

dr inż. MAGDALENA GALWAS-ZAKRZEWSKA
 doc. dr hab. ZBIGNIEW MAKLES
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy



Wpływ biokomponentów na skład spalin silnikowych

Motoryzacja wprowadza do środowiska naturalnego wiele zanieczyszczeń. Według światowych wyliczeń transport jest źródłem 20% emitowanego do atmosfery dwutlenku węgla. Udział ten będzie wzrastał w przyszłości w miarę rozwoju przemysłu motoryzacyjnego na świecie, opartego na konwencjonalnych paliwach. Nadzieją dla środowiska naturalnego, w tym także dla człowieka, jest wprowadzenie biopaliw, których wykorzystanie prawdopodobnie spowoduje spadek emisji zanieczyszczeń. W artykule przedstawiono wyniki badań związanych z wielkością emisji zanieczyszczeń w zależności od rodzajów paliw, z uwzględnieniem biopaliw.

Impact of biocomponents on exhaust gas composition

Motorization, a product of our civilization, emits large amounts of pollutants into the environment. According to a world scenario, the transport sector is the source of 20% of the carbon dioxide released into the atmosphere. This share will increase with the development of the auto industry based on conventional fuels. Biofuels seem to be an opportunity both for us and for the natural environment. The use of biofuels will reduce contamination. In this paper we report the influence of biofuel additives on the composition of exhaust gases.

Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych jest jednym z ważniejszych elementów zrównoważonego rozwoju gospodarki, przynoszącym efekty zarówno ekologiczne jak i energetyczne. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii przyczyni się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych, poprawy stanu środowiska przez redukcję zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz spowoduje redukcję ilości wytwarzanych odpadów.

W Unii Europejskiej prowadzona jest polityka promująca energię ze źródeł odnawialnych. Światowa Komisja Rady

Energetycznej przewiduje do roku 2020 wzrost udziału energii odnawialnej do ponad 20% [1]. A zatem, prognozy dotyczące zmniejszenia wielkości emisji zanieczyszczeń pochodzących z transportu są dość optymistyczne. Przewidywane zmiany emisji zostały przedstawione na rysunku 1. [2].

Główne kierunki polityki Unii Europejskiej w zakresie biopaliw zostały zapisane w dokumentach: *Biała Księga Komisji Europejskiej „Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii” (White Paper for a Community Strategy and Action Plan Energy for the Future - Renewable Sources of Energy)*, przyjęta przez Komisję 26 listopada 1997 roku (COM/97/599) oraz *Zielona Księga Komisji Europejskiej „Strategia bezpieczeństwa energetycznego” (Green Paper Security of Energy Supply)*, przyjęta 29 listopada 2000 roku (COM/2000/769) zmodyfikowana w czerwcu 2002 roku (COM/2002/321). Jednym z ważniejszych dokumentów w sprawie biopaliw jest *Europejska Karta o Transporcie, Środowisku i Zdrowiu (Health Targets for Transport, Environment and Health)*,

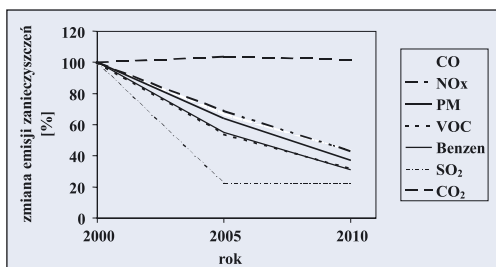
podpisana m.in. przez Polskę 16 czerwca 1999 roku. W dokumencie tym zapisano cele w zakresie ochrony powietrza i zdrowia ludzkiego przed zanieczyszczeniami pochodzącymi z transportu. Cele te dotyczą redukcji emisji substancji szkodliwych określonych w *Wytycznych jakości powietrza Światowej Organizacji Zdrowia (WHO)*, uznanych za „nie mające bezpiecznych limitów”. Wśród tych substancji znajdują się:

- cząstki stałe (PM)
- szkodliwe lotne związki organiczne (*volatile organic compound, VOC*), jak benzen
- inne związki organiczne, jak:
 - WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne
 - polichlorowane dibenzodioxyny
 - polichlorowane dibenzofurany
 - polichlorowane bifenyle.

W celu osiągnięcia redukcji wymienionych emisji i innych zagrożeń dla zdrowia wynikających z transportu, państwa członkowskie WHO zobowiązały się do roku 2004 określić ilościowe, a gdzie nie będzie to technicznie możliwe – jakościowe wartości docelowej redukcji tych zagrożeń dla zdrowia człowieka.

Praktycznie w przypadku wszystkich związków chemicznych wymienianych w Aneksie 4. do *Europejskiej Karty o Transporcie, Środowisku i Zdrowiu*, zastosowanie biopaliw powoduje zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. Świadczą o tym m.in. dane przedstawione w tabeli [3].

Ze względu na różnice właściwości benzyny i oleju napędowego, dodawane do tych paliw biokomponenty różnią się znacząco od siebie. W tym opracowaniu skoncentrowano się na następujących rodzajach biopaliw: biodiesel i paliwo etanolowe.



Rys. 1. Przewidywana emisja substancji toksycznych z transportu w UE w odniesieniu do poziomu z roku 2000 [2]

Tabela
OCENA MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA EMISJI SUBSTANCJI SZKODLIWYCH PRZY WYKORZYSTANIU PALIW ALTERNATYWNYCH WEDŁUG AUTO-OIL II [3]

| Paliwo | CO | | HC | | NO _x | | PM | | CO ₂ | |
|---------------|--------|---------|--------|---------|-----------------|---------|--------|---------|-----------------|---------|
| | PC/LDV | HDV/Bus | PC/LDV | HDV/Bus | PC/LDV | HDV/Bus | PC/LDV | HDV/Bus | PC/LDV | HDV/Bus |
| CNG | !! | !! | + | + | !! | !! | !! | !! | !! | + |
| LPG | !! | !! | !! | !! | + | !! | !! | !! | !! | + |
| Biopaliwo E85 | + | | + | | + | | !! | | + | |
| ETBE15G | + | | + | | + | | | | + | |
| DME | !! | !! | + | !! | !! | !! | !! | !! | + | + |
| FAME 30 | + | + | + | + | - | -/+ | !! | + | + | + |
| Biopaliwo E15 | | -/+ | | -/+ | | + | | !! | | + |

- problematyczne; + obiecujące; !! bardzo obiecujące

Biodiesel

Biodieslem nazywamy olej napędowy stanowiący lub zawierający biologiczny komponent w postaci metylowych (etylowych) estrów rzepakowych.

Biodieslem są więc następujące rodzaje paliw:

- 100% czysty biodiesel
- mieszanki paliwowe, w których komponentem są metylowe/etylowe estry wyższych kwasów tłuszczowych, jak np. B20 (20% biodiesla (estrów) i 80% oleju napędowego)
- inne mieszanki estrów i oleju napędowego.

Surowcem do produkcji estrów metylowych (etylowych) kwasów tłuszczowych są tłuszcze zwierzęce i oleje roślinne oraz odpadowe tłuszcze roślinne. Metylowe estry wyższych kwasów tłuszczowych to między innymi metylowe estry roślinne, w tym metylowe estry oleju rzepakowego, palmowego, sojowego i słonecznikowego. Metylowe estry rzepakowe pod względem chemicznym stanowią mieszaninę metylowych estrów wyższych kwasów tłuszczowych, których glicery-

dy tworzą powszechnie znany produkt, zwany olejem rzepakowym.

Podstawowym warunkiem poprawnej eksploatacji silników zasilanych paliwem z dodatkiem estrów kwasów tłuszczowych jest zapewnienie odpowiedniej ich jakości, w tym całkowite oczyszczenie go z zanieczyszczeń (domieszek chemicznych) powstałych w trakcie procesu produkcyjnego.

Za stosowaniem estrów jako ekologicznego paliwa silników wysokoprężnych przemawiają takie właściwości, jak:

- praktycznie zerowa zawartość siarki
- czystsze spalanie (estry o ok. 50% obniżają emisję sadzy)
- duża odporność na samozapłon
- biodegradowalność.

„Czysty” ester jest cieczą bezpieczną pożarowo (poza trzecią klasą), a jego pary z powietrzem nie tworzą mieszaniny wybuchowej. Ponadto jest cieczą biodegradowalną.

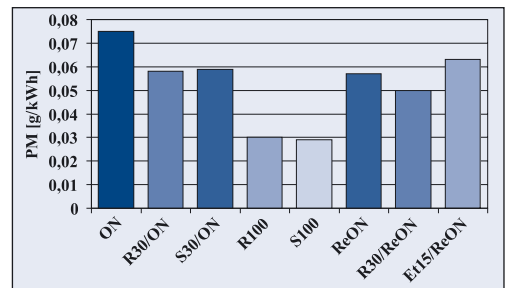
Badania laboratoryjne i eksploatacyjne biodiesla dotyczyły między innymi określenia zależności wielkości emisji zanieczyszczeń od ilości dodanych biokomponentów. Na rysunku 2. [4] przed-

stawiono wyniki dotyczące emisji tlenków azotu w odniesieniu do olejów napędowych z dodatkiem estrów tłuszczowych olejów rzepakowego i sojowego, jak również z dodatkiem etanolu. Wyniki dotyczące emisji cząstek stałych (PM) powstających w wyniku używania biopaliw przedstawiono na rysunku 3. [4].

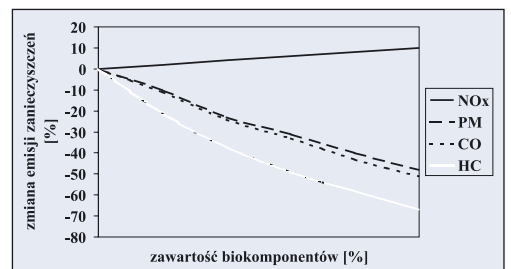
Jako główną zaletę stosowania estrów podaje się ograniczenie emisji składników toksycznych spalin. Zebrane wyniki usystematyzowano i przedstawiono



Rys. 2. Emisja tlenków azotu NO_x przy zasileniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [4]



Rys. 3. Emisja cząstek stałych PM przy zasileniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [4]



Rys. 4. Wpływ zawartości biodiesla na wielkość emisji zanieczyszczeń [5]

WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI UŻYTYCH W TEKŚCIE

| | |
|-----------------|---|
| B20 | 20% biodiesla i 80% oleju napędowego |
| Bus | autobusy |
| CNG | sprężony gaz ziemny (<i>compressed natural gas</i>) |
| CO | tlenek węgla |
| CO ₂ | ditlenek węgla |
| DME | eter dimetylowy (<i>dimethyl ether</i>) |
| E50 | mieszanina 50% etanolu i 50% benzyny reformowanej |
| E85 | mieszanina 85% etanolu i 15% benzyny reformowanej |
| ETBE | eter etylo-tert-butylowy (<i>ethyl-tert-butyl ether</i>) |
| ETBE15G | mieszanina 15% eteru etylo-tert-butylowego i 85% benzyny |
| Et15/ReON | mieszanina 15% etanolu i 85% reformowanego oleju napędowego |
| FAME | estry metylole kwasów tłuszczowych (<i>fatty acid methyl esters</i>) |
| HC | węglowodory |
| HDV | ciężkie pojazdy silnikowe (<i>heavy-duty vehicles</i>) |
| LDV | lekkie pojazdy silnikowe (<i>light-duty vehicles</i>) |
| LPG | gaz płynny, propan-butan (<i>liquefied petroleum gas</i>) |
| NMHC | węglowodory bez metanu (<i>non methane hydrocarbons</i>) |
| NO _x | tlenki azotu |
| ON | olej napędowy (<i>diesel fuel</i>) |
| PC | samochody osobowe |
| PM | cząstki stałe (<i>particulate matter</i>) |
| ReON | reformowany olej napędowy (<i>reformed diesel fuel</i>) |
| R30/ReON | mieszanina 30% estrów metylole kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% reformowanego oleju napędowego |
| RFG | benzyna reformowana (<i>reformed gasoline</i>) |
| R100 | estry metylole kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego (<i>rapsed methyl ester</i>) |
| R30/ON | mieszanina 30% estrów metylole kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% oleju napędowego |
| S100 | estry metylole kwasów tłuszczowych oleju sojowego (<i>soybean methyl ester</i>) |
| S30/ON | mieszanina 30% estrów metylole kwasów tłuszczowych oleju sojowego i 70% oleju napędowego |
| SO ₂ | ditlenek siarki |
| VOC | lotne związki organiczne (<i>volatile organic compounds</i>) |
| WWA | wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne |

w zależności: zawartość biodiesla a wielkość emisji zanieczyszczeń (rys. 4.) [5]. Wykorzystanie biopaliw wyraźnie wpły-

wa na obniżenie emisji powstających zanieczyszczeń. Efekty te w dużej mierze są również uzależnione od konstrukcji

silnika, aczkolwiek na ogół emisja węglowodorów, tlenku węgla i cząstek stałych jest niższa (węglowodorów – HC o ok. 20%, tlenku węgla – CO o 13%, cząstek stałych – PM o 16%). Widoczny jest jedynie wzrost emisji tlenków azotu, który jednak nie przekracza 10%, nawet przy zastosowaniu czystego biodiesla.

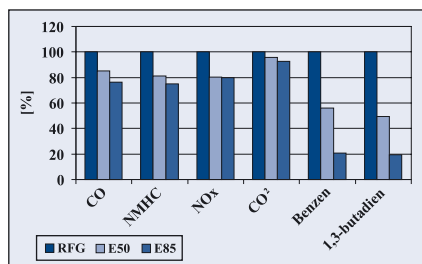
Paliwa etanolowe

Paliwa alkoholowe oznaczane są literą E (od etanolu) lub M (od metanolu) oraz następującą po nich liczbą określającą objętościowy udział alkoholu w paliwie alkoholowym. Etanol zawarty w paliwach alkoholowych podlega wstępnej denaturyzacji i może zawierać do 5% węglowodorów (dodatki benzynopodobnych). Jest to spowodowane małą lotnością par etanolu, co przy stosowaniu 100% paliwa etanolowego (E100) mogłoby uniemożliwić uruchomienie silnika w niskich temperaturach. Dodatkowa ilość benzyny jest dodawana do alkoholu, aby uzyskać odpowiednią mieszankę paliwową. Paliwo alkoholowe E10, nazywane też „gazoholem”, to 10% zdenaturyzowanego etanolu oraz 90% benzyny; E85 powszechnie nazywane jest paliwem etanolowym i stanowi mieszankę: 70 ÷ 85% zdenaturyzowanego alkoholu i 30 ÷ 15% paliwa węglowodorowego.

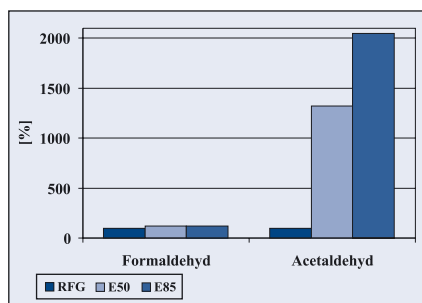
Alkohol etylowy znajduje zastosowanie do produkcji eteru etylo-tert-butylowego (ETBE), który w mieszaninie z benzyną jest stosowany jako paliwo do silników.

Organiczne związki tlenowe (np. alkohole, etery) są dodawane do benzyn w celu rozszerzenia możliwości ich stosowania oraz w celu zubożenia mieszanki, powodując w efekcie redukcję emisji tlenku węgla i węglowodorów w spalinach silnikowych. Dodatkowy tlen występujący w alkoholu dodawanym do benzyn powoduje wzrost liczby oktanowej paliw.

Wprowadzenie etanolu do benzyn powoduje wzrost prężności par paliwa. Dlatego etanol może być wprowadzany do benzyn o stosunkowo niskiej prężności par. Zbyt duża prężność par paliwa w wysokich temperaturach powoduje wzrost problemów związanych z tworzeniem się korków parowych, a także wpły-



Rys. 5. Emisja toksycznych składników spalin i CO₂ przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4, 6]



Rys. 6. Emisja toksycznych składników spalin i CO₂ przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4, 6]

nawet przed wodorem i ogniwami paliwowymi. Wielkość emisji toksycznych składników spalin i ditlenku węgla przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu przedstawiają rys. 5. i 6. [4, 6].

Poza typowymi zanieczyszczeniami powstającymi w czasie spalania paliw, badano również wpływ zawartości E-biodiesla na emisję zanieczyszczeń, które są uznane za toksyczne, ale których emisja nie jest uregulowana prawnie.

PIŚMIENNICTWO

[1] Ministerstwo Środowiska. Dokument *Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej* Warszawa, wrzesień 2000
 [2] Commission of the European Communities „Communication from the Commission.

A Review of the Auto-Oil II Programme” COM(2000)62 Final, Bruksela, październik 2000

[3] European Commission Directorate – General for Energy, „Final Report. Technical Study on Fuels Technology related to the Auto-Oil II Programme”, Volume II: Alternative fuels, Bruksela, grudzień 2000

[4] Merkisz J., Kozak M., Lijewski P. *Ekologiczne wskaźniki silników spalinowych zasilanych biopaliwami*. Konferencja „Biopaliwa 2002”, SGGW, Warszawa, 25.X.2002

[5] United States Environmental Protection Agency. *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions Draft*. Technical Report EPA 420-P-02-001, październik 2002

[6] Kelly K.J., Bailey B.K., Coburn T.C., Clare W., Lissiu P: *Federal Test Procedure Emissions Test Results from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Lumina*. Society for Automotive Engineers International Spring Fuels and Lubricants Meeting, Dearborn MI, maj 1996

wa na wzrost emisji paliwa przez jego odparowanie. Natomiast zbyt mała prężność par w niskich temperaturach otoczenia wpływa na problemy z rozruchem silnika i jego prawidłowym nagrzewaniem.

Znacznie mniej ograniczeń wprowadza się w odniesieniu do eteru ETBE, który nie wpływa niekorzystnie na prężność par i nie wykazuje tendencji do wydzielania się z benzyny. ETBE ma dużą zdolność do podwyższania liczby oktanowej, co jednak ogranicza wielkość jego udziału w paliwie, ponieważ wytwarzane obecnie komponenty rafineryjne charakteryzują się wysokimi wartościami liczby oktanowej.

Etanol próbuje się dodawać nie tylko do benzyn, ale też do oleju napędowego (E-diesel). Związki tlenowe wydają się mieć zalety w odniesieniu do silników Diesla, o czym świadczy proponowany przez włoski koncern ENI tzw. Oxy-diesel z pochodnymi metanolu i formaldehydu, czy też w Japonii promowany eter dimetylowy (DME). Według szwedzkiego raportu DME uzyskuje pierwszeństwo,

PPZ „STANMARK”
 30-733 Kraków
 ul. Obronców Modliwa 3
 tel. (012) 653 22 12
 tel./fax (012) 653 21 70

STOPPER®
 TEUNI HALAS

Ochronniki dla każdego ucha zagrożonego hałasem

- skuteczne, łatwe w zakładaniu
- trwałe, wygodne w użyciu

20 lat na rynku

Do kupienia w hurtowniach BHP i u producenta

STOPPER ELA II

STOPPER ELA

STOPPER MWD

STOPPER PIANKA AR07