji 10 lat):**

$$\frac{105\,000 \text{ [zł]}}{10 \text{ [lat]} \cdot 84\,500 \text{ [l/rok]}} \cong 0,13 \text{ [zł/l]}$$

Na podstawie powyższych danych obliczono koszt netto, wyprodukowania jednego litra paliwa rzepakowego w wytwórni o wydajności 400 litrów na dobę.

Przyjmując, że do procesu należy w skali roku dostarczyć:

- 300 ton rzepaku;**
- 13,1 m³ metanolu;**
- 1521 kg katalizatora;**

oraz, że w wyniku procesu technologicznego powstanie:

- 84 500 litrów paliwa rzepakowego;**
- 230 ton wytlóków na cele paszowe;**
- 29,8 m³ gliceryny nieoczyszczonej.**

.Tab. 2. Wydatki i przychody przy produkcji biopaliwa

Koszty produkcji			Wpływy ze sprzedaży produktów		
Ziarno	$300 \text{ t} \cdot 2000 \text{ zł/t}$	= 600 000 zł	Wytłoki	$230 \text{ t} \cdot 550 \text{ zł/t}$	= 126 500 zł
Wyciśnięcie oleju	$300 \text{ t} \cdot 200 \text{ zł/t}$	= 60 000 zł	Gliceryna	$29,8 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ zł/t}$	= 29 800 zł
Metanol	$13100 \text{ dm}^3 \cdot 1,5 \text{ zł/litr}$	= 19 650 zł			
Katalizator	$1521 \text{ kg} \cdot 3,5 \text{ zł/kg}$	= 5324 zł			
	Suma	= 684 974 zł		Suma	= 156 300 zł

Cena produkcji 1 litra paliwa rzepakowego wyniesie:

$$\frac{684\,974 \text{ [zł]} - 156\,300 \text{ [zł]}}{84\,500 \text{ [l/rok]}} + 0,13 \text{ [zł/l]} \cong 6,09 \text{ [zł/l]}$$

Na podstawie powyższych obliczeń można wysnuć jeden wniosek.

Cena rzepaku w roku 2013 była tak wysoka, że produkcja biopaliw w małych instalacjach, bez dofinansowania i zwolnień z obciążeń fiskalnych, jest nieopłacalna.

Badania w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu (PIMR) prowadzone były pod koniec lat dziewięćdziesiątych, od tego czasu, ceny rzepaku, urządzeń, przepisów dotyczących produkcji biodiesla w małych instalacjach, zmieniły się na tyle, że produkcja biodiesla w tego typu instalacjach stała się nieopłacalna.

Prof. dr hab. inż. Józef Szlachta z Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej we Wrocławiu, dokonał analizy opłacalności produkcji biopaliwa w agorafinerii „Jawrol” w Sokolej. Wyniki badań, dotyczące rachunku ekonomicznego, przy produkcji biopaliwa rzepakowego, dla różnych wariantów produkcji, są zbieżne z przedstawionymi powyżej:

- opłacalność produkcji biopaliwa w Polsce, zależy od poziomu cen nasion rzepaku, który stanowi ok. 63÷65% kosztów ogółem oraz od cen zbytu produktów ubocznych, jak makuchy, gliceryna;**
- produkcja biopaliw w agorafineriach z przeznaczeniem na cele własne i lokalne, może być przedsięwzięciem opłacalnym, pod warunkiem zwolnienia jej z dodatkowych obciążeń fiskalnych, dofinansowania jej z funduszy UE i niższej cenie rzepaku.**

Mała instalacja do produkcji biopaliwa



Istnieje konieczność, aby przy wykonywaniu bilansu brać również pod uwagę: zapisy zawarte w aktach prawnych, dotyczących promocji biopaliw (preferencje: w podatku, akcyzie, kredytach, dofinansowaniu), aktualną cenę: urzędzeń, rzepaku, komponentów, itd. Jednak 2 tys. zł za tonę rzepaku jest ceną zaporową.

Doświadczenia własne oraz naszych zachodnich sąsiadów pokazują, że dzięki produkcji biopaliwa, poprawił się bilans energetyczny i handlowy państwa, a także zwiększyło się zatrudnienie oraz spadły ceny używanej na pasze śruty. Produkcja taka jest o tyle cenna, że jest bezodpadowa. Makuchy rzepakowe można np. wykorzystywać na pasze. Słoma rzepakowa świetnie nadaje się na kompost lub jako składnik peletów. Powstająca przy produkcji gliceryna ma czystość 95%, a więc może być wykorzystywana w przemyśle kosmetycznym.

Również przepracowane oleje roślinne z przemysłu spożywczego można używać do produkcji biopaliw.

Dzięki biododatkom w paliwach, chronimy też środowisko, bo zmniejsza się emisja szkodliwych gazów do atmosfery.

Największe koncerny na świecie zajmujące się produkcją maszyn rolniczych i silników wysokoprężnych wyraziły opinię, że nie widzą przeciwwskazań do stosowania w ich produktach, biopaliwa z rzepaku. W procesie spalania biopaliwo, nie emituje związków siarki i poprawia właściwości smarne.

Inwestycja w biopaliwa długofalowo może przynosić zyski zarówno rolnikom, gminom jak i środowisku. Niestety biopaliwa nie przynoszą zadowalających zysków firmom petrochemicznym, które muszą go dodawać do oleju napędowego.[21]

Powierzchnia plantacji rzepaku w roku 2013 wyniosła ok. 932 tys. hektarów i zebrano ok. 1,9–2,0 mln ton ziarna.[206] Na cele energetyczne przeznaczono ok. 1,7 mln ton ziarna.

Średnia cena rzepaku energetycznego w roku 2013 wyniosła ok. 2000 zł/t.[206]

Według doradców z Małopolskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Karniowicach problemem, z którym borykają się rolnicy, zamierzający uruchomić instalacje do produkcji biodiesla, jest duża ilość wymogów formalno-prawnych.[121]

W roku 2012 produkcja estrów rzepakowych w naszym kraju wyniosła ok. 570 tys. ton.[

W Polsce z rzepaku od roku 2014, duże firmy, rocznie produkować będą ok. 500 tysięcy ton biopaliwa B100 – czyste estry (zamiennik dla tradycyjnego oleju napędowego), B10, B20 (10%, 20% udziału biodiesla i odpowiednio 90%, 80% oleju napędowego w paliwie)



Rys. 465. Widok hali produkcyjnej biodiesla

W dniu 25 sierpnia 2006 roku Sejm RP przyjął ustawę o biokomponentach i bio-paliwach ciekłych, a Rząd wydał stosowne rozporządzenia (m.in. dotyczące zerowej stawki akcyzy na biodiesel). Działania te spowodowały, że od roku 2007 uruchomiono kilka przemysłowych instalacji produkujących biodiesel (np. Trzebinia, Ester Oils, Lotos Biopaliwa). Spodziewany jest dalszy rozwój tej gałęzi przemysłu.

Biopaliwa w Unii Europejskiej stosowane są z dużym powodzeniem od wielu lat. Obok Niemiec i Włoch, największym potentatem w ich produkcji jest Francja, która ma cztery duże fabryki przetwarzające rzepak na biopaliwo. Szacuje się, że Francuzi rocznie produkują ok. 700 tys. ton RME, dodatku do oleju napędowego.

Testowanie paliwa rzepakowego przeprowadza również Polskie Wojsko. Na podwrocławskim poligonie jeżdżą czołgi i wozy bojowe napędzane ekologicznym paliwem. Próby na czołgu T-72 i Bojowym Wozie Piechoty-1 (BWP-1) wypadają pomyślnie. Wojskowi mają plan systematycznego korzystania z oleju. Naukowcy wojskowi potwierdzają zalety oleju rzepakowego: jest ekologiczny, nie zanieczyszcza powietrza dwutlenkiem węgla, ulega biodegradacji po 2 tygodniach, silniki zużywają go oszczędniej niż inne paliwo, jest tańszy. Nad udoskonaleniem parametrów technicznych biodiesla trwają prace badawcze. Ważne jest jednak to, że paliwo kolejne próby przeszło pomyślnie.

Należy stwierdzić, że na polskim rynku biopaliw transportowych, obserwuje się ogromne ożywienie ze strony producentów, inwestorów, władz terytorialnych i centralnych. Stopniowo wzrasta krajowe wykorzystanie biopaliw, głównie bio- diesla. Kilka dużych grup kapitałowych, realizuje lub planuje inwestycje biopali- wowe, kilkudziesięciu mniejszych inwestorów lokalnych, rozważa również moż- liwość podjęcia produkcji biodiesla. Praktycznie każdy region posiadający zasoby produkcyjne (rolnicze, techniczno- technologiczne, kapitałowe), myśli o podjęciu produkcji biopaliw, albo ma opracowane założenia strategiczne w tym zakresie.

Obecnie Unia Europejska wspiera lokalną przedsiębiorczość w zakresie biopaliw transportowych, licznymi projektami badawczymi, wdrożeniowymi oraz informacyjno-promocyjnymi, realizowanymi także w Polsce, np. w Instytucie Paliw i Energii Odnawialnych.

**W Instytucie Lotnictwa w Warszawie
prowadzone są prace naukowo-badawcze nad
wytwarzaniem biodiesla II generacji o nazwie
roboczej BTL.[121]**

**Jednak ze względu na brak żywności na świecie,
coraz głośniej w mediach, mówi się o
ograniczeniu produkcji biodiesla z roślin
oleistych.**

**Niektóre właściwości olejów roślinnych
odbiegają jednak wartościami od właściwości
naftowych olejów napędowych.**

Niektóre z nich, różnią się na tyle poważnie, że uniemożliwiają stosowanie olejów roślinnych do standardowych silników o zapłonie samoczynnym Diesla, zwłaszcza w niskich temperaturach.

Lepkość oleju roślinnego badana w temperaturze 20°C jest ok. 15–20 razy większa, od lepkości oleju napędowego. Gęstość oleju roślinnego jest o ok. 10% większa, od gęstości oleju napędowego. Duża lepkość i napięcie powierzchniowe, są przyczyną gorszego rozpylania paliwa (olej rzepakowy ma większą do 4 razy średnicę kropeł w porównaniu do oleju napędowego). Duże krople powodują, że rośnie zaśnięg rozpylonej strugi, więc część kropeł, może nie ulegać spaleniui, osadzać się na ściankach cylindra i przenikać do oleju smarowego.

W temperaturze poniżej -10°C stosowanie oleju rzepakowego, jako paliwa jest niemożliwe, gdyż jego konsystencja staje się podobna do margaryny. W przeciwieństwie do oleju napędowego, gdzie na filtrze paliwa krystalizują węglowodory parafinowe, w oleju rzepakowym w niskich temperaturach wydzielają się kryształy, estrów nasyconych kwasów tłuszczowych. Oleje roślinne zawierają więcej wody niż oleje naftowe, krystalizująca woda, przyspiesza zablokowanie filtra paliwa.

Oleje roślinne, znacznie różnią się lotnością, od oleju napędowego. Blisko 80% objętości oleju rzepakowego, destyluje powyżej 250°C, przy różnicy temperatur wynoszącej 30–50°C, podczas gdy olej napędowy, destyluje z różnicą temperatur 150–180°C. Zawartość fosforu w oleju roślinnym, zależy głównie od zastosowanej technologii pozyskiwania oleju z nasion oraz jego oczyszczania. Jego obecność (fosforu), może mieć wpływ na procesy wytwarzania osadów w komorze spalania. Wysoka średnia temperatura wrzenia, oleju rzepakowego, wpływa na przebieg procesu odparowania i spalania w silniku.

Użytkownicy samochodów z silnikami diesla, zwracają również uwagę na nie- korzystne oddziaływanie tego paliwa na gumowe węże, przewody paliwowe. Zanie- czyszczenia z baku są wyplukiwane przez biodiesel i osadzają się w filtrach pali- wowych. Biodiesel blokuje również zimny filtr paliwa, w temperaturze wyższej niż dzieje się to, w przypadku oleju napędowego.