

## **Wpływ zastosowania paliwa z dodatkiem alkoholu na efektywność pracy silników spalinowych**

### **Wstęp**

Alkohole należą do organicznych związków tlenowych, których właściwości fizykochemiczne pozwalają na zastosowanie ich jako paliwa do silników spalinowych. Do alkoholi należą głównie metanol, etanol, izopropanol, butanol i tertbutanol. W praktyce, jako paliwa do napędu silników z zapłonem iskrowym stosowane są etanol i metanol.

Zastosowanie alkoholu jako paliwa nie jest nowym rozwiązaniem. Alkohole stosowane były już na początku XX wieku między innymi z uwagi na dużą ich odporność na spalanie stukowe. Pierwszy taki silnik został skonstruowany przez Nicilasa Otto, który jako paliwo do swojego silnika użył właśnie 90÷95% spirytusu. Również Henry Ford, jeden z pierwszych producentów samochodów na masową skalę, był wielkim zwolennikiem etanolu jako paliwa samochodowego. Silnik Forda T, którego sprzedaż wyniosła ponad 15 milionów egzemplarzy, był przystosowany do pracy na etanolu, benzynie lub mieszance obu tych paliw.

Dodatek etanolu do benzyny silnikowej podwyższa liczbę oktanową paliwa i poprawia jego zdolności utleniające. Mieszanka taka spala się lepiej od tradycyjnej benzyny, generując mniej zanieczyszczeń [1]. W stosunku do benzyny bez dodatku etanolu, mieszanki z etanolem obniżają w gazach spalinowych stężenie tlenu węgla i niespalonych węglowodorów, a także tlenków azotu, toksycznych i kancerogennych związków organicznych oraz cząstek stałych. Dodatkowo etanol jest otrzymywany ze źródeł w pełni odnawialnych, więc jego zastosowanie pozwala na zmniejszenie importu paliw i ich komponentów. Daje to możliwość w pewnym stopniu uniezależnienia się od państw bogatych w złoża ropy naftowej. W Polsce bioetanol jako dodatek do benzyn silnikowych stosuje się od 1994 r., w ilości do 5% (V/V) [2], zgodnie z normą PN-EN 228 oraz obowiązującym aktualnie Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 grudnia 2008 r. (Dz.U. nr 221, poz. 1441) [4], dotyczącym wymagań jakościowych

---

<sup>1</sup> Dr inż. M. ZASTEMPOWSKI, dr inż. J. KASZKOWIAK, dr inż. S. BOROWSKI, prof. dr hab. inż. A. BOCHAT, mgr inż. A. ŚWIECA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu

dla paliw ciekłych. Natomiast etanol dodawany jako komponent do benzyny silnikowej musi spełniać wymagania wyszczególnione w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 19 października 2005 r. w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów oraz metod badań jakości biokomponentów (Dz.U. nr 218, poz. 1845) [1, 3].

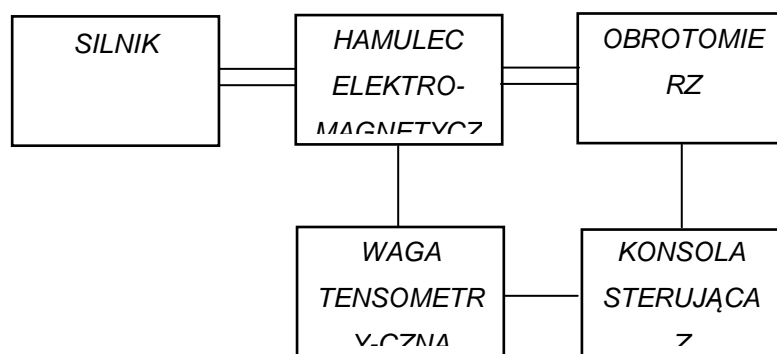
Paliwa z dodatkiem alkoholi mogą być więc stosowane w różnego rodzaju silnikach o różnej pojemności skokowej i mocy. Jednak stosowanie takich paliw stwarza szereg problemów. Jednym z nich jest ich wpływ na jakość i efektywność pracy silnika.

Celem artykułu jest wykazanie, jaki wpływ na efektywność pracy silnika ma zastosowanie benzyny z domieszką alkoholu. Pozwoli to na ocenę przydatności takich mieszanin do zasilania małych, jednołukowych silników spalinowych.

## Stanowisko badawcze i metodyka badań

Dotychczas prowadzone badania nad zastosowaniem paliw z dodatkiem alkoholi były w dużej części przeprowadzone na jednostkach, które mogą być stosowane w pojazdach samochodowych, a nie skupiono się na możliwościach zasilania silników spalinowych o mniejszych pojemnościach skokowych, wykorzystywanych, np. w narzędziach ogrodniczych. Trudno znaleźć wyniki badań dotyczące silników spalinowych, czterosuwowych o pojemnościach około 30 cm<sup>3</sup>.

Można założyć, że zastosowanie paliwa z dodatkiem alkoholu nie pozostaje bez wpływu na pracę danej jednostki. Właściwości alkoholi pozwalają przypuszczać, że parametry pracy zasilanych nimi silników powinny być korzystne. Weryfikację wpływu paliwa z dodatkiem alkoholu na osiągi silnika spalinowego sprawdzono doświadczalnie na zbudowanym do tego celu stanowisku badawczym [4]. Schemat budowy stanowiska przedstawiono na rys.1.

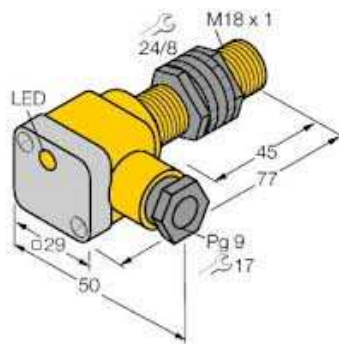


Rys.1. Schemat blokowy budowy stanowiska badawczego:

Badania prowadzono z wykorzystaniem silnika marki Honda GX31. Silnik zamocowano wahliwie i połączono z hamulcem za pośrednictwem sprzęgła.

Zasilanie silnika mieszaniną paliwowo-powietrzną odbywało się za pomocą gaźnika, natomiast sterowanie zapłonem przeprowadzono przy użyciu iskrownika i magnesu trwałego umieszczonego na wale wraz z wentylatorem chłodzącym.

Pomiar prędkości obrotowej silnika prowadzono za pomocą czujnika indukcyjnego. Czujnik ten generuje impulsy, gdy w jego polu znajduje się stalowa łopatką wentylatora hamulca. Czujnik ma możliwość przełączania się 2000 razy w ciągu sekundy, co przy 13 łopatkach wentylatora pozwala na pomiar prędkości w granicach do 10000 obr/min. Wartość prędkości obrotowej obliczano przy pomocy licznika impulsów.



Rys.2. Czujnik indukcyjny Ni12U-EG18SK-AP6X firmy Turck [5]

Źródło: Materiały reklamowe firmy Turck Sp. Zoo ([www.turck.pl](http://www.turck.pl)).

Pomiaru momentu hamującego dokonywano pośrednio za pomocą wagi tensometrycznej. W doświadczeniu, jako hamulec zastosowano alternator 70A. Obciążenie dla alternatora generowano poprzez zapalenie odpowiedniej liczby żarówek.

Podczas realizacji doświadczenia mierzono także zużycie paliwa. Pomiaru dokonano metodą objętościową. Paliwo pobierane było z naczynia z podziałką o dokładności 1ml.

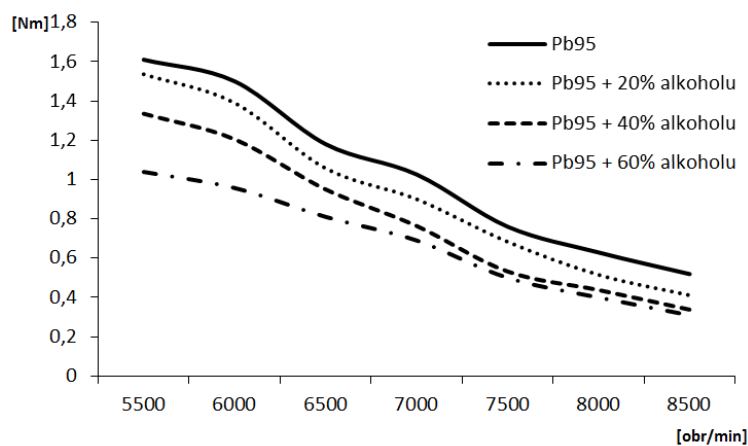
## Wyniki badań

Program badań obejmował sporządzenie częściowej charakterystyki zewnętrznej silnika, dla prędkości obrotowej 5500-8500 obr/min. W tym czasie silnik był zasilany mieszaninami benzyny bezołowiowej i etanolu o różnych procentowych udziałach. Zakres prędkości obrotowej silnika był zdeterminowany konstrukcją stanowiska oraz ograniczeniami hamulca. Sporządzone charakterystyki odnoszono do bazowych charakterystyk pracy silnika przy zasilaniu benzyną bezołowiową 95 oktanową przy fabrycznych nastawach kąta wyprzedzenia

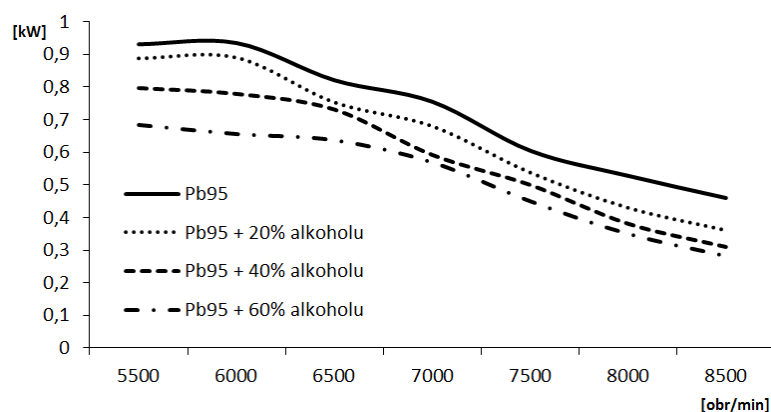
## Logistyka - nauka

zapłonu i składu mieszanki. Przygotowano i przebadano 6 mieszanin etanolu w dwóch etapach. W pierwszym etapie przygotowano 6 mieszanin 96% alkoholu spożywczego z benzyną bezołowiową w udziałach procentowych alkoholu 10%, 20%, 30%, 40%, 50% i 60%. W drugim etapie badań przygotowano 6 mieszanin 92% alkoholu etylowego skażonego w udziałach procentowych alkoholu 10%, 20%, 30%, 40%, 50% i 60%. Aby zapewnić porównywalność badań, oba ich etapy przeprowadzono w takich samych warunkach atmosferycznych monitorując temperaturę powietrza, ciśnienie oraz wilgotność względną powietrza.

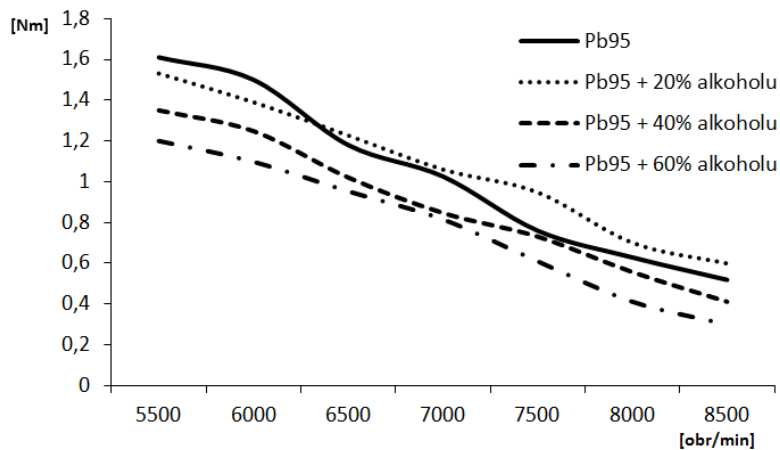
Przykładowe wyniki badań pierwszego etapu przedstawiono na rys. 3 i 4, natomiast przykładowe wyniki badań dla drugiego etapu przedstawiono na rys. 5 i 6.



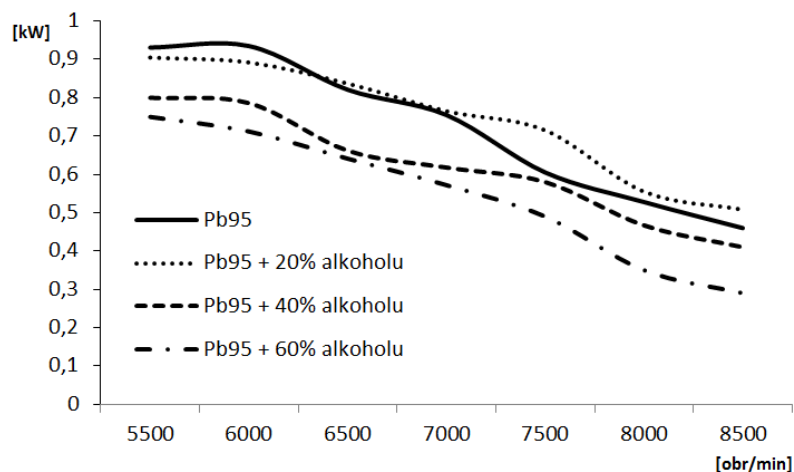
Rys.3. Wykres momentu obrotowego silnika dla różnych mieszanek benzyny i alkoholu etylowego spożywczego 96%



Rys.4. Wykres przebiegu mocy silnika dla różnych mieszanek benzyny i alkoholu spożywczego 96%



Rys.5. Wykres momentu obrotowego silnika dla różnych mieszanek benzyny i alkoholu etylowego skażonego 92%



Rys.6. Wykres przebiegu mocy silnika dla różnych mieszanek benzyny i alkoholu etylowego skażonego 92%

Przed rozpoczęciem pierwszego etapu badań sporządzono charakterystykę momentu obrotowego i mocy silnika zasilanego czystą benzyną Pb95. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 4 i 5 linią ciągłą. Pomiary wykazały, że moc maksymalną badany silnik osiąga przy około 6000 obr/min. W ramach przeprowadzonych badań wstępnych nie udało się określić zakresu prędkości obrotowej, przy której silnik uzyskuje maksymalny moment obrotowy. Było to spowodowane faktem, iż maksymalny moment obrotowy znajduje się w zakresie prędkości obrotowej silnika nierozpatrywanej w ramach tego eksperymentu.

Sporządzone wykresy (rys. 3 i 4) obrazują przebiegi krzywych momentu obrotowego i mocy silnika zasilanego różnym składem mieszanki benzyny i alkoholu etylowego spożywczego 96%.

## Logistyka - nauka

W tym etapie badań, zarówno wartości momentu obrotowego jak i mocy dla wszystkich przebadanych mieszanek benzyny i alkoholu w całym rozpatrywanym zakresie obrotów, były niższe od bazowych, które ustalono w badaniach wstępnych. Przy zastosowaniu mieszanki z domieszką alkoholu do 20% jej zawartości nie zaobserwowano problemów z rozruchem silnika i z równomiernością jego pracy. Dało to możliwość użytkowania silnika bez jego zmian konstrukcyjnych (np. wymiana dyszy) i korekty regulacji.

Przeprowadzenie kolejnych prób doświadczalnych, z zawartością alkoholu spożywczego w ilości 30% było możliwe jedynie przy wzbogaceniu mieszanki paliwowo-powietrznej (włączone ssanie). Fakt ten jest spowodowany tym, iż alkohol ma dwukrotnie niższą wartość opałową niż benzyna, przez co większa ilość mieszanki powinna być dostarczana dla prawidłowej pracy silnika.

Przed przeprowadzeniem drugiego etapu badań pomiarowych ponownie sporządzono charakterystyki momentu obrotowego i mocy badanego silnika. Miało to na celu sprawdzenie czy badania prowadzone w pierwszym etapie nie doprowadziły do uszkodzenia, zużycia bądź rozregulowania jednostki.

Wyniki uzyskane w etapie badań przedstawiono linią ciągłą na rys. 5 i 6. W przypadku zastosowania mieszanki paliwowej z domieszką alkoholu skażonego 92% w ilości 20% w zakresie obrotów powyżej 6500 obr/min zaobserwowano wzrost momentu obrotowego i mocy silnika w odniesieniu do bazowej jego charakterystyki. Również, podobnie jak w pierwszym etapie badań równomierność obrotów i łatwość rozruchu silnika pozostawała bez zmian. Natomiast już na tym etapie badań (mieszanka 20%) zaistniała konieczność zwiększania dawki paliwa. Dlatego kolejne próby prowadzone były przy włączonym ssaniu.

W próbach przeprowadzonych dla zawartości alkoholu 30-50% zaobserwowano problem z równomiernością obrotów. Uzyskiwane wyniki prędkości różniły się od siebie o kilkaset obr/min przy tej samej wartości obciążenia. Jednak, gdy w mieszance przygotowanej do zasilania silnika była przewaga skażonego alkoholu etylowego 92% (mieszanka 60%) obroty silnika wyrównały się, chociaż moment obrotowy i moc silnika były znacząco niższe od bazowych.

### Podsumowanie

Alkohole mogą stanowić alternatywne źródło energii służące do napędu silników spalinowych zarówno w odniesieniu do jednostek o niskich mocach jak i do silników wyczynowych. Za zastosowaniem takiego paliwa przemawiają aspekty ekologiczne oraz

gospodarcze. Analizy kosztów ponoszonych na pozyskiwanie alkoholi, uwzględniające, m.in. koszt produkcji surowców, transportu oraz wytworzenia, szacuje się nieznacznie na korzyść w stosunku do konwencjonalnych paliw. Niewątpliwą zaletą stosowania biopaliw jest zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego i rozwój firm lokalnych wytwarzających biopaliwo.

Wyniki badań przeprowadzonych w obu etapach pomiarowych potwierdziły, że bez zmian konstrukcyjnych i bez korekty regulacji najkorzystniejsze jest stosowanie domieszek alkoholu etylowego na poziomie 20%. Wzrost procentowego udziału alkoholu w paliwie powyżej 20% skutkowało systematycznym spadkiem momentu obrotowego i mocy silnika. Dla każdej zmiany procentowej udziału alkoholu konieczny byłby właściwy dobór odpowiedniej dyszy paliwowej, która zapewniałaby uzyskanie porównywalnego z charakterystyką bazową silnika współczynnika nadmiaru powietrza. Dodatkowo każdorazowo należy starannie przygotować mieszankę benzyny z alkoholem. Podczas badań obserwowano skłonność mieszanki paliwowej do rozwarstwiania się. Miało to miejsce przy zawartości alkoholu 20-50%. Silnik po przeprowadzonych badaniach nie wykazywał oznak zużycia. Celem kolejnych badań powinno być sprawdzenie negatywnego wpływu mieszanki paliwo-alkohol na trwałość silnika podczas dłuższej eksploatacji.

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań silników spalinowych niskoprężnych zasilanych mieszaniną benzyny Pb 95 i alkoholu etylowego w różnych proporcjach. W trakcie badań nie dokonywano żadnych zmian regulacyjnych w silniku. Zaobserwowano systematyczny spadek mocy występujący wraz ze wzrostem zawartości etanolu w paliwie. Wzrost zawartości alkoholu w mieszance systematycznie powodował obniżenie parametrów silnika. Alkohole mogą być stosowane jako alternatywne źródła energii do silników spalinowych, a ich stosowanie może okazać się ekologiczne i ekonomiczne uzasadnione.

### Effect of using fuel with alcohol on the working efficiency of combustion engines

#### Abstract

This paper presents the results of low-pressure combustion engines fueled with a mixture of gasoline and ethyl alcohol in different proportions. During the research shall not made any regulatory changes in the engine. The increase in the percentage of alcohol in the fuel resulted in a systematic decrease engine parameters.

Alcohols can be used as an alternative energy source for combustion engines. The use of such fuel suggest ecological and economic aspects.

### Literatura

1. Jędrzejowska S.: Oznaczanie zawartości siarki w bioetanolu służącym, jako komponent benzyn silnikowych. Nafta-Gaz, 12/2010.
2. Załącznik do obwieszczenia Ministra Gospodarki z dnia 18 lipca 2007 r. (poz. 569): Raport za 2006 r. dla Komisji Europejskiej wynikający z art. 4(1) Dyrektywy 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w t transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych, Monitor Polski Nr 49, poz. 569.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 19 października 2005 r. w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów oraz metod badań jakości biokomponentów (Dz.U. nr 218, poz. 1845).
4. Świeca A.: Wpływ zastosowania paliw z dodatkiem alkoholu na jakość pracy małych silników spalinowych. Praca magisterska. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009.
5. Materiały reklamowe firmy Turck Sp. Zoo (www.turck.pl).