

WPŁYW SKŁADU MIESZANEK BIOPALIW Z PALIWAMI KONWENCJONALNYMI NA EMISJĘ TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN

INFLUENCE OF THE BLEND COMPOSITION OF THE BIOFUEL AND THE CONVENTIONAL FUEL ON EXHAUST EMISSIONS

W referacie przedstawiono powody, dla których w najbliższej przyszłości zwiększać się będzie zainteresowanie biopaliwami. Sformulowano opinię, że w chwili obecnej jedynymi biopaliwami, które mogą w szerszy sposób zaistnieć na rynku są etanol i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Porównano emisję toksycznych składników spalin przez silniki spalinowe zasilane paliwami ropopochodnymi oraz mieszaninami biopaliw z paliwami konwencjonalnymi o różnych proporcjach składników. Wyrażono opinię o wyraźnej redukcji emisji toksycznych składników spalin ze wzrostem udziału w paliwie biokomponentu.

Słowa kluczowe: paliwa silnikowe, biopaliwa, spaliny, emisja substancji toksycznych

The use of biofuels is justified by the common agricultural policy decisions, by the need to improve environment protection and by the search of alternative fossil energy sources. In such a context, the methyl esters of vegetable oils, known as biodiesel and ethyl alcohol are receiving increasing attention as alternative fuels for automotive engines. This paper presents ecological properties of mentioned biofuels in relation to conventional fuels. The main advantages of biodiesel and ethyl alcohol are that these fuels are nontoxic, biodegradable, and renewable with the potential to reduce engine exhaust emissions, especially with regard to greenhouse gases emission. The fact that these biofuels are available in large quantities is of great importance as well.

Keywords: fuels, biofuels blends, exhaust emissions

1. Wprowadzenie

Pierwsze na świecie silniki spalinowe zasilane były gazem świetlnym (np. Etienne Lenoir 1860, Nicolaus Otto 1876), a więc paliwem zaliczanym obecnie do alternatywnych. Opanowanie w następnych latach technologii wydobywania i przeróbki ropy naftowej oraz jej znaczne zasoby i niska cena spowodowały, że wkrótce praktycznie zaprzestano używania paliw innych niż ropopochodne. Zainteresowanie paliwami alternatywnymi powróciło w latach 70-tych w dobie kryzysu energetycznego. W ostatnim dziesięcioleciu uległo ono znacznemu nasileniu wobec dalszego wzrostu cen paliw konwencjonalnych, doniesień na temat zmniejszających się zasobów ropy naftowej oraz drastycznego ograniczenia limitów emisji substancji szkodliwych, wymuszonego zanieczyszczeniem środowiska i globalnym ociepleniem klimatu. Obecny wzrost zain-

teresowania paliwami alternatywnymi, a dokładnie biopaliwami wynika również z przesłanek gospodarczych i politycznych. Produkcja biopaliw zmniejsza bowiem uzależnienie kraju od importowanej ropy naftowej, a ponadto stwarza możliwość zagospodarowania nadwyżek plonów oraz terenów odłogowanych i skażonych, a co za tym idzie umożliwia tworzenie nowych miejsc pracy.

Jako paliwa do silników spalinowych rozważanych jest szereg substancji pochodzenia mineralnego, roślinnego i syntetycznego, jak również ich mieszaniny. Realną alternatywę dla paliw ropopochodnych stanowią jednak tylko te, które:

- występują w dostatecznie dużych ilościach,
- cechują się technicznymi i energetycznymi właściwościami determinującymi ich przydatność do zasilania silników trakcyjnych,

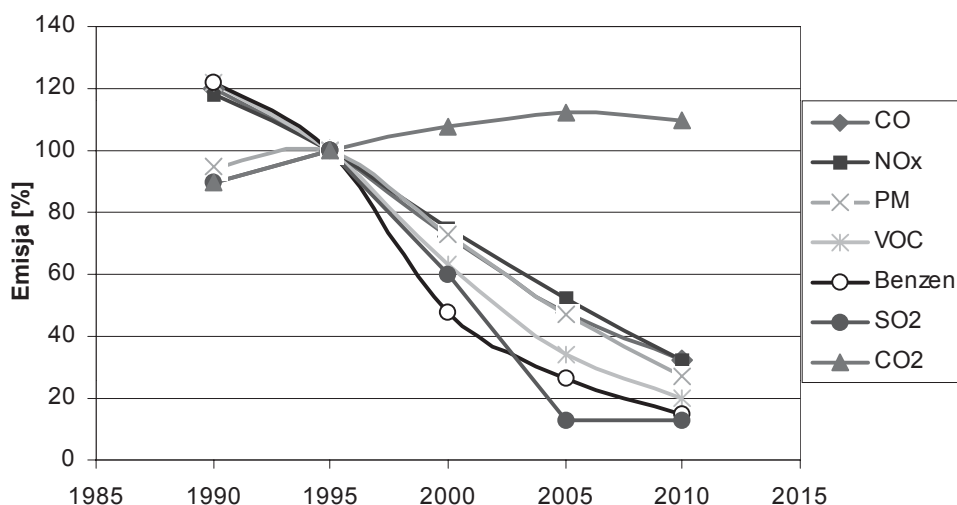
- są tanie w produkcji i dystrybucji,
- stanowią mniejsze zagrożenie dla środowiska naturalnego niż paliwa konwencjonalne,
- zapewniają możliwe do przyjęcia wskaźniki ekonomiczne silników i bezpieczeństwo ich użytkowania.

Spośród paliw pochodzenia roślinnego w największym stopniu wymagania te spełniają: etanol – jako paliwo dla silników o zapłonie iskrowym (ZI) i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych – jako paliwo dla silników o zapłonie samoczynnym (ZS). Tylko te biopaliwa stanowią w chwili obecnej realną alternatywę dla paliw konwencjonalnych.

uprawne CO₂. Zaletą etanolu jest również niewielkie i dobrze poznane toksyczne działanie na organizm człowieka.

Etanol używany jest przede wszystkim w mieszaninie z benzyną jako paliwo do silników ZI. Przy seryjnym silniku dodatek etanolu nie wymagający regulacji silnika wynosi kilka procent, ale produkowane są już pojazdy mogące być zasilane mieszanką etanol-benzyna o szerokim zakresie zmian poszczególnych komponentów (wyposażone w czujnik składu paliwa).

Przy zastosowaniu mieszanek benzynowo-etanolowych uzyskuje się zmniejszenie emisji produktów niepełnego spalania, przede wszystkim CO (rys. 2),



Rys. 1. Przewidywana emisja substancji toksycznych z transportu w UE; 100% = rok 1995 [7]

Fig. 1. Expected transport emissions in European Union; 100% = year 1995

Przewidywania w zakresie emisji ze środków transportu w Unii Europejskiej (rys. 1) wskazują, że do roku 2010 emisja podstawowych szkodliwych składników spalin zostanie zredukowana do około 1/3 poziomu z roku 1995. Wyjątkiem tutaj jest CO₂, którego emisja nadal wzrasta i obecnie jest o około 10% większa niż w roku 1995. Optymistyczne prognozy przewidują, że w latach 2005 – 2010 powstrzymany zostanie wzrost emisji CO₂. Bardzo pomocne w tym dążeniu będą biopaliwa pozwalające na chociażby częściowe zamknięcie obiegu CO₂, w czym przejawia się ich ogromna przewaga nad paliwami konwencjonalnymi, czy innymi paliwami alternatywnymi.

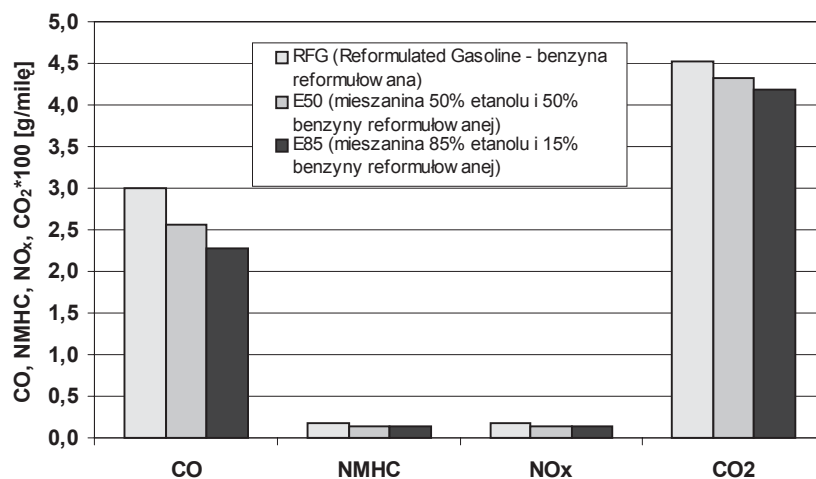
2. Alkohol etylowy

Alkohol etylowy (etanol) produkowany jest na skalę przemysłową z etylenu, metanolu lub przez fermentację biomasy, przy czym ostatni sposób jest najkorzystniejszy, ze względu na wiązanie przez rośliny

bez wzrostu emisji NO_x. Wyraźne jest również rosnące wraz z udziałem alkoholu w paliwie zmniejszenie emisji CO₂, mimo mniejszej niż benzyny wartości opałowej etanolu [3]. Bardzo cenną cechą dodatku etanolu jest proporcjonalne do jego udziału w paliwie zmniejszenie emisji benzenu (rys. 3) i podobne zmniejszenie emisji 1,3-butadienu. Niekorzystnym następstwem jest natomiast bardzo znaczny wzrost emisji acetaldehydu. Istnieją również doniesienia o mniejszych niż przy czystej benzynie rozmiarach tworzonych w procesie spalania cząstek stałych (cząstki bardziej szkodliwe) [2].

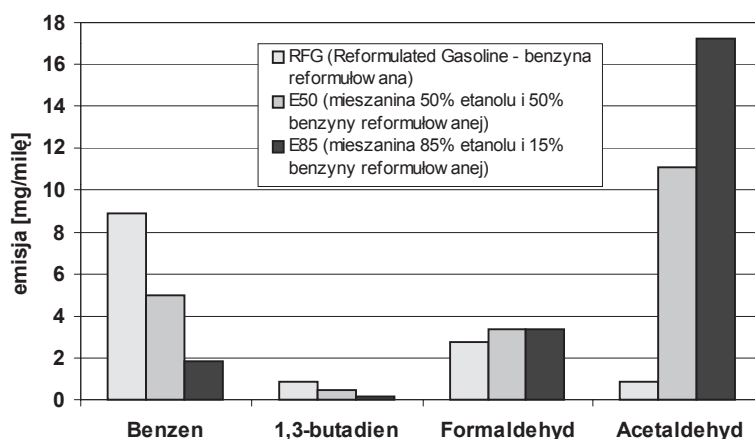
3. Estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych

Próby bezpośredniego zastąpienia oleju napędowego olejem roślinnym w standartowych silnikach ZS nie dają w pełni pozytywnych rezultatów, m.in. ze względu na szybkie tworzenie się nagaru na powierzchni tłoków, pierścieni tłokowych i wtryskiwa-



Rys. 2. Emisja toksycznych składników spalin i CO₂ w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4]

Fig. 2. Exhaust emissions from Chevrolet Lumina as a function of fuel ethanol content during FTP-75 test



Rys. 3. Emisja nielimitowanych toksycznych składników spalin w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4]

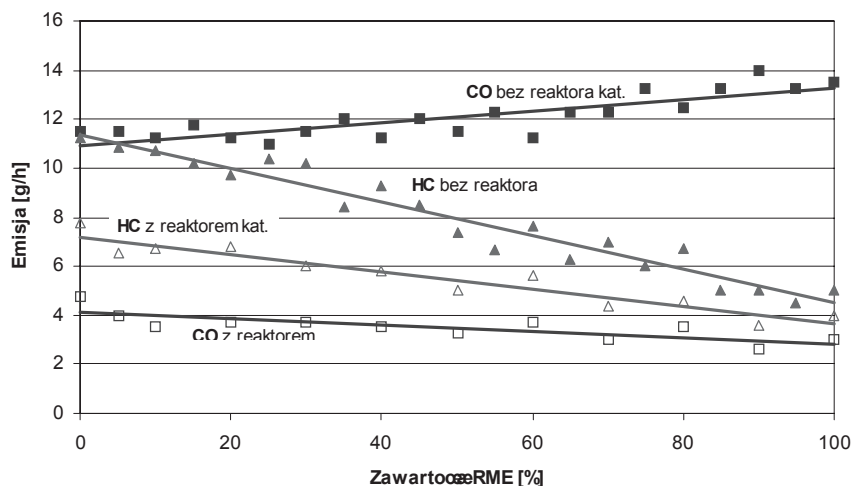
Fig. 3. Non-regulated exhaust emissions from Chevrolet Lumina as a function of fuel ethanol content during FTP-75 test

czy oraz wysoką lepkość, ograniczającą stosowanie olejów roślinnych do temperatury około 10°C lub wymagającą stosowania wstępnego podgrzewania paliwa. Znacznie korzystniej jako paliwo silnikowe prezentują się estry metylowe i etylowe kwasów tłuszczowych olejów roślinnych, które posiadają właściwości bardzo zbliżone do oleju napędowego, a pod niektórymi względami nawet go przewyższają [5].

Dodatek do oleju napędowego RME (Rapsed Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego) lub SME (Soybean Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego) jest dla silników ZS skutecznym sposobem redukcji emisji HC, emisja ta zmniejsza się w przybliżeniu liniowo ze wzrostem zawartości biokomponentu (rys. 4). Zmniejszenie emisji HC jest szczególnie silne

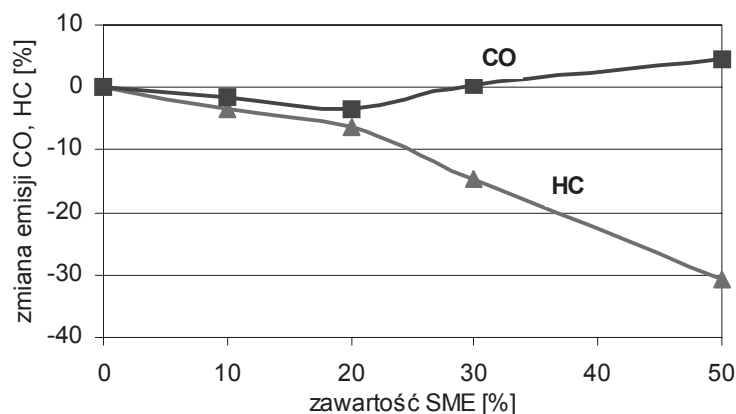
dla silnika bez reaktora katalitycznego, w tym przypadku jednak może pojawić się również negatywny skutek dodatku estrów, w postaci niewielkiego wzrostu emisji CO (rys. 4 i 5). Gdy w układzie wylotowym silnika znajduje się utleniający reaktor katalityczny, emisja zarówno HC, jak i CO zmniejsza się w miarę wzrostu zawartości biokomponentu. Świadczy to o bardzo dobrej współpracy reaktora z tym paliwem, co w dużym stopniu jest wynikiem znikomej zawartości siarki.

We współczesnych silnikach ZS, stosując utleniający reaktor katalityczny, w stosunkowo łatwy sposób uzyskuje się ograniczenie emisji CO i HC. Problemem, który nie został wciąż wystarczająco skutecznie rozwiązany jest emisja NO_x i PM. Dodatek do oleju napędowego około 20-30% RME lub SME (Soybean Me-



Rys. 4. Emisja CO i HC przez silnik Farymann 18D (ZS) w 5-fazowym teście rolniczym w funkcji zawartości RME w mieszaninie z olejem napędowym i w zależności od zastosowania utleniającego reaktora katalitycznego [8]

Fig. 4. Emissions of CO and HC from Farymann 18D engine with as well as without oxidation catalytic converter for different blends of RME and diesel fuel during 5-mode agricultural test



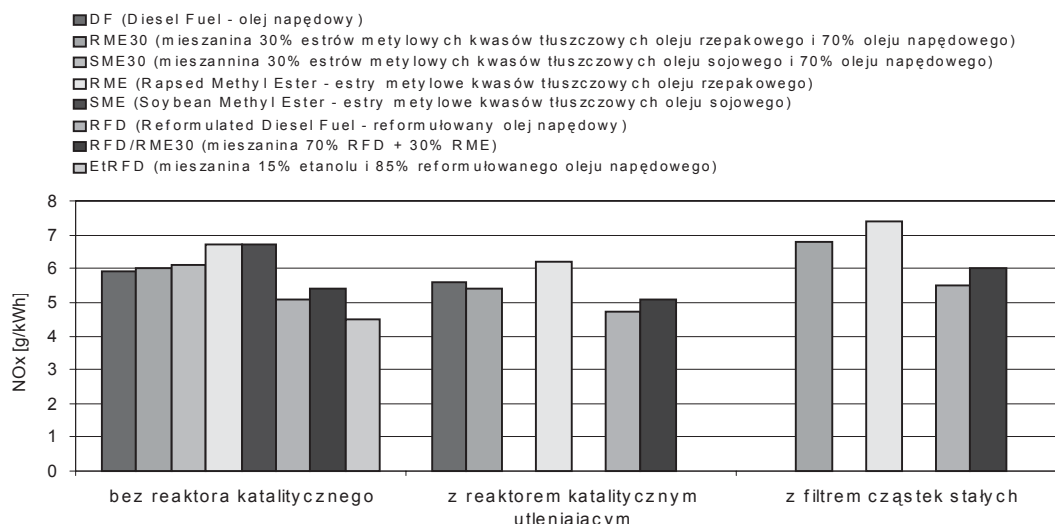
Rys. 5. Względna zmiana emisji CO i HC przez silnik ZS DI w japońskim teście 13-fazowym w funkcji zawartości SME w mieszaninie z olejem napędowym [1]

Fig. 5. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on CO and HC emissions from DI diesel engine during Japanese 13-mode test

thyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego) w zasadzie nie wpływa na poziom emisji NO_x , jednak stosując te paliwa w większych stężeniach lub czystej postaci można spodziewać się wzrostu NO_x o kilka – kilkanaście procent (rys. 6 i 8). Wzrostowi emisji NO_x można w pewnym stopniu zapobiegać przez dodatek do paliwa alkoholu etylowego.

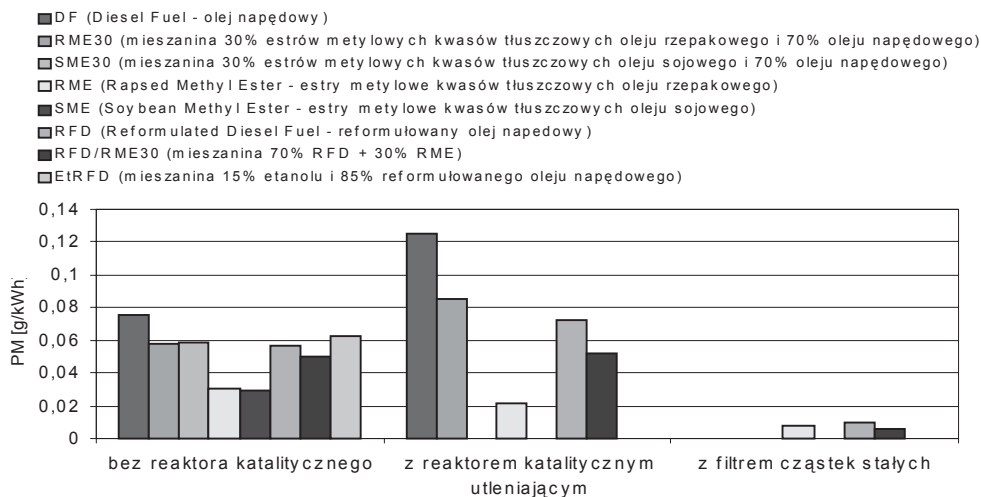
Dodatek RME lub SME powoduje również wyraźną redukcję emisji cząstek stałych (rys. 7 i 8). Zmniejszenie emisji PM wzrasta wraz ze wzrostem zawartości estrów w paliwie i występuje zarówno dla silników bez, jak i z reaktorami katalitycznymi. Cząstki stałe uważane są za najbardziej niebezpieczny składnik spalin silnikowych, o bardzo szerokim działaniu szkodliwym – m. in. działanie toksyczne, kancerogenne, mutagenne. Dodatkowo, ograniczenie ich emisji przez

pojazd jest kłopotliwe i wymaga stosowania drogich filtrów cząstek stałych. Dlatego, znaczące, a według [6] nawet kilkukrotne zmniejszenie emisji PM przy zastosowaniu estrów kwasów tłuszczowych olejów roślinnych jako paliwa dla silników ZS, należy uznać za najważniejszą korzyść w zakresie emisji toksycznych składników spalin, związaną ze stosowaniem paliw z roślin oleistych. Dodatkowo niska emisja PM pozwala na zwiększenie opóźnienia wtrysku i w ten sposób ograniczenie tworzenia NO_x w procesie roboczym silnika [9].



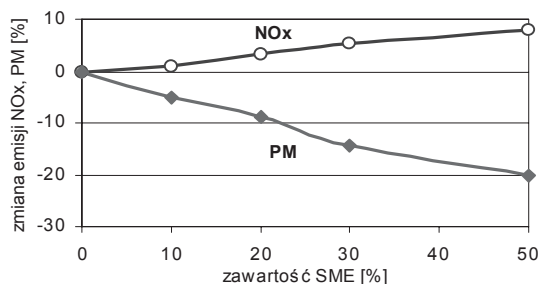
Rys. 6. Emisja NO_x przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [6]

Fig 6. NO_x emission from Volvo DH10A-285 bus engine equipped with various emission control systems and fuelled with various biofuel blends during ECE R49 test



Rys. 7. Emisja PM przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [6]

Fig. 8. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on NO_x and PM emissions from DI diesel engine during japanese 13-mode test



Rys. 8. Względna zmiana emisji NO_x i PM przez silnik ZS DI w japońskim teście 13-fazowym w funkcji zawartości SME w mieszaninie z olejem napędowym [1]

Fig. 8. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on NO_x and PM emissions from DI diesel engine during japanese 13-mode test

4. Podsumowanie

Rozszerzanie zakresu stosowania biopaliw wydaje się nieuniknione. Zakładając, że podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych będą nadal silniki spalinowe, co w chwili obecnej wydaje się jak najbardziej słuszne należy stwierdzić, że znaczące ograniczenie emisji ciągnionej CO₂ bez wprowadzenia paliw pochodzenia roślinnego jest niemożliwe. W chwili obecnej spośród biopaliw realną alternatywę dla paliw konwencjonalnych stanowią: alkohol etylowy i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Wynika to z jednej strony z odpowiedniej podaży tych paliw, a z drugiej z korzystnych właściwości ekologicznych i eksploatacyjnych.

Wydaje się, że w najbliższej przyszłości zarówno etanol, jak i estry stosowane będą raczej w mieszaninach z paliwami konwencjonalnymi niż jako samodzielne paliwo. Należy założyć, że udział biokomponentu będzie się z czasem zwiększał, gdyż pozwala to zagospodarować coraz większe ilości produkcji roślinnej oraz sprzyja ograniczeniu emisji toksycznych składników spalin. Szczególnie cenne jest zmniejszenie emisji cząstek stałych, ze wzrostem zawartości estrów w mieszaninie z olejem napędowym, ponieważ ich redukcja innymi sposobami jest kłopotliwa. Należy zwró-

cić również uwagę, że największą redukcję emisji dzięki biokomponentom, uzyskuje się dla pojazdów starych, będących głównym źródłem emisji toksycznych składników spalin, przy czym stosowanie ekologicznych paliw jest praktycznie jedynym sposobem ograniczenia niekorzystnego oddziaływania tych pojazdów na środowisko do czasu ich ostatecznego wycofania z eksploatacji.

Propozycje Komisji Europejskiej zmierzają do uzyskania 20% udziału biopaliw w rynku paliwowym w roku 2020. Projekt dyrektywy przewiduje, że w roku 2005 2% energii zużywanej przez środki transportu będzie pochodziło z biopaliw. Wskaźnik ten ma wzrastać o 0,75% rocznie, do uzyskania 5,75% w roku 2010. Od roku 2009 ma obowiązywać dodatkowe wymaganie odnośnie paliw konwencjonalnych, które od tego roku będą musiały zawierać 1% biokomponentu. W 2010 roku ilość biokomponentu ma być zwiększona do 1,75%. Zdając sobie sprawę z korzyści ekonomicznych, społecznych i ekologicznych związanych z wprowadzeniem do masowego użycia biopaliw, należy dążyć, aby ich stosowanie było korzystne dla wszystkich podmiotów mających z nim kontakt, a więc dla: rolnika, producenta, dystrybutora i najważniejsze – finalnego użytkownika biopaliwa.

5. Literatura

- [1] Akasaka Y., Suzuki T., Sakurai Y.: *Exhaust Emissions of a DI Diesel Engine Fueled with Blends of Biodiesel and Low Sulphur Diesel Fuel*. SAE Paper 972998.
- [2] Auto-Oil II Final Report. http://europa.eu.int/comm/environment/autooil/auto-oil_en.pdf
- [3] Guerrieri D.A., Caffrey P.J., Vankatesh R.: *Investigation into the Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends*. SAE Paper 950777.
- [4] Kelly K.J. i inni: *Federal Test Procedure Emissions Test Results from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Lumina*. SAE Paper 961092.
- [5] Kozak M.: *Kierunki rozwoju paliw do ekologicznych silników spalinowych*. Praca magisterska, Politechnika Lubelska 1998.
- [6] Paivi A. i inni: *Emission from Heavy-Duty Engine with and without Aftertreatment Using Selected Biofuels*. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E195.
- [7] Rickeard D. J., Kheshgi H. S.: *European Fuel and Vehicle Options for the Future – Focus on Biofuels*. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E199.
- [8] Schroder O., Krahl J., Munack A., Bungler J.: *Environmental and Health Effects Caused by the Use of Biodiesel*. SAE Paper 1999-01-3561.
- [9] Szlachta Z.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*. WKŁ Warszawa 2002.

Skróty i oznaczenia użyte w tekście

CNG	Compressed Natural Gas – sprężony gaz ziemny	DI	Direct Injection – bezpośredni wtrysk paliwa
CO	Tlenek węgla	DME	Dimethyl Ether – eter dimetylowy
CO₂	Dwutlenek węgla	E50	Mieszanina 50% etanolu i 50% benzyny reformulowanej
DF	Diesel Fuel – olej napędowy		

E85	Mieszanka 85% etanolu i 15% benzyny reformulowanej	RFD/RME30	Mieszanka 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% reformulowanego oleju napędowego
ECER49	Europejski test dla pojazdów o masie całkowitej ponad 3500 kg wykonywany na hamowni silnikowej (tzw. trzynastofazowy)	RFG	Reformulated Gasoline – benzyna reformulowana
ETBE15G	Mieszanka 15 % (v/v) eteru etylotert-butyłowego i 85 % (v/v) benzyny	RME	Rapsed Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego
EtRFD	Mieszanka 15% etanolu i 85% reformulowanego oleju napędowego	RME30	Mieszanka 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% oleju napędowego
FAME	Fatty Acid Methyl Esters – estry metylowe kwasów tłuszczowych	SME	Soybean Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego
FTP-75	Federalny test jezdny USA	SME30	Mieszanka 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju sojowego i 70% oleju napędowego
HC	Węglowodory	SO₂	Dwutlenek siarki
LCA	Life Cycle Analysis – analiza cyklu życiowego produktu	UE	Unia Europejska
LDV	Light Duty Vehicle – lekki pojazd samochodowy	VOC	Volatile Organic Compounds – lotne związki organiczne
LPG	Liquefied Petroleum Gas – gaz płynny, propan-butan	ZI	Zapłon iskrowy
NMHC	Węglowodory bez metanu	ZS	Zapłon samoczynny
NO_x	Tlenki azotu		
PM	Particulate Matter – cząstki stałe		
RFD	Reformulated Diesel Fuel – reformulowany olej napędowy		

Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Merkisz

Mgr inż. Miłosław Kozak

Instytut Silników Spalinowych i Podstaw Konstrukcji Maszyn

Politechnika Poznańska,

ul. Piotrowo 3, Poznań

Jerzy.Merkisz@put.poznan.pl

Kozak@put.poznan.pl
