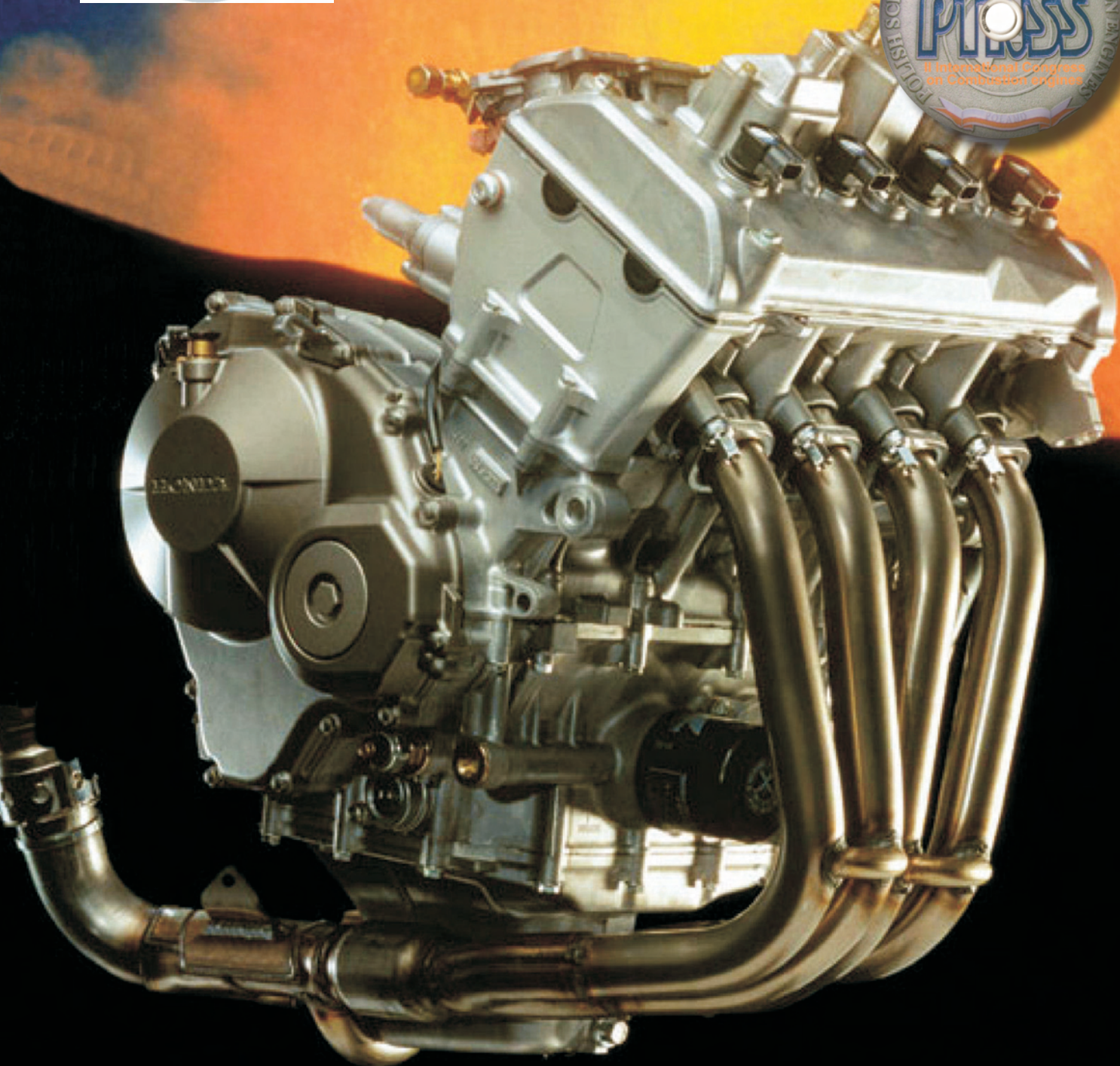




Nr 2/2007 (129)



SILNIKI SPALINOWE **COMBUSTION ENGINES**



International Congress
on Combustion Engines

PTNSS KONGRES – 2009

THE DEVELOPMENT OF COMBUSTION ENGINES

sekretariat@ptnss.pl
www.ptnss.pl

June, 2009
Opole
Poland

Invitation

**POLISH SCIENTIFIC SOCIETY
OF COMBUSTION ENGINES**

43-300 Bielsko-Biala, ul. Sarni Stok 93, POLAND



SILNIKI SPALINOWE

COMBUSTION ENGINES

Czasopismo naukowe

Scientific Magazine

Nr 2/2007 (129)

Listopad 2007

Rok XLVI

PL ISSN 0138-0346

Wydawca/Editor:

Polskie Towarzystwo Naukowe

Silników Spalinowych

43-300 Bielsko-Biała, ul. Sami Stok 93, Polska

tel.: 0-33 8130402, fax: 0-33 8125038

E-mail: sekretariat@ptnss.pl

WebSite: <http://www.ptnss.pl>

Rada Programowa/Scientific Board:

prof. dr hab. inż. Maciej Sobieszczański – przewodniczący

prof. dr inż. Bernard Challen

prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek

prof. dr hab. inż. Karol Cupiał

prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda

prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz

prof. dr hab. inż. Janusz Mysłowski

prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczas

prof. dr hab. inż. Marek Orkisz

prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny

prof. dr inż. Stefan Pischinger

prof. dr hab. inż. Piotr Wolański

prof. dr inż. Mirosław Wyszynski

Redakcja/Editorial Office:

Instytut Silników Spalinowych i Transportu

Politechnika Poznańska

60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3

tel.: 0-61 6652207, 0-61 6652240, 0-61 6652118

E-mail: silniki@ptnss.pl

Zespół redakcyjny/Editorial Staff:

dr hab. inż. Krzysztof Wistocki, prof. PP

(redaktor naczelny/Editor-in-Chief)

dr inż. Ireneusz Pielecha

dr hab. inż. Marek Brzeżański

dr inż. Jacek Pielecha

Współpraca/Cooperation:

dr inż. Maciej Bajerlein

dr inż. Paweł Fuć

dr inż. Mirosław Kozak

Od Redakcji

Bieżący numer naszego czasopisma w całości jest poświęcony II Międzynarodowemu Kongresowi Silników Spalinowych zorganizowanemu przez Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych. Kongres ten odbył się w maju br. w Krakowie i zgromadził ponad 280 uczestników, w tym ponad 60 gości z zagranicy. Organizatorów szczególnie cieszył znaczący udział w obradach Kongresu studentów studiujących na specjalnościach silnikowej i pojazdowej, a także udział wielu doktorantów z całej Polski, gdyż kształcenie młodych kadr inżynierskich i naukowych jest jedną z misji stawianych sobie przez PTNSS. Zarząd Towarzystwa dołoży starań, aby udział ten jeszcze zwiększyć w następnym Kongresie, który odbędzie się w Opolu w czerwcu 2009 r.

Do bieżącego numeru czasopisma dołączamy dysk DVD zawierający reportaż z przebiegu II Kongresu. Wewnątrz numeru zamieszczone zostały artykuły oparte na referatach wygłoszonych w sesjach plenarnych oraz omówienie dyskusji panelowej.

Na znaczenie i pozycję przemysłu silnikowego w polskiej gospodarce wskazuje w swoim artykule prof. Jerzy Merkisz. Ta znacząca rola wynika ze zwiększającej się krajowej produkcji, która przekroczyła poziom 2,2 mln sztuk silników rocznie. Zwiększa się również produkcja pojazdów samochodowych i osiągnęła obecnie ok. 800 tys. sztuk. Wielkości te wskazują na ważność tego sektora gospodarki. Pożądaný dalszy rozwój zaplecza naukowego i badawczo-rozwojowego wymaga ciągłego oraz coraz nowocześniejszego kształcenia specjalistów z zakresu konstrukcji, badań i eksploatacji silników spalinowych i pojazdów.

Lektura zamieszczonych w numerze artykułów prof. H.P. Lenza, przewodniczącego Austriackiego Stowarzyszenia Inżynierów Motoryzacji oraz prof. G. Cipolli – dyrektora Diesel Advanced Engineering and Hybrid General Motors Powertrain Europe – pozwalają wyrobić sobie pogląd na temat obecnego stanu rozwoju i badań silników spalinowych.

Tendencje rozwojowe występujące w ogólnoswiatowych i europejskich badaniach nad rozwojem układów napędowych wyniknęły także z dyskusji panelowej odbytej w trakcie Kongresu i omówionej w opracowaniu zamieszczonym na s. 38. Wśród tych tendencji dominują zagadnienia związane z zastosowaniem energii odnawialnej do napędu pojazdów, uzyskiwaniem jak największej sprawności jej przetwarzania oraz ograniczenia emisji związków toksycznych. Szczególny nacisk kładzie się na spełnienie przewidywanych do wprowadzenia norm emisji dwutlenku węgla, które jednocześnie wymuszają zwiększenie sprawności układów napędowych.

Redakcja

Kwartalnika Silniki Spalinowe

Spis treści/Contents:

Od Redakcji	1
Konstrukcja/Design	
<i>J. Merkisz: Uwarunkowania rozwoju przemysłu silnikowego w Polsce/ The development circumstances of engine industry in Poland (2007-SS2-206)</i>	3
<i>H.P. Lenz: Przyszłość silników spalinowych w świetle 28. Międzynarodowego Sympozjum Silnikowego w Wiedniu/The future of the combustion engines from the sight of the 28th International Vienna Motor Symposium (2007-SS2-207)</i>	21
<i>G. Cipolla: Silniki o zapłonie samoczynnym w perspektywie rynku globalnego/Diesel perspective in global market vision (2007-SS2-208)</i>	20
Kierunki rozwoju współczesnych źródeł napędu w świetle dyskusji panelowej na II Międzynarodowym Kongresie PTNSS (opr. K. Wisłocki)/Powertrain development from the perspective of panel discussions at the second International PTNSS Congress (ed. K. Wisłocki) (2007-SS2-209)	39
Nowe konstrukcje/New constructions	
<i>M. Brzeżański: DIESOTTO firmy Mercedes Benz – nowy wyznacznik rozwoju samochodowych silników spalinowych</i>	55
Aktualności/News	
Aktualności silnikowe.....	57
Bibliografia/Bibliography	
Książki, monografie, rozprawy/Books, monographies, studies	59
Habilitacje, doktoraty/Qualifying as ass. prof., doctorates	60
Organizacje/Organisations	
Nagrody PTNSS.....	61
Konferencje/Conferences	
	61

Seria specjalna Silników Spalinowych PTNSS-2007-SC



- SC1 – *Design, Operation & Powertrain* (liczba art. 42)
Budowa, eksploatacja i zespoły napędowe
- SC2 – *Mixture Formation, Ignition & Combustion* (liczba art. 51)
Tworzenie mieszanki, zapłon i spalanie
- SC3 – *Ecology & Diagnostics* (liczba art. 43)
Ekologia i diagnostyka

Wydawnictwo rejestrowane
w bazie danych o zawartości polskich
czasopism technicznych
– BAZTECH www.baztech.icm.edu.pl

**Wydawca/Editor**
**Polskie Towarzystwo Naukowe
Silników Spalinowych**

43-300 Bielsko-Biała, ul. Sarni Stok 93, Polska
tel.: 0-33 8130402, fax: 0-33 8125038
E-mail: sekretariat@ptnss.pl
WebSite: <http://www.ptnss.pl>

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść
reklam i ogłoszeń. Publikowane materiały
i artykuły wyrażają poglądy autorów, a nie
Redakcji.

© Copyright by

Polish Scientific Society of Combustion Engines

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Żaden fragment tej publikacji nie może być
reprodukowany, zapamiętywany w systemie
odtwarzalnym lub przetwarzany bądź kopiowany
w jakiegokolwiek formie bez wcześniejszej zgody właściciela
praw wydawniczych.

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced,
stored in a retrieval system or transmitted,
photocopying or otherwise without prior
permission of the copyright holder.

Prenumerata/Subscriptions

Zamówienia należy kierować na adres Wydawcy.
Koszt numeru czasopisma wynosi 25 zł + koszty wysyłki.

Przygotowanie do druku/Preparation to print
Wydawnictwo *Ars Nova/ARS NOVA Publishing House*
60-782 Poznań, ul. Grunwaldzka 17/10A

Nakład: 650 egz.

Druk i oprawa/Printing and binding

Drukarnia Św. Wojciecha
Poznań, ul. Chartowo 5

Recenzenci:

dr inż. Miłosław Kozak
prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
dr hab. inż. Krzysztof Wisłocki, prof. PP
prof. dr inż. Mirosław Wyszniński

Wydanie publikacji dofinansowane
przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Okladka

I: Silnik motocyklowy Honda CBR 600 (fot. Honda)
IV: Układ rozrządu desmodromicznego
firmy Ducati (fot. Ducati, www.bluming.com)

Uwarunkowania rozwoju przemysłu silnikowego w Polsce¹⁾

Dzięki inwestycjom zagranicznych koncernów Polska w krótkim czasie stała się dużym producentem nowoczesnych silników spalinowych. Osiągnięty sukces powinien być rozwijany, gdyż Polska jest nadal atrakcyjnym miejscem do inwestycji, w szczególności dla poszukujących oszczędności producentów z Europy Zachodniej. O pozyskanie nowych inwestycji Polska rywalizuje z innymi krajami. W artykule przedstawiono międzynarodową pozycję Polski jako producenta silników na tle trendów światowych. Zaprezentowano fakty decydujące o atrakcyjności Polski jako miejsca lokalizacji inwestycji przemysłu silnikowego, wskazując jednocześnie na występującą w niektórych kwestiach przewagę konkurencyjną innych państw.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, przemysł silnikowy

The development circumstances of engine industry in Poland¹⁾

Due to the investments of foreign companies, Poland became in a short time a big manufacturer of modern combustion engines. The success that was achieved should be maintained, as Poland still remains an attractive place for investments, and especially for the manufacturers from Western Europe who are looking for economies. Poland competes for getting new investments with many other countries. This article is an answer to the question concerning the reasons for such a situation, and it covers possible ways of engine industry development in our country in the aspect of the development of vehicle drives and the competitiveness of Polish scientific and technological potential as compared with other countries.

This article presents the position of Poland as a manufacturer of engines as compared with world trends. The facts that decide about the attractiveness of Poland as a place of engine industry investment location are presented in this article as well as the presence of competitive advantage of other countries in some issues.

Key words: combustion engine, engine industry

1. Wprowadzenie

Postępujące procesy globalizacyjne na świecie, znoszenie barier w przepływie towarów, usług i kapitałów powodują, że koncerny mogą swobodnie wybierać miejsce produkcji. Kierują się przy tym przede wszystkim możliwością obniżenia kosztów produkcji. Odpowiedni wybór miejsca wytwarzania pozwala oferować na rynku wysokiej klasy produkty po bardziej atrakcyjnych cenach. Producenci branży motoryzacyjnej, w tym silników spalinowych, do tej pory zlokalizowani głównie w krajach macierzystych przedsiębiorstw lub w krajach reprezentujących najważniejsze rynki zbytu, coraz częściej podejmują decyzje o przeniesieniu produkcji. Polska konkuruje o te inwestycje z innymi krajami Europy, zarówno Zachodniej, jak i Środkowo-Wschodniej, a także z krajami azjatyckimi.

W latach dziewięćdziesiątych Polska przegrywała rywalizację o inwestycje w branży silnikowej ze swoimi sąsiadami. Jednocześnie załamywał się przemysł rodzimy, co razem groziło marginalizacją przemysłu silnikowego, który miał wcześniej znaczny potencjał i tradycje. Następną dekadę przyniosła jednak duże inwestycje zagraniczne i dynamiczny rozwój produkcji silników. W chwili obecnej Polska zdobyła już markę solidnego producenta silników i o dalsze inwestycje powinno być już łatwiej. Z drugiej jednak

1. Introduction

Extending globalisation processes in the world, removing barriers in goods, services and capitals flow make it possible for car corporations to choose production spots freely. Their main drive is to reduce production costs. Proper choice of production place enables offering high quality products at attractive prices. Automotive industry manufacturers, including combustion engine manufacturers, that so far have been located mainly in home lands of the companies or in countries representing the biggest markets, more and more often decide to move their production. Poland competes for those investments with other European countries, both Western as well as Central and Eastern ones and also with Asian countries

In 1990s Poland was losing the battle against the neighbours and concerning investment in engine industry. At the same time the domestic industry was collapsing which threatened significant decrease of engine industry importance and related Polish potential and tradition. Next decade brought huge foreign investments and dynamic development of engine production. At the moment Poland already has a reputation of a stable engine manufacturer and it should be easier to get further investments. On the other hand though, there are new players in the investment competition – among

¹⁾ Inspiracją do napisania niniejszego artykułu był referat wygłoszony przez autora podczas otwarcia 2. Międzynarodowego Kongresu Silników Spalinowych PTNSS w maju 2007 r. w Krakowie [7].

¹⁾ A paper presented during the opening of the 2nd International Combustion Engine Congress PTNSS in May 2007 in Krakow was an inspiration for this article [7].

strony do starań o inwestycje włączyli się nowi konkurenci – m.in. przyjęci w tym roku nowi członkowie Unii Europejskiej oraz Rosja, Ukraina i Białoruś.

Pojawia się pytanie o przyszłość i dalszy rozwój przemysłu silnikowego w Polsce, który odgrywa istotną rolę w gospodarce. Jego znaczenie wynika w głównej mierze z dynamicznie rozwijającego się eksportu, a nie z popytu wewnętrznego. Dlatego tym bardziej decydować będą o nim czynniki zewnętrzne, jak światowa koniunktura czy trendy w produkcji silników i pojazdów. Na czynniki te nasz kraj nie ma większego wpływu. Rolą państwa powinno być natomiast odpowiednie kształtowanie czynników wewnętrznych gwarantujących korzystne warunki inwestowania w przemysł silnikowy i jego rozwój. Zdaniem autora warunki takie w Polsce istnieją, a ich efektem powinien być dalszy rozwój przemysłu silnikowego w naszym kraju. Dobra kondycja przemysłu silnikowego to nie tylko korzyści dla gospodarki, ale także dla innych dziedzin – na przykład dla nauki.

2. Światowe tendencje w produkcji i rozwoju silników spalinowych

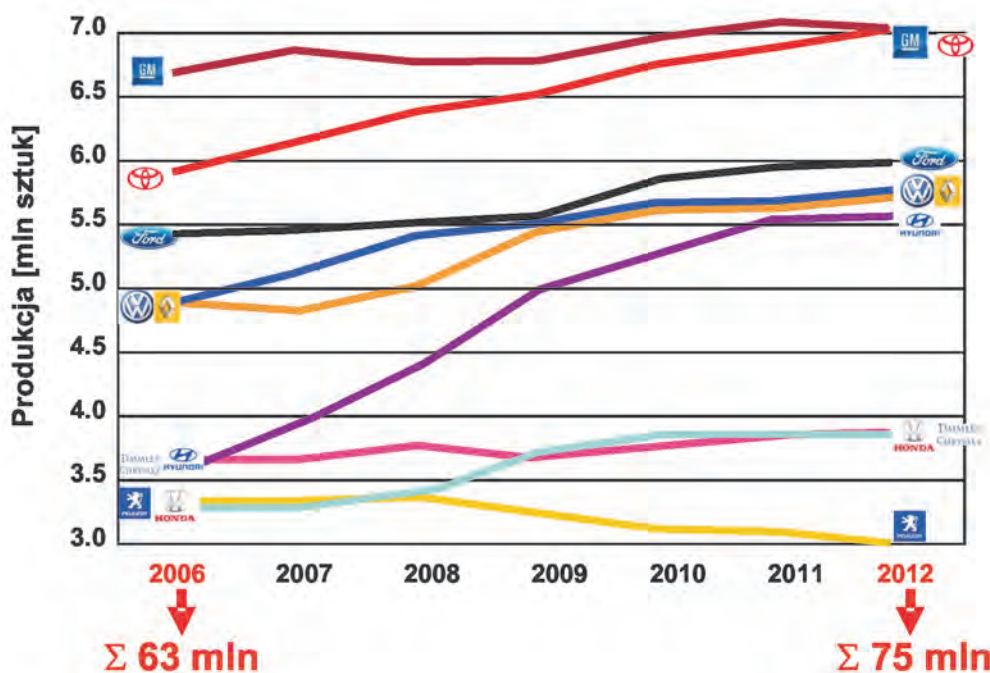
Światowa produkcja silników spalinowych wyniosła w 2006 roku około 63 miliony sztuk i przewiduje się, że będzie ona nadal rosła i za 5-6 lat przekroczy 75 milionów sztuk rocznie. Główna część światowej produkcji silników skupiona jest wokół około 9 producentów (rys. 1), których można podzielić na trzy grupy. W pierwszej grupie firm – o największej skali produkcji silników na świecie znajduje się samotnie koncern General Motors, przy czym przewiduje się że w perspektywie kilku lat dołączy do tej grupy Toyota. Druga grupa obejmuje producentów o skali produkcji około 5 milionów silników rocznie i w tym gronie znajdują się Ford, Volkswagen i Renault. W przyszłości dołączy do tej grupy Hyundai, który obecnie znajduje się w trzeciej

others, new members of the European Union that were accepted this year as well as Russia, Ukraine and Belarus.

In this context a question arises that concerns the future and further development of engine industry in Poland, the industry that has an important role in Poland's economy. The development results mainly from dynamically growing export and not from internal demand. Therefore, to a larger extent, external factors shall decide about it, such as world situation and production trends in car and engine production. Our country does not have any major influence on those factors. The country's role is to shape internal factors properly and to guarantee favourable investment conditions in engine industry and its development. According to the author's opinion those conditions do exist in Poland and they shall result in further development of engine industry in our country. Good situation of engine industry brings benefits not only for economy but also for different areas – for instance – science.

2. World trends in production and development of combustion engines

World production of combustion engines in 2006 amounted to 63 million items and its growth is still predicted so that in 5-6 years it shall be more than 75 million items annually. The main part of this world production is focused around 9 manufacturers (Fig. 1), that can be divided into three groups. In the first group of companies – with the biggest production of engines in the world, there is only one concern – General Motors; It is projected that within a few years another company i.e. Toyota shall join this group. The second group covers the manufacturers with the production of about 5 million engines annually and here the following companies belong: Ford, Volkswagen and Renault. In the future this group shall be joined by Hyundai, which at the



Rys. 1. Produkcja silników spalinowych przez czołowych producentów na świecie [2]

Fig. 1. Production of combustion engines by main world manufacturers [2]

moment is in the third group of manufacturers – annually about 3.5 million items, jointly with such companies as: Honda, Peugeot and DaimlerChrysler.

The development of combustion engines is to a large extent regulated by the requirements of the motor market, mainly European and American ones. Both markets are characterised by big requirements as to products, high absorptivity and wealth of the society. Both markets are almost similar as to the number of cars sold annually – 14–15 million. They are however different as to significant specification of cars and engine drives used in them.

grupie producentów – o skali produkcji około 3,5 miliona sztuk rocznie, wraz z takimi firmami jak: Honda, Peugeot i DaimlerChrysler.

Rozwój silników spalinowych regulowany jest w dużym stopniu wymaganiami rynku pojazdów, głównie europejskiego i amerykańskiego. Oba te rynki charakteryzują się dużymi wymaganiami wobec wyrobu, dużą pojemnością i dużą zasobnością społeczeństwa. Oba rynki są również podobne pod względem ilości sprzedawanych corocznie samochodów osobowych – 14–15 milionów. Różnią się natomiast istotnie specyfiką pojazdów i stosowanych do ich napędu silników. W Unii Europejskiej od około 10 lat rośnie udział silników ZS. Obecnie udział ten w nowych samochodach osobowych przekroczył już 50%.

W USA tradycyjnie dominują silniki ZI a sprzedaż samochodów osobowych z silnikami ZS jest wciąż niewielka (rys. 2). Jednocześnie sprzedaż ta wykazuje dużą dynamikę wzrostu. W latach 2000-2005 wzrosła ona o 80%, przede wszystkim w zakresie samochodów koncernów europejskich (Mercedes, BMW, Volkswagen). Za większym rozpowszechnieniem silników ZS w USA (jako elementem działań na rzecz utrzymania niskiej ceny benzyny) opowiedział się nawet Prezydent USA George Bush, zapowiadając w kwietniu 2005 r. zachęty podatkowe dla pojazdów z tego typu silnikami. Według R.L. Polk&Company udział silników ZS w sprzedawanych w USA samochodach osobowych wzrośnie do 10% w roku 2015, podczas gdy w roku 2005 wynosił on tylko 3,6% [3, 4].

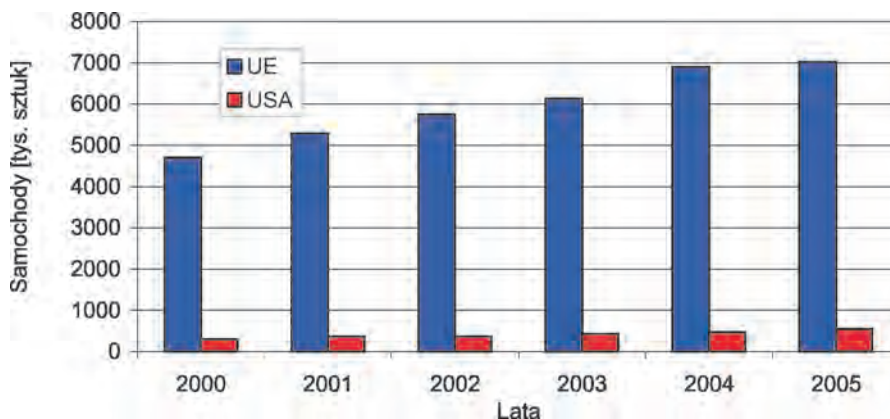
Dynamika wzrostu popularności silników ZS w Unii Europejskiej według danych ACEA [4] uległa w ostatnich latach wyraźnemu osłabieniu. Od roku 2004 udział silników ZS w samochodach osobowych wzrastał rocznie już tylko o około 1 punkt procentowy, podczas gdy we wcześniejszych latach wzrost ten sięgał nawet 4 punktów procentowych. Przewiduje się, że łagodny trend wzrostowy utrzyma się jeszcze do około roku 2010, a następnie dążyć będzie do wyrównania udziału silników ZI i ZS. Jednocześnie wzrośnie popularność napędów alternatywnych, głównie CNG i układów hybrydowych (rys. 3).

Przewidywania odnośnie globalnego rynku silników spalinowych wciąż zdecydowanie najwięcej miejsca rezerwują dla silników ZI (rys. 4). Istotną rolę odegra tu wspomniany wcześniej rynek amerykański, a także rynek japoński. Silniki ZI będą

In the European Union the share of self-ignition engines has been increasing for the last 10 years. Now the said share of new cars is more than 50%.

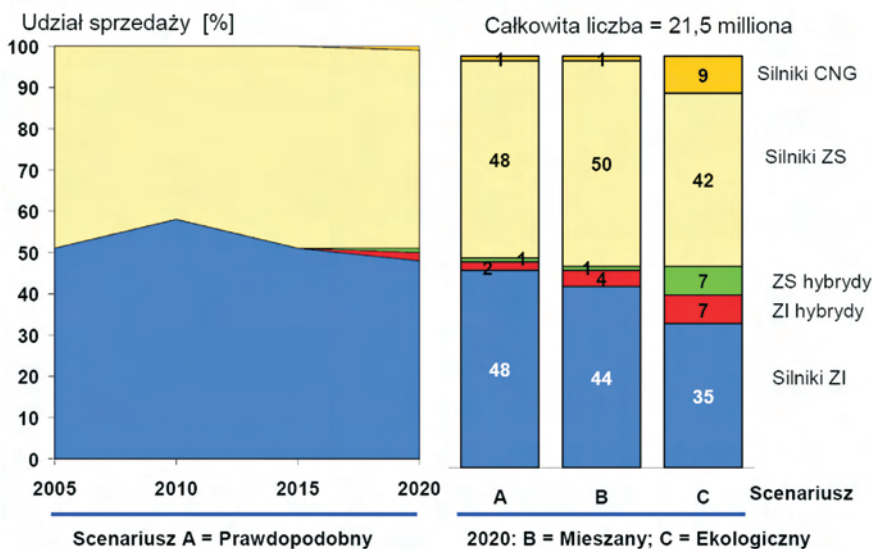
Traditional spark-ignition engines dominate in the USA and the sales of cars with self-ignition engines is still small (Fig. 2). At the same time the sale presents big growth dynamics. Between 2000-2005 it increased by 80%, first of all in the scope of European car companies (Mercedes, BMW, Volkswagen). Even the president of the USA George Bush supported wider use of self-ignition engines in the USA (as an element of actions aiming at maintaining low petrol prices) when he announced in April 2005 tax incentives for vehicles with this kind of engine. According to R.L. Polk&Company the share of self-ignition engines in cars sold in the USA shall increase to 10% in 2015, whereas in 2005 it amounted to only 3.6% [3, 4].

Dynamics of popularity growth concerning self-ignition engines in the European Union according to the data of ACEA [4] was significantly weakened within the last years. Since 2004 the share of self-ignition engines in cars increased annually by about one percentage point when previously



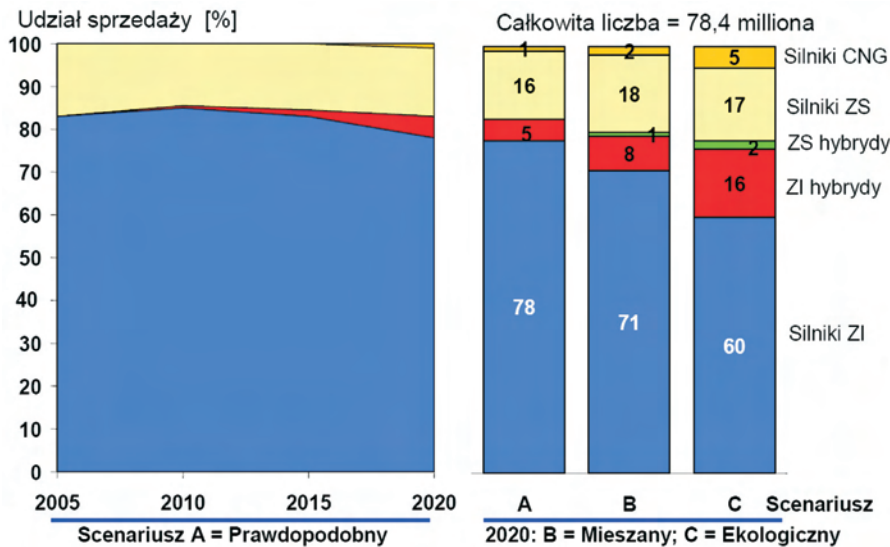
Rys. 2. Sprzedaż samochodów osobowych z silnikami ZS w Unii Europejskiej i USA [3, 4]

Fig. 2. Sales of cars with self-ignition engines in European Union and the USA [3, 4]



Rys. 3. Scenariusze rozwoju rynku silnikowego w Europie [15]

Fig. 3. Scenarios of engine market development in Europe [15]






Rys. 4. Scenariusze rozwoju rynku silnikowego na świecie [15]

Fig. 4. World engine market development scenarios [15]

Tabela 1. Silniki roku 2006 według magazynu *Engine Technology International* [6]

Table 1. Engines of the year 2006 according to *Engine Technology International* [6]

Engine of the year 2006 in general classification – BMW 5.0 V10	
	Spark-ignition, $V_{ss} = 5.0 \text{ dm}^3$, $N_e = 363 \text{ kW}$ at 7750 rpm, $M_o = 520 \text{ N}\cdot\text{m}$ at 6100 rpm, $\epsilon = 12.0$, 10 cylinders, V-type, 4 valves/cylinder, variable valve timing (Double-Vanos), Engine mass: 240 kg, Vehicle's acceleration 0–100 km/h: 4.7 s, Fuel consumption (concerns the vehicle): 14.8 $\text{dm}^3/100 \text{ km}$.
The best new engine – Volkswagen 1.4 TSI Twincharger*)	
	Spark-ignition, $V_{ss} = 1.39 \text{ dm}^3$, $N_e = 125 \text{ kW}$ przy 6000 rpm, $M_o = 240 \text{ N}\cdot\text{m}$ n range of 1750–4500 rpm, $\epsilon = 10.0$, 4 cylinders, in line, Charge, mechanical compressor and turbo-compressor, Charge pressure: 0.25 MPa, Vehicle's acceleration 0–100 km/h: 7.9 s, Fuel consumption (concerns the vehicle): 7.2 $\text{dm}^3/100 \text{ km}$.
Lowest fuel consumption – Toyota 1.5 Hybrid Synergy Drive**)	
	Spark-ignition, $V_{ss} = 1.497 \text{ dm}^3$, $N_e = 57 \text{ kW}$ at 5000 rpm, $M_o = 111 \text{ N}\cdot\text{m}$ at 4200 rpm, $\epsilon = 13.0$, 4 cylinders, in line, 4 valves/cylinder, variable valve timing, Electric motor: power 50 kW with 1200–1540 rpm, $M_o = 400 \text{ N}\cdot\text{m}$ with 0–1200 rpm, Vehicle's acceleration 0–100 km/h: 10.9 s, $V_{max} = 170 \text{ km/h}$ (concerns the vehicle), Fuel consumption (concerns the vehicle): 4.3 $\text{dm}^3/100 \text{ km}$.

*) otrzymał również tytuł najlepszego silnika w kategorii objętości skokowej od 1,0 do 1,4 dm^3 ,

**) otrzymał również tytuł najlepszego silnika w kategorii objętości skokowej od 1,4 do 1,8 dm^3 .

*) also received the title of the best engine in the category of engine cubic capacity from 1.0 to 1.4 dm^3 ,

**) also received the title of the best engine in the category of engine cubic capacity from 1.0 to 1.8 dm^3 .

it increased by even 4 percentage points. It is predicted that gentle growth shall continue till 2010, and there shall be a trend aiming at an equal share of spark-ignition and self-ignition engines. At the same time the popularity of alternative drives, mainly CNG and hybrid systems will grow (Fig. 3).

It is predicted that the world production of combustion engines shall be still dominated by spark-ignition engines (Fig. 4). The American market mentioned before as well as the Japanese one shall have an important role in this case. Spark-ignition engines shall be the main drive source in the so called emerging markets of China, India and Pakistan. They shall also dominate in poorer countries

and the ones with lower technological level as they are cheaper to buy and less demanding in service. There are also factors limiting world expansion of self-ignition engines. For example in Brazil their usage is limited by law as this country produces big amounts of ethanol as fuel for spark-ignition engines.

While analysing growth dynamics of spark-ignition and self-ignition engines it is easy to observe that after introducing at the end of 1970s and beginning of 1980s ignition supply and three-way catalytic converter, the development of spark-ignition engines experienced some stagnation which lasted more or less till mid 1990s (introduction of direct injection). At that time self-ignition engines became closer to spark-ignition ones in terms of performance and all the time reveal significantly lower fuel consumption. As a result in Europe, where the fuel cost is significant in the car operating costs, spark-ignition engines stopped being competitive in relation to self-ignition ones and they started to lose market even in those places where their position was not threatened (passenger cars). It made engine manufacturers work intensively on new developments that led to introduction of numerous innovations in spark-ignition engines. In the ranking of “*Engine of the year 2006*” organized by *Engine Technology International* magazine, again first place was taken by spark-ignition engines (Tab. 1).

The directions of development of spark-ignition and self-ignition engines were described in detail by the author of this article in his work [9]. On Figs. 5 and 6 only the most

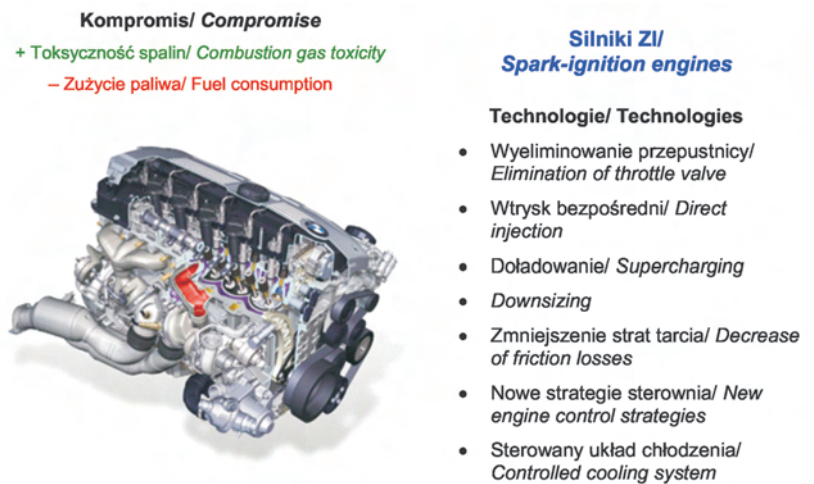
głównym źródłem napędu na tzw. wschodzących rynkach Chin, Indii i Pakistanu. Dominować będą też w krajach biedniejszych i o niższym poziomie rozwoju technicznego, są bowiem tańsze w zakupie i mniej wymagające pod względem obsługi. Istnieją także inne czynniki ograniczające światową ekspansję silników ZS. W Brazylii na przykład ich stosowanie jest ograniczone prawnie, gdyż kraj ten produkuje duże ilości etanolu jako paliwa do silników ZI.

Analizując dynamikę rozwoju silników ZI i ZS można zauważyć, że po wprowadzeniu na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych zasilania wtryskowego i trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego, rozwój silników ZI osiągnął pewną stagnację, która trwała mniej więcej do połowy lat dziewięćdziesiątych (wprowadzenie wtrysku bezpośredniego). W tym czasie silniki ZS zbliżyły się do silników ZI pod względem osiągnięć, cały czas wykazując znacznie mniejsze zużycie paliwa. W efekcie w Europie, gdzie koszt paliwa ma bardzo istotny udział w kosztach eksploatacji samochodu, silniki ZI przestały być konkurencyjne wobec silników ZS i zaczęły tracić rynek, nawet tam, gdzie ich pozycja nie była wcześniej zagrożona (samochody osobowe). Skłoniło to producentów silników do intensywnych prac rozwojowych, które zaowocowały wprowadzeniem w silnikach ZI wielu innowacji. W rankingu „*Engine of the year 2006*” organizowanym przez magazyn *Engine Technology International* pierwsze miejsca ponownie zajęły silniki ZI (tab. 1).

Kierunki rozwoju silników ZI i ZS zostały obszernie opisane w artykule „Tendencje rozwojowe silników spalinowych” zamieszczonym w *Silnikach Spalinowych* nr 1/2004 [9]. Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono jedynie najważniejsze aktualne technologie rozwojowe obu typów silników. Jak łatwo zauważyć, wspólnym trendem obu typów silników jest *downsizing*. Mimo to w Unii Europejskiej średnia pojemność skokowa kupowanych co roku samochodów powoli ale systematycznie rośnie. Związane jest to ze wzrostem zamożności społeczeństwa i wzrostem sprzedaży samochodów wyższych klas. Tendencja do zakupu samochodów o mniejszych pojemnościach skokowych zauważalna jest natomiast w USA i związana jest z utrzymującymi się od dłuższego czasu wysokimi (jak na warunki amerykańskie) cenami benzyny.

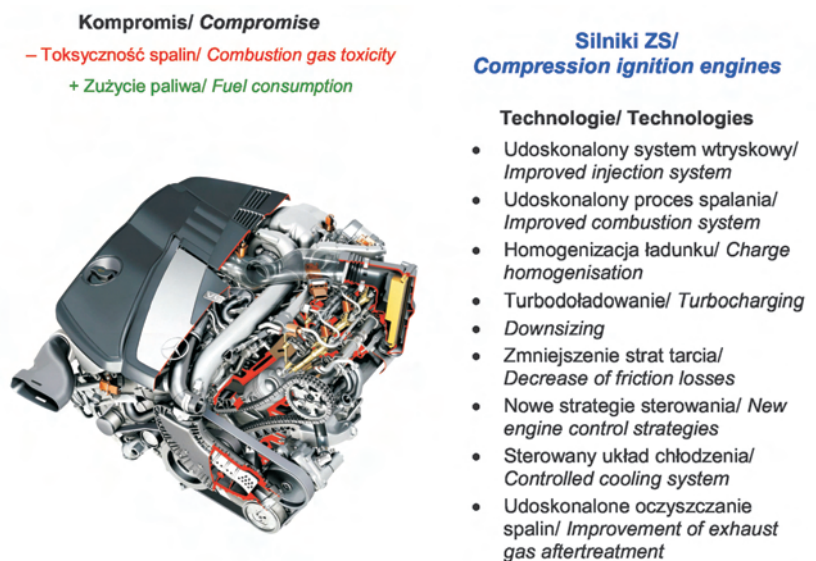
Niezależnie od typu silnika jednym z głównych kierunków prac rozwojowych w zakresie układów napędowych pojazdów (rys. 7) prowadzonych przez większość kon-

important current development technologies of both types of engines were presented. As it can be easily noticed, their common trend is, among others, downsizing (decrease of the main dimensions of the engines – mainly decrease of cubic capacity). However, in the European Union the average engine cubic capacity of vehicles increases, slowly but systematically, year by year. It is related to the increasing wealth of the society and growth of higher class cars sale.



Rys. 5. Technologie rozwojowe silników ZI [17]

Fig. 5. Development technologies of spark-ignition engines [17]



Rys. 6. Technologie rozwojowe silników ZS [17]

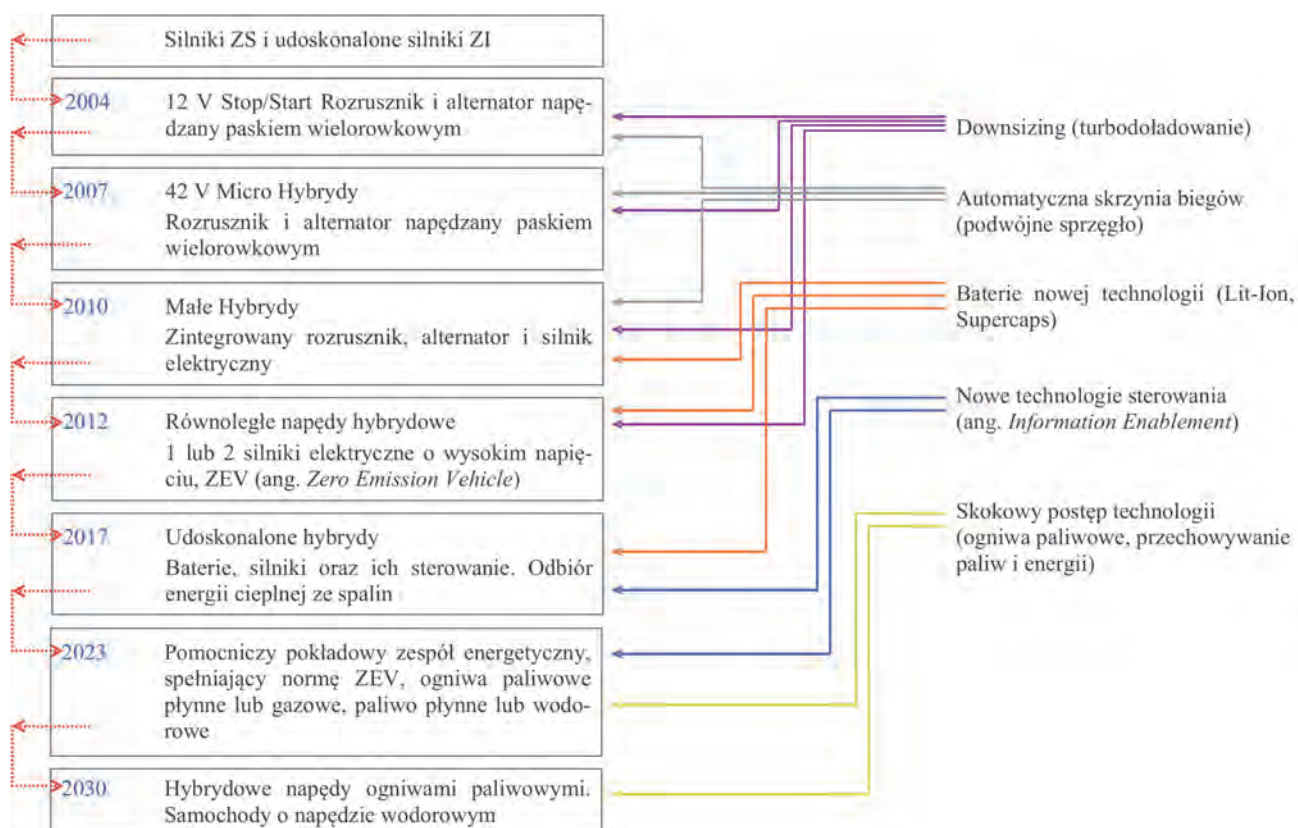
Fig. 6. Development technologies of self-ignition engines [17]

The trend to buy cars with smaller cubic capacity is visible in the USA and is related to high petrol prices (as for American conditions) that can be observed for some time.

Regardless of the engine type, one of the main directions of development works in the scope of drive systems of vehicles and conducted by most car companies, is a system based on cooperation between a combustion engine and an electric

cernów samochodowych jest układ oparty na współpracy napędu spalinowego i elektrycznego, tj. napęd hybrydowy. W raporcie unijnym dotyczącym dynamiki rozwoju układów napędowych pojazdów [1] stwierdzono, że w perspektywie 15–20 lat napęd hybrydowy powinien osiągnąć około 25-procentowy udział w nowych pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej. W tym samym czasie inne perspektywiczne napędy, jak klasyczny napęd elektryczny czerpiący energię z akumulatorów i ogniwa paliwowe, powinny uzyskać udział w rynku na poziomie kilku procent.

motor i.e. hybrid drive (Fig. 7). In the EU report concerning the development dynamics of vehicle drive system [1] it was stated that in the view of 15–20 years the hybrid drive shall achieve about 25-percent share in new cars sold in the area of European Union. During the same time other possible drives such as classic electric drive getting the energy out of batteries and fuel cells, shall have the share in the market at the level of a few percent. At the moment it is most frequently possible to come across the hybrid system in cars sold in Japan and California (system with spark ignition engine).



Rys. 7. Kierunki rozwoju układów napędowych pojazdów samochodowych [7]

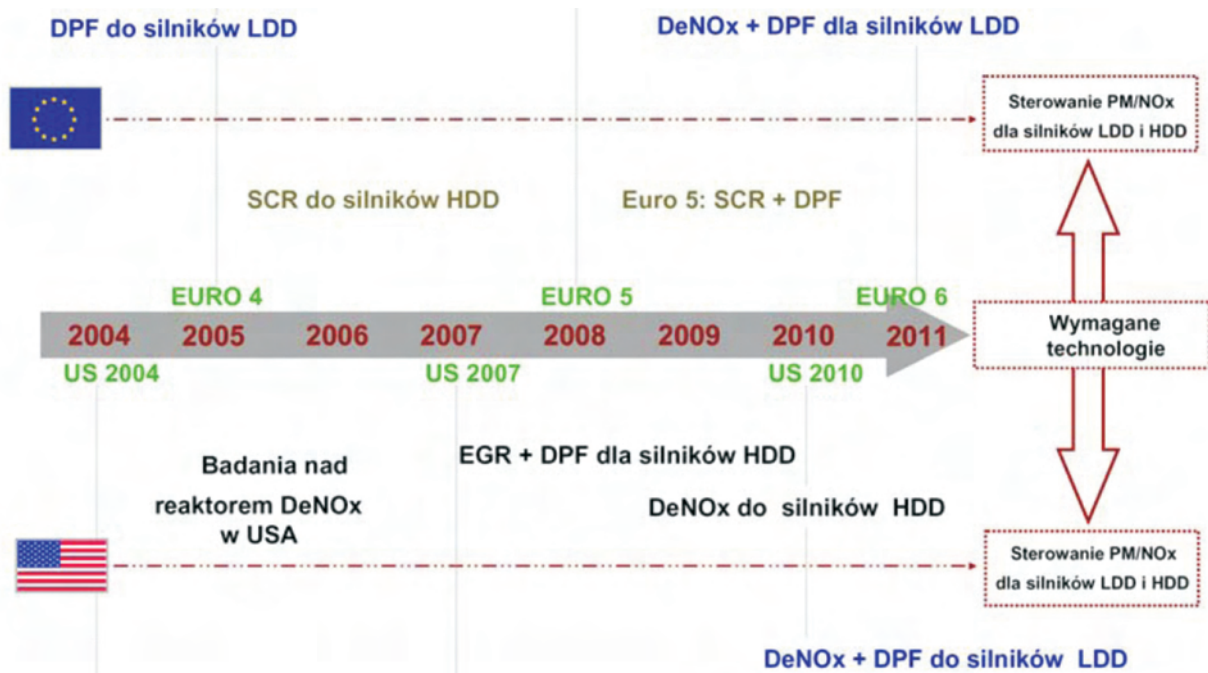
Fig. 7. Development trends in vehicles drive systems [7]

Układ hybrydowy obecnie jest najczęściej spotykany w samochodach sprzedawanych w Japonii i Kalifornii (układy z silnikiem ZI).

Przepisy toksyczności spalin były w ostatnich latach i są nadal jednym z głównych czynników motywujących producentów silników do doskonalenia swoich konstrukcji. Współczesne i przyszłe normy emisji wymagają stosowania wyrafinowanych układów oczyszczania spalin. Szczególnie wiele uwagi poświęca się z konieczności układom usuwającym tlenki azotu i cząstki stałe ze spalin silników ZS (rys. 8). W przypadku filtrów cząstek stałych trwają prace nad udoskonaleniem systemu regeneracji filtra i żywotności całego układu. Obecne systemy oczyszczania spalin współpracują z elektronicznymi urządzeniami kontrolującymi właściwą temperaturę reaktora, skład mieszanki, a także

The combustion gas toxicity regulation have been one of the main motivating factors for engine manufacturers in the scope of their construction improvement. Current and future emission norms require the application of sophisticated combustion exhaust gas aftertreatment systems. Special attention is paid, as needed, to systems eliminating NO_x and PM from the exhaust gas of self-ignition engines (Fig. 8). In the case of PM traps there are works on improvement of filter regeneration as well as the life cycle of the whole system. Presently, exhaust gas aftertreatment systems cooperate with electronic devices that control proper temperature of the converter, composition of the mixture as well as regeneration frequency that takes place every 300–1200 km.

Further development of combustion engines shall be to a large extent stimulated by the regulations limiting the



Rys. 8. Wymagane rozwiązania konstrukcyjne niezbędne do spełnienia norm toksyczności spalin [5]

Fig. 8. Required construction solution necessary in order to comply with the exhaust gas toxicity norms [5]

częstotliwość regeneracji, która odbywa się co 300–1200 km przebiegu pojazdu.

Dalszy rozwój silników spalinowych będzie w dużym stopniu stymulowany przez przepisy ograniczające zużycia paliwa i emisję CO_2 . Wydaje się, że dla konstruktorów będzie to większe wyzwanie niż emisja składników toksycznych. Brak tu bowiem tak prostych i jednocześnie skutecznych rozwiązań jak np. reaktor trójfunkcyjny, a ograniczone możliwości poprawy wynikają z praw termodynamiki. Konieczne będzie jednocześnie wykorzystanie wielu sposobów, aby kumulując ich oddziaływanie uzyskać istotne zmniejszenie zużycia paliwa. Jedną z koncepcji uzyskania niskiej emisji CO_2 i niskiej toksyczności spalin jest stworzenie silnika będącego połączeniem silników ZI i ZS, w którym połączy się zalety obu typów oraz wyeliminuje ich wady. Koncepcja ta znana jest pod nazwą silnika *DiesOtto* i nie została jak dotąd zrealizowana w pełni zadowalający sposób.

3. Pozycja polski jako producenta silników spalinowych

Przemysł motoryzacyjny w Polsce przeżywa w dalszym ciągu dynamiczny rozwój. W styczniu 2007 roku eksport w tym sektorze wyniósł 1,26 mld euro. Jest to wartość wyższa o ponad 167,46 mln euro od uzyskanej w styczniu 2006 roku, a dynamika wzrostu wyniosła 15,3%. Wzrost związany jest m.in. z uruchomieniem produkcji nowych modeli samochodów osobowych (np. w Fiat Auto Poland) oraz samochodów ciężarowych w powstającym zakładzie MAN w Niepołomicach. Przewiduje się, że wartość eksportu przemysłu motoryzacyjnego w 2007 roku osiągnie 16,4–17 mld euro. Dla porównania w 2006 roku eksport wyniósł 14 mld euro.

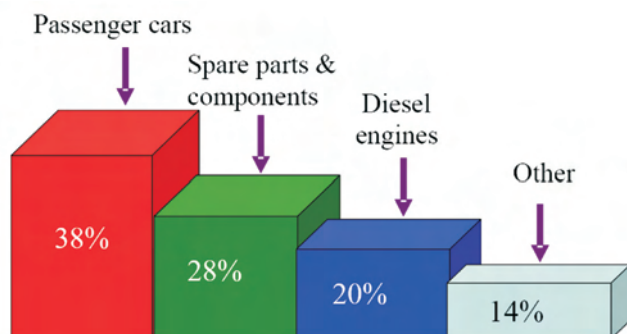
consumption of fuel and CO_2 emission. It seems that it shall be a bigger challenge for constructors than the emission of toxic components. It lacks so simple and at the same time efficient solutions such as for instance: three way catalytic converter and limited improvement possibilities result from the laws of thermodynamics. It shall be also necessary to use simultaneously many ways in order to obtain significant decrease of fuel consumption by accumulating their effects. One of the concepts of obtaining low emission of CO_2 and combustion gas toxicity, is construction of an engine that is a combination of spark-ignition and self-ignition engines, and which has the advantages of both types of engines and eliminates their faults. This concept is known under the name of *DiesOtto* engine and so far has not been carried out in a completely satisfactory way.

3. Position of Poland as a manufacturer of combustion engines

The automotive industry in Poland still experiences dynamic growth. In January 2007 the revenues on export in this industry amounted to EUR 1.26 billion. This value is higher by over EUR 167.46 million than the one obtained in January 2006, and growth dynamics amounted to 15.3%. The increase is related to among others, the launching of new car models (e.g. at Fiat Auto Poland) and trucks at the currently under construction MAN plant in Niepołomiche. It is predicted that the value of automotive industry export in 2007 shall reach the value of EUR 16.4–17 billion. For comparison, in 2006 the revenues on export amounted to EUR 14 billion.

Analogically, in previous years as well as in 2007 the European Union market is a dominant one. As much as

Analogicznie jak w latach poprzednich tak i w 2007 roku dominującym rynkiem zbytu jest rynek Unii Europejskiej. Do 27 krajów UE trafiło aż 88,3% całości eksportu branży. Najważniejszym rynkiem w dalszym ciągu są Niemcy. Jednak zauważalny jest spadek dynamiki eksportu do tego kraju. Drugim krajem docelowym są Włochy. Blisko 20-procentowa dynamika wzrostu pozwoliła zwiększyć udział w eksporcie tego kraju do 20,1%. Na trzecim miejscu utrzymuje się Hiszpania z 7% udziałem. O takim wzroście zdecydował przed wszystkim eksport do tego kraju części i akcesoriów oraz silników.

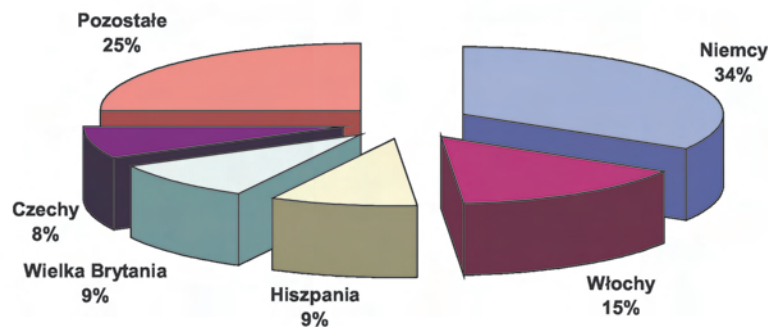


Rys. 9. Struktura eksportu polskiego przemysłu motoryzacyjnego [12]

Fig. 9. Export structure of Polish automotive industry [12]

Niezmiennie w eksporcie branży motoryzacyjnej dominują 3 grupy produktów: samochody osobowe i samochody towarowo-osobowe, części i komponenty oraz silniki ZS. Ich łączny udział w eksporcie branży w pierwszym miesiącu bieżącego roku wyniósł 86,6% i w porównaniu do stycznia 2006 roku był wyższy o 3,9% (rys. 9).

Największy udział od lat stanowi eksport samochodów osobowych i towarowo-osobowych. W styczniu 2007 roku wartość ich eksportu stanowiła 36,3% udziału w całości eksportu branży (styczeń 2006 roku – 39,2%). Ponad 87% trafia na rynki krajów Unii Europejskiej. Największymi odbiorcami są: Włochy (37,7%), Niemcy (11,8%), Hiszpania (8,1%), Ukraina (6,5%) i Wielka Brytania (5,3%) [12]. Drugim filarem eksportu są części i komponenty. W styczniu 2007 roku wyeksportowano ich o 25% więcej w odniesieniu do analogicznego okresu 2006 roku. Trzecia pozycja to silniki; ponad 95% wyprodukowanych silników znajduje odbiorców na terenie Unii Europejskiej, przy czym na pierwszą dziesiątkę krajów przypada aż 99,25% eksportu.



Rys. 10. Główne kierunki eksportu silników produkowanych w Polsce [12]

Fig. 10. Main export directions of engines produced in Poland [12]

88.3% of the whole industry's export got to 27 EU countries. Germany remains the most important market. However, the decrease of export dynamics to Germany can be observed. Second best destination is Italy. Almost 20% growth dynamics allowed to increase the share in export of this country to 20.1%. Spain maintains its third position with 7% share. Such increase was caused first of all by export of spare parts, accessories and engines to this country.

Constantly three groups of products dominate in the automotive industry's export: passenger cars, passenger and minivan cars, parts and components and self-ignition engines. Their total share in the industry's export in the first month this year amounted to 86.6% and in comparison with January this year was higher by 3.9% (Fig. 9).

The export of passenger as well as passenger and minivan cars has the biggest share. In January 2007 their export value constituted 36.3% of total industry's export (January 2006 – 39.2%). Over 87% went to the European Union countries. The biggest recipients include: Italy (37.7%), Germany (11.8%), Spain (8.1%), Ukraine (6.5%) and Great Britain (5.3%) [12]. The second pillar of the export is created by parts and components. In January 2007 25% more parts and components were exported as compared to the similar period of 2006. The third item concerns engines; over 95% of produced engines is sold in the area of European Union and the first ten countries cover as much as 99.25% of export. The main recipients include: Germany, Italy, Spain, Great Britain and The Czech Republic (Fig. 10).

Poland has an over 120 year experience in combustion engine production. It seems, however, that right now we are witnessing the biggest growth of the engine industry in our country. Engine production today in Poland amounts to over 2.2 million items annually – the best result in history and it constitutes 3.5% of the global engine production. This result places Poland among important manufacturers in the world and in Europe among the leading manufacturers. This position is supported by the fact that engines produced in Poland belong to the new generation designs

Engine production structure in Poland is rather uniform. Almost 90% is covered by modern self-ignition engines (Fig. 11) produced in factories of leading world manufacturers. FIAT-GM Powertrain plant in Bielsko Biala has the first position as to engine production scale. Since April 2003 one of the most modern self-ignition engine has been produced there. It obtained a prestigious title of the engine of the year 2005 in the class of units with engine capacity from 1.0 to 1.4 dm³, leaving behind almost 60 other engines of this type. This engine has the capacity of 1.3 dm³ and is supplied by Common Rail type system using Multijet technology. It is known under the following market name: 1.3 SDE, 1.3 JTD or 1.3 CDTi and offered in versions of the following power: 70, 75, 85, 90 and 105 KM. In May 2007 a two-millionth engine of this kind was produced at the FIAT-GM Powertrain Poland plant. The production is constantly increased (in

Największymi odbiorcami są: Niemcy, Włochy, Hiszpania, Wielka Brytania i Czechy (rys. 10).

Polska jest krajem o ponad 120-letniej historii produkcji silników spalinowych. Wydaje się jednak, że właśnie teraz jesteśmy świadkami największego rozkwitu przemysłu silnikowego na terenie naszego kraju. Produkcja silników w Polsce wynosi obecnie ponad 2,2 mln sztuk rocznie – najwięcej w historii i stanowi 3,5% światowej produkcji silników. Wynik ten stawia Polskę na pozycji producenta liczącego się na świecie, a w skali europejskiej plasuje wśród czołowych producentów. Pozycja ta wzmagana jest przez fakt, że produkowane w Polsce silniki to konstrukcje najnowszej generacji.

Struktura produkcji silników w Polsce jest dość jednolita. Prawie 90% stanowią nowoczesne silniki ZS (rys. 11) produkowane w fabrykach czołowych światowych producentów. Pod względem skali produkcji silników w Polsce na pierwszym miejscu plasuje się fabryka FIAT-GM Powertrain w Bielsku Białej. Od kwietnia 2003 roku produkowany jest tam jeden z najnowocześniejszych silników ZS na świecie. Otrzymał on prestiżowy tytuł silnika roku 2005 w klasie jednostek o objętości skokowej od 1,0 do 1,4 dm³, wyprzedzając prawie 60 innych silników tego typu. Silnik ten ma pojemność skokową 1,3 dm³ i zasilany jest w systemie Common Rail wykorzystującym technologię Multijet. Na rynku znany jest pod nazwami: 1,3 SDE, 1,3 JTD lub 1,3 CDTi i oferowany w wersjach o mocy: 70, 75, 85, 90 i 105 KM. W maju 2007 roku w zakładzie FIAT-GM Powertrain Polska wyprodukowano dwumilionowy silnik tego typu. Produkcja jest stale zwiększana (w 2003 roku – 137 834 sztuk, w 2006 roku – 673 475 sztuk) i obecnie produkuje się już około 2700 silników na dobę. Są one przeznaczone do samochodów: Fiat: Panda, Punto, Idea, Palio, Albea, Doblo, Lancia: Ypsilon, Musa, Opel: Agila, Corsa, Astra III, Tigra Twin Top, Combo Tour, Suzuki: Swift, Ignis, Wagon R+, Subaru: G3X Justy.

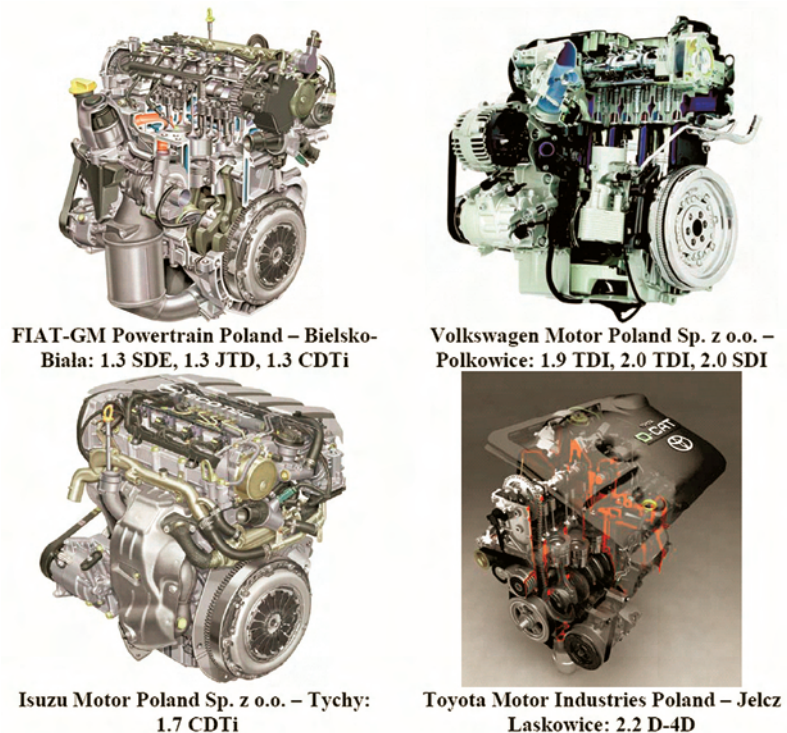
Drugie miejsce na liście producentów silników w Polsce zajmuje Volkswagen. W Polkowicach od 1999 r. produkowane są najbardziej renomowane silniki ZS zasilane pompowtryskiwaczowo – 1,9 TDI, 2,0 TDI i 2,0 SDI. Silniki te produkowane są w wersjach o mocach od 55 do 103 kW i przeznaczone do samochodów Volkswagen: Polo, Golf, Golf Plus, Bora, Jetta, New Beetle, Passat, Touran, Sharan, Multivan, Caddy, Transporter, Audi: A3, A4, A6, Seat: Ibiza, Cordoba, Leon, Toledo, Alhambra, Skoda: Fabia, Octavia Tour, Octavia, Superb. Obecna produkcja przekracza 620 tysięcy sztuk rocznie, a od momentu jej rozpoczęcia wyprodukowano już ponad 4 mln silników. Oddział Volkswagen Motor Polska w Polkowicach został zakwalifikowany do najlepszych producentów silników w światowej strukturze koncernu Volkswagen. Spektrum

2003 – 137 834 units, in 2006 – 673 475 units) and currently produces already about 2700 per day. They are to be used in the following cars: Fiat: Panda, Punto, Idea, Palio, Albea, Doblo, Lancia: Ypsilon, Musa, Opel: Agila, Corsa, Astra III, Tigra Twin Top, Combo Tour, Suzuki: Swift, Ignis, Wagon R+, Subaru: G3X Justy.

Volkswagen has the second position on the engine manufacturer list in Poland. The most renowned self-ignition engines fitted with an injection unit – 1.9 TDI, 2.0 TDI and 2.0 SDI have been produced in Polkowice since 1999. These engines are produced in versions with effective power of up to 103 kW and they are fitted in the following cars: Volkswagen: Polo, Golf, Golf Plus, Bora, Jetta, New Beetle, Passat, Touran, Sharan, Multivan, Caddy, Transporter, Audi: A3, A4, A6, Seat: Ibiza, Cordoba, Leon, Toledo, Alhambra, Skoda: Fabia, Octavia Tour, Octavia, Superb. Current production exceeds 620 thousand units and since its start over 4 million engines have been produced. The Volkswagen Motor Polska Branch in Polkowice has been qualified to the best engine manufacturers in the world structure of Volkswagen concern. The range of production covers there, apart from complete assembly of the engine, also mechanical working of components.

Apart from European companies, also Japanese ones locate their production of engines in Poland. ISUZU, a company capital related to GM and which started in Tychy in 1999. This plant with annual production capacity of 300 thousand engines, was a pioneer in this field. It produces 1.7 CDTi engines with the power from 48 to 74 kW.

D-4D engines produced in Toyota Motor Industries Poland in Jelcz-Laskowce can be considered to be the most sophisticated car engines in Poland. They are supplied in the



Rys. 11. Silniki ZS produkowane w Polsce przez światowe koncerny [7]

Fig. 11. Self-ignition engines produced in Poland by international concerns [7]

produkcji obejmuje tu obok montażu kompletnego silnika, także obróbkę mechaniczną komponentów.

Oprócz koncernów europejskich, produkcję silników lokują w Polsce również firmy japońskie. Pionierem był koncern ISUZU związany kapitałowo z GM, który w 1999 r. uruchomił w Tychach fabrykę o mocy produkcyjnej 300 tysięcy silników rocznie. Wytwarza ona silniki 1,7 CDTi o mocach od 48 do 74 kW.

Silniki typu D-4D produkowane w Toyota Motor Industries Poland w Jelczu-Laskowcach można chyba uznać za najbardziej zaawansowane silniki samochodowe produkowane w Polsce. Silniki te zasilane są w systemie Common Rail i wyposażone w piezoelektryczne wtryskiwacze. Dysponują mocami od 92 do 130 kW. W najmocniejszej wersji silnik wyposażony jest w innowacyjny system oczyszczania spalin D-Cat z reaktorem katalitycznym DPNR (*Diesel Particulate NO_x Reduction*). Roczna produkcja silników w fabryce Toyoty w Jelczu-Laskowcach szacowana jest na 200 tysięcy sztuk.

Drugi zakład Toyoty – Toyota Motor Manufacturing Poland w Wałbrzychu produkuje silniki ZI typu 1,0 VVT-i, w głównej mierze z przeznaczeniem do modelu Toyota Yaris. Możliwości produkcyjne tej fabryki zwiększono ostatnio do 300 tys. sztuk rocznie, a docelowa produkcja ma wynieść 330 tys. sztuk.

Obszar produkcji rodzimych wytwórców silników spalinowych dotyczy w znacznym stopniu jednostek specjalistycznych, stąd skala produkcji jest wielokrotnie mniejsza niż w przypadku światowych koncernów produkujących silniki do samochodów osobowych. Wśród najważniejszych producentów silników wymienić należy m.in. takie firmy jak: H. Cegielski-Poznań S.A., Zakłady Mechaniczne PZL-Wola w Warszawie, PZL-Mielec, Fabryka Samochodów Osobowych S.A. w Warszawie oraz Wytwórnia Silników Wysokoprężnych Andoria w Andrychowie (w likwidacji). Czytelnik zainteresowany bardziej szczegółowymi informacjami na temat profilu produkcji silnikowej w naszym kraju może je znaleźć w artykule pt. „Przemysł silnikowy w Polsce”, który opublikowany został w *Silnikach Spalinowych* nr 3/2005 [8].

4. Przesłanki konkurencyjności Polski w produkcji silników spalinowych

4.1. Uwagi ogólne

Polska jako uczestnik procesu globalizacji może czerpać szereg korzyści wynikających z lokowania inwestycji światowych koncernów w naszym kraju. Korzystne efekty zagranicznych inwestycji są doskonale widoczne w przemyśle silnikowym. Zaletami globalizacji w ujęciu mikroekonomicznym są: wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw krajowych, zmniejszanie bezrobocia, wzrost stopy życiowej mieszkańców, a przede wszystkim szybszy postęp techniczny dzięki transferowi technologii i *know-how*. Z kolei producenci oczekują, że inwestycja w nowym miejscu albo zmniejszy koszty produkcji, albo przyczyni się do poprawy jakości oferowanych dóbr i usług. Najważniejsze czynniki brane przez przedsiębiorstwa pod uwagę przy lokalizacji

Common Rail system and are equipped with piezoelectric injectors. They have the effective power between 92 and 130 kW. In its strongest version the engine is equipped with innovative combustion exhaust gas aftertreatment system with DPNR catalytic reactor (*Diesel Particulate NO_x Reduction*). The annual production of engines at the Toyota factory in Jelcz-Laskowice is estimated at around 200 thousand units.

The second of Toyota's plants – Toyota Motor Manufacturing Poland in Wałbrzych produces spark-ignition engines of 1.0 VVT-i type, mainly for Toyota Yaris model. Production capacity of this plant has been lately extended to 300 thousand units annually and the target production is to be 330 thousand annually.

The area of domestic manufacturers of combustion engines concerns to large extent specialised units, and hence the production scale is many times smaller than in the case of world concerns producing passenger car engines. The most important engine manufacturers include such companies as: H. Cegielski-Poznań S.A., Zakłady Mechaniczne PZL-Wola in Warsaw, PZL-Mielec, Fabryka Samochodów Osobowych S.A. in Warsaw and Wytwórnia Silników Wysokoprężnych Andoria in Andrychów (in liquidation). A reader interested in more detailed information on engine production profile in Poland may find it in the following work [8].

4. Reasons for competitiveness of combustion engine production in Poland

4.1. General remarks

Poland, as a participant in the globalisation process, may take advantage resulting from the location of the investments of the international concerns in our country. Favourable results of foreign investments are perfectly visible in the engine industry. In the microeconomic perspective, globalisation has the following advantages: increase of domestic companies' competitiveness, decrease of unemployment, increase of living standard of inhabitants, and first of all faster technological progress due to technology and knowledge transfer in the scope of new technologies. Also, the manufacturers expect that an investment in a new place either decreases production costs or contributes to quality increase of offered goods and services. These are the most important factors taken under consideration when locating production: labour costs, infrastructure, market size, qualified staff, suppliers network, low political risk and investment incentives.

The fact that the biggest world companies such as Fiat, Volkswagen, Isuzu or Toyota, chose Poland for their state of the art drive units production location, indicates the attractiveness of our country. Investment decisions were made after detailed estimation of potential benefits. A number of elements constitute the competitive advantage of Poland in the scope of combustion engine production. They cover [9]:

- lower production costs as compared with most of European Union countries,
- high work efficiency,
- large production capacities of the economy and access to internal market,
- accumulation of experience in drive units production,

produkcji to: koszt pracy, infrastruktura, wielkość rynku, wykwalifikowana kadra, sieć dostawców, niskie ryzyko polityczne oraz zachęty inwestycyjne.

Fakt, że największe światowe koncerny, takie jak Fiat, Volkswagen, Isuzu czy Toyota, wybrały Polskę jako miejsce lokalizacji produkcji swoich najnowocześniejszych jednostek napędowych, świadczy o atrakcyjności naszego kraju. Decyzje o inwestycjach były podejmowane po dokładnym oszacowaniu potencjalnych korzyści. Na przewagę konkurencyjną Polski z punktu widzenia produkcji silników spalinowych składa się szereg elementów, do których należą [9]:

- niższe koszty produkcji w stosunku do większości krajów Unii Europejskiej,
- wysoka wydajność pracy,
- duże zdolności produkcyjne gospodarki i dostęp do rynku,
- kumulacja doświadczenia w produkcji jednostek napędowych,
- dostęp do wykwalifikowanej kadry,
- dostęp do ośrodków badawczych,
- istniejąca sieć dostawców i producentów,
- korzystne położenie geograficzne.

4.2. Niższe koszty produkcji w stosunku do większości krajów Unii Europejskiej

Koncerny samochodowe, w tym producenci silników spalinowych decydują się na przeniesienie produkcji do Polski, przede wszystkim z uwagi na zdecydowanie niższe koszty pracy w porównaniu z krajami Europy Zachodniej. Według szacunków The Boston Consulting Group (BCG) najwięcej mogą zyskać przedsiębiorstwa, które chciałyby przenieść do Polski produkcję z Niemiec. Średnio, produkcja w Polsce oznacza 30% oszczędności dla firmy niemieckiej, około 27% dla firmy włoskiej, 26% dla firmy brytyjskiej lub francuskiej, 25% dla firmy irlandzkiej i 24% dla firmy hiszpańskiej [13].

W przypadku przedsiębiorstw niemieckich na 30% oszczędności składają się przede wszystkim niższe koszty: pracy (–12%), zużycia materiałów (–11%), zapotrzebowania kapitałowego (–3%) oraz amortyzacji (–1%). Dodatkowym czynnikiem obniżającym koszty są efekty skali (–2% całości kosztów), które powodują spadek jednostkowych kosztów produkcji (rys. 12).

Największy wpływ na obniżanie kosztów produkcji mają koszty pracy, co wynika z różnic w wynagrodzeniach robotników polskich i niemieckich. Obecnie różnice pomiędzy Niemcami a nowymi członkami UE mogą sięgać nawet 90% (rys. 13). Różnice te będą się z czasem zmniejszać, ale pełne zrównanie będzie wymagało nawet kilkudziesięciu lat biorąc pod uwagę 2–3% tempo wzrostu produktu krajowego brutto (PKB) w Europie Zachodniej i średnio 7% tempo wzrostu w Europie Środkowo-Wschodniej.

- access to qualified staff,
- access to research centres,
- existing network of suppliers and manufacturers,
- favourable geographical location.

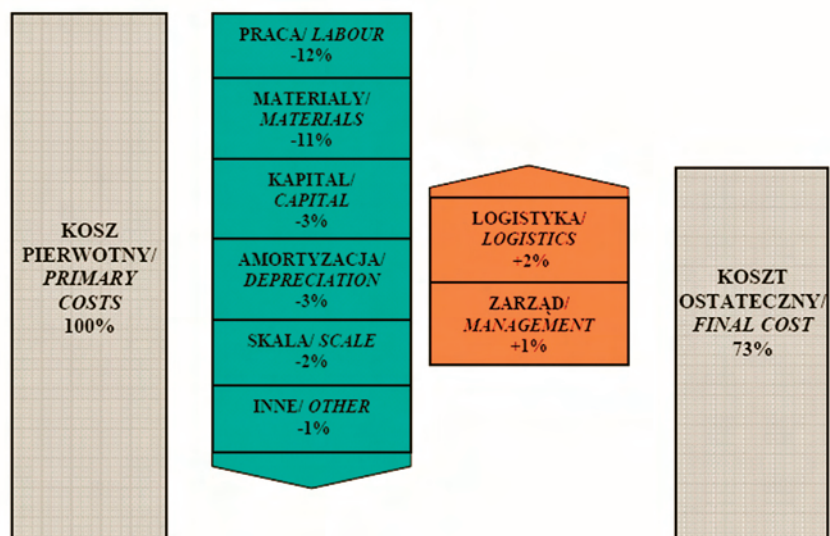
4.2. Lower production costs as compared with most European Union countries

Car concerns, including combustion engine manufacturers, decide to move their production to Poland, first of all due to significantly lower labour costs as compared with most European Union countries. According to the estimate of The Boston Consulting Group (BCG) the companies that can benefit the most from the transfer are the ones considering the transfer of production from Germany. On average, production in Poland means 30% savings for a German company, about 27% for an Italian company, 26% for a British company, 25% for an Irish company and 24% for a Spanish company [13].

In case of German companies the 30% saving means first of all lower labour costs (12%), materials consumption (11%), capital demand (3%) and depreciation (1%). An additional factor lowering the costs is the effect of scale (2% of total costs), which cause the drop of production costs (Fig. 12).

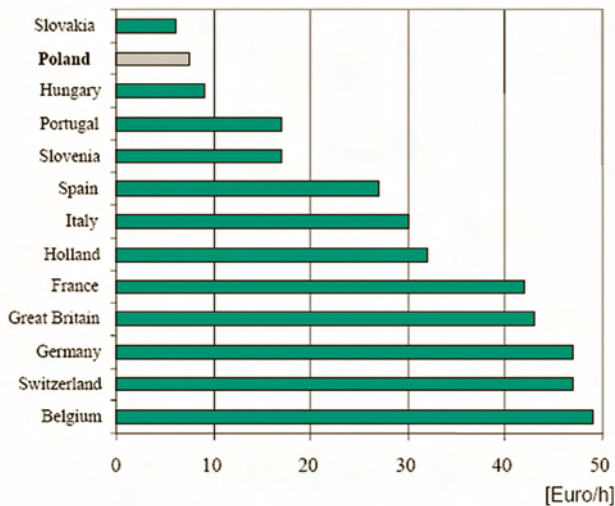
The labour costs have the biggest impact on reducing the production costs and it results from the remuneration differences between Polish and German workers. Currently the differences between Germany and new members of the European Union may be as big as 90% (Fig. 13). The differences shall decrease with time but complete equation shall need even a few dozen years or so, taking into account 2–3% growth of the Gross Domestic Product (GDP) in Western Europe and the average growth of 7% in Central and Eastern Europe.

The next important element of savings are lower costs of material consumption as raw materials and parts for production manufactured at local market are usually cheaper than



Rys. 12. Porównanie kosztów w przypadku przeniesienia produkcji firm branży motoryzacyjnej z Niemiec do Polski [13]

Fig. 12. Comparison of costs in case of moving the production of an automotive company from Germany to Poland [13]



Rys. 13. Porównanie całkowitych kosztów pracy w krajach europejskich [11]

Fig. 13. Comparison of total labour costs in European countries [11]

Kolejnym bardzo ważnym elementem składowym oszczędności są mniejsze koszty zużycia materiałów, gdyż surowce oraz części do produkcji wytwarzane na rynku lokalnym są z reguły tańsze od tych produkowanych w Europie Zachodniej. Niższy koszt zatrudnienia pracowników pozwala także na zastąpienie niektórych drogiej maszyn pracą ludzką, co ogranicza zapotrzebowanie na kapitał niezbędny do produkcji oraz zmniejsza koszty amortyzacji majątku przedsiębiorstwa. Warto też pamiętać, że inwestycje branży silnikowej lokowane są często w specjalnych strefach ekonomicznych, gdzie inwestorzy korzystają z preferencji, w tym różnego rodzaju ulg podatkowych.

Oszczędności w kosztach produkcji muszą zostać skorygowane o wyższe koszty logistyczne (+2%) oraz koszty związane z zarządzaniem nowym zakładem produkcyjnym (+1%). Całkowite oszczędności po uwzględnieniu zarówno czynników zmniejszających jak i zwiększających koszty wynoszą zatem 27%. Przy okazji analizy kosztów nie można pominąć kosztów uruchomienia produkcji w nowym kraju, a zwłaszcza kosztów znalezienia dostawców i organizacji logistyki produkcji. Są to koszty jednorazowe, ale należy brać je pod uwagę przy analizie rentowności zmiany lokalizacji produkcji. Według BCG koszty uruchomienia produkcji na które składają się: znalezienie dostawców, budowa łańcucha logistycznego, szkolenia i wyposażenie, podnoszą o 10 do 40% koszt produkcji w pierwszym roku funkcjonowania zakładu [13].

4.3. Duża wydajność pracy

Niższy koszt zatrudnienia pracowników wynika nie tylko z bezpośrednich różnic w wynagrodzeniach, ale także z dłuższego tygodnia pracy w Polsce w porównaniu z wieloma krajami Unii Europejskiej (rys. 14). Dzięki temu w skali miesiąca lub roku polscy pracownicy wytwarzają więcej np. silników, co obniża koszty jednostkowe i umożliwia zwiększenie efektów skali. Taka sama produkcja w Niemczech lub we Francji wy-

the ones produced in Western Europe. Lower employment costs allows to replace some expensive machines with humans which limits the demand for capital necessary for production and decreases the depreciation costs concerning the company's property. It is also worth remembering that the investments in engine industry are mainly located in special economic zones where the investors take advantage of preferences, including all kinds of tax reliefs.

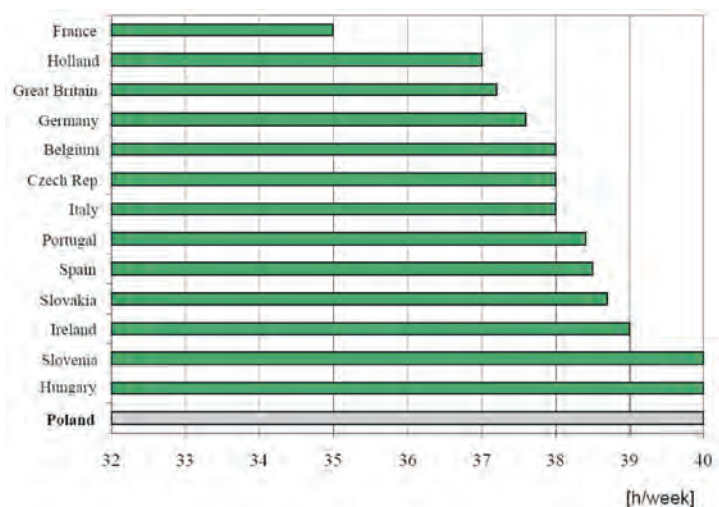
Savings in production costs must be adjusted by higher logistics costs (+2%) and costs related to the management of a new production plant (+1%). Total savings therefore amount to 27%. While analysing costs, the expenditures related to commencement of production in a new country shall be remembered, and especially the costs of finding suppliers and the production logistics organization. These are one time costs but they shall be taken under consideration when analysing the profitability of location change. According to BCG the costs of production commencement including: finding suppliers, building the logistics chain, training and equipment, increase by 10 to 40% production costs in the first year of plant's operation [13].

4.3. High work efficiency

Lower employment costs result not only from direct differences in remuneration but also from a longer working week in Poland as compared with many European Union countries (Fig. 14). Because of that during a month or a year Polish employees produce more engines, which reduces unit costs and enables to increase the effects of scale. The same production in Germany and in France requires employment of more employees which increases costs or with the same requires longer time i.e. lowers the production efficiency in time unit.

4.4. High production efficiency and access to market

The growth of the economy indicates its potential. Poland is a European leader in this scope and our GDP growth is the highest after Slovakia. According to both Polish and foreign institutes forecasts in the coming two years the growth of production potential measured by GDP increase shall be



Rys. 14. Porównanie czasu pracy w wybranych krajach europejskich [11]

Fig. 14. Comparison of working time in chosen European countries [11]

maga zatrudnienia większej liczby pracowników, co zwiększa koszty lub przy tym samym zatrudnieniu wymaga dłuższego czasu, czyli obniża wydajność produkcji w jednostce czasu.

4.4. Duże zdolności produkcyjne gospodarki oraz dostęp do rynku

O potencjale tkwiącym w gospodarce świadczy jej wzrost. Polska należy pod tym względem do liderów w Europie, osiągając najwyższą po Słowacji dynamikę przyrostu PKB. Według prognoz zarówno polskich jak i zagranicznych instytucji w ciągu najbliższych dwóch lat przyrost potencjału produkcyjnego mierzony wzrostem PKB wyniesie między 5 a 6% rocznie. Wielkość gospodarki oprócz potencjału produkcyjnego określa także korzyści związane z dostępem do rynku. Inwestycje na rynku lokalnym wytwarzają pozytywny klimat wokół przedsiębiorstwa, co powinno przełożyć się na zwiększenie sprzedaży na danym rynku. W zakresie produkcji silników spalinowych nie chodzi jednak o szukanie rynku zbytu dla samych silników, ale o kreowanie pozytywnego wizerunku koncernu samochodowego i wzrost sprzedaży samochodów produkowanych przez koncern.

4.5. Kumulacja doświadczenia w produkcji jednostek napędowych

Doświadczenie w wytwarzaniu silników spalinowych może mieć kluczowe znaczenie wtedy, gdy o inwestycje konkuruje kilka państw o niskich kosztach produkcji. Zagranicznym inwestycjom w sektorze sprzyja fakt, że w Polsce istnieje wiele firm wyspecjalizowanych w projektowaniu i produkcji, często o dużych tradycjach. Jak wynika z przytoczonych w rozdziale 3 przykładów, polskie zakłady z powodzeniem produkują najbardziej rozwinięte technologicznie jednostki napędowe, co przyczynia się do kreowania pozytywnego wizerunku Polski jako jednego z liderów branży. Co więcej paleta produkcji może być decydującym argumentem dla koncernów, które chciałyby przenieść do Polski produkcję, ale mają wątpliwości co do jakości produkcji i umiejętności polskich pracowników.

4.6. Dostęp do wykwalifikowanej kadry

Rozwój przemysłu silnikowego w Polsce jest warunkowany w znacznym stopniu dostępnością odpowiednio wykształconej kadry pracowniczej. Dotyczy to zarówno pracowników administracyjnych odpowiedzialnych za organizację pracy i funkcjonowanie firmy, jak i pracowników produkcyjnych, a przede wszystkim kadry inżynierskiej. Im lepiej wykształcona kadra, tym większa konkurencyjność i potencjał rozwojowy przedsiębiorstwa. Polska posiada dobrze rozwinięty system wyższego szkolnictwa technicznego (ponad 30 uczelni), dysponujący odpowiednią bazą naukową i edukacyjną w dziedzinie silników spalinowych. Dostęp do wysoko wykwalifikowanej kadry inżynierskiej zachęcił firmy branży motoryzacyjnej do otwierania w Polsce centrów badawczych. Pierwszym takim centrum było biuro koncernu Delphi, które zatrudnia w Krakowie 600 inżynierów. W 2005 roku kolejne 2 międzynarodowe koncerny TRW Automotive i Remy Automotive podjęły decyzje o uruchomieniu w Polsce swoich centrów badawczych (TRW w Częstochowie i Remy we Wrocławiu).

between 5% and 6% annually. Size of the economy, apart from production potential, also specifies benefits related to the access to the market. Investments on local market create a positive climate around a company that shall also result in increase of sales internal market. In the scope of combustion engine production it is not about looking for sales markets but about creating a positive image of car concern and increase of car sale produced by a given concern.

4.5. Accumulation of experience in drive units production

Experience at combustion engines production may be of a key significance when a few countries with low production costs compete for investment. Foreign investors are supported by the fact that many companies specialised in design and production, often with rich tradition. As it is clear from examples mentioned in chapter 3, Polish plants successfully produce the most developed technologically drive units, which contributes to a positive image of Poland as a leader in this industry. Moreover, the production range may be a decisive argument for concerns that would like to move their production to Poland but have doubts as to production quality and skills of Polish employees.

4.6. Access to qualified staff

The development of engine industry in Poland depends to a large extent on availability of properly educated staff. It also concerns administrative employees responsible for work organization and company's functioning as well as production employees and first of all engineers. The better educated the staff the bigger the competitiveness and development potential of a company. Poland has a well developed system of higher technical education (over 30 universities) that have a proper scientific and educational base in the scope of combustion engines. Access to highly qualified engineers encourages automotive companies to open in Poland research centres. First of them was a Delphi centre, that employees in Krakow 600 engineers. In 2005 next 2 international concerns i.e. TRW Automotive and Remy Automotive decided about the commencement of their research centres in Poland (TRW in Częstochowa and Remy in Wrocław).

4.7. Access to research centres

The development of competitiveness and innovativeness of the engine industry is influenced by, apart from universities, also research and development centres. The engine manufacturers locate their production not only looking for cost reduction but they also expect something more, among others the contribution of local plants in company's development. This development may also take place via improvement of existing as well as development of new solutions.

In case of combustion engines, the research and development base is a condition of implementing new ideas. The biggest Polish units of such type are located in Warsaw, Bielsko-Biała and Krakow. They cooperate with industry and scientific centres in Poland and abroad. Among the centres located in Warsaw, the following ones can be enumerated: Motor Transport Institute, Industry Automotive Institute, Institute of Fuels and Renewable Energy (formerly CLN),

4.7. Dostęp do ośrodków badawczych

Na rozwój, konkurencyjność i innowacyjność przemysłu silnikowego istotny wpływ, poza uczelniami, mają także ośrodki badawczo-rozwojowe. Producenci silników lokalizując produkcję nie szukają wyłącznie oszczędności kosztów, ale oczekują czegoś więcej, między innymi wkładu lokalnych zakładów w rozwój przedsiębiorstwa. Rozwój ten może przebiegać poprzez udoskonalanie istniejących produktów jak i opracowywanie nowych rozwiązań. W przypadku silników spalinowych warunkiem wprowadzania w życie nowych pomysłów jest zaplecze badawczo-rozwojowe. Najważniejsze polskie jednostki tego typu w branży silnikowej znajdują się w Warszawie, Bielsku-Białej i Krakowie. Prowadzą one współpracę z przemysłem oraz ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Wśród ośrodków zlokalizowanych w Warszawie można wymienić: Instytut Transportu Samochodowego, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Instytut Paliw i Energii Odnawialnej (dawniej CLN) i Instytut Lotnictwa. W Krakowie znajduje się Instytut Technologii Nafty, natomiast w Bielsku-Białej Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Samochodów Małolitrażowych BOSMAL.

4.8. Istniejąca sieć dostawców i producentów branży motoryzacyjnej

Bardzo ważnym atutem Polski jest sieć 650 poddostawców branży motoryzacyjnej, spośród których 200 posiada najwyższe standardy jakościowe potwierdzone certyfikatami ISO/TS 16949 [12]. Znaczna część dostawców to firmy zagraniczne, które zdecydowały się przenieść produkcję do Polski. Powodem przenoszenia inwestycji w przypadku poddostawców, oprócz niższych kosztów pracy, jest również podążanie za klientami, czyli za inwestycjami producentów samochodów. Stąd właśnie dużo zakładów pojawiło się jako partnerzy lub spółki-córki koncernów samochodowych. Wzrost inwestycji w produkcję pojazdów pociąga za sobą wzrost inwestycji w sektorze poddostawców. Szacuje się, że jedno miejsce pracy w fabryce producenta finalnego, przyczynia się do utworzenia przynajmniej 5 nowych miejsc pracy u dostawców. Największy udział firm zlokalizowanych w Polsce w dostawach dla producentów ma Fiat Auto Poland oraz FSO, dla których współczynnik polonizacji w zależności od modelu waha się w przedziale 63–88%. Najniższy współczynnik polonizacji dotyczy zakładów Volkswagen Poznań i wynosi około 36%.

4.9. Korzystne położenie geograficzne

Polska leży w samym centrum Europy, dzięki czemu stosunkowo szybko i tanio można dostarczać wyprodukowane dobra zarówno do krajów Europy Zachodniej, jak i Europy Wschodniej, w tym do Rosji lub na Ukrainę. Europa jest jednym z największych odbiorców pojazdów samochodowych. Przystąpienie Polski do struktur unijnych i związane z tym ułatwienie procedur administracyjno-celnych sprawiło, że czas transportu do krajów członkowskich znacznie się skrócił. Sprzedaż do krajów Unii Europejskiej stanowi ponad 94% całości produkcji sektora motoryzacyjnego w Polsce, stąd korzystne położenie jest jednym z ważnych czynników przy wyborze lokalizacji zakładów.

and Aviation Institute. In Krakow there is Institute of Petroleum Processing and in Bielsko-Biala there is the BOSMAL Automotive Research and Development Centre.

4.8. Existing network of suppliers and manufacturers of the automotive industry

Poland's important strong point is the network of 650 sub-suppliers of the automotive industry, including 200 that have the highest quality standards in the form of ISO/TS 16949 certificates [12]. Foreign companies constitute a significant part of suppliers and those companies decided to move their production to Poland. In case of sub-suppliers, the reason for investment movement, apart from lower labour cost, is also chasing clients i.e. investments of car manufacturers. Therefore, many companies appeared in Poland as partners or subsidiaries of car concerns. The increase of investment in car production causes investment growth in sub-suppliers sector. It is estimated that one working place in final manufacturer's factory contributes to creation of at least 5 new places at the supplier's. The biggest share of companies located in Poland in deliveries for manufacturers is enjoyed by Fiat Auto Poland and FSO, for which the share of elements used in vehicle production depending on the model fluctuates between 63–88%. The lowest value concerns the Volkswagen Poznań plant and amounts to about 36%.

4.9. Favourable geographic location

Poland is located right in the centre of Europe, thus, it is possible to deliver produced goods both to Western European and Eastern European, including Russia or Ukraine, relatively quickly and cheaply. Europe is one of the biggest recipients of cars. Poland's access to EU and administrative and customs procedures streamlining significantly shortened the transportation time to member counties. Sales to European Union countries constitutes over 94% of the whole production of automotive sector in Poland. It proves that favourable location of Poland is one of the factors when choosing plants location.

4.10. Poland as compared with other countries

Not all the above mentioned elements of the competitive advantage has the same importance for potential investors and jointly they can have a critical impact on making the decision concerning the location of production in our country. The competitive advantage – its power and components – shall also look differently depending on Poland's competitors for the investment (Fig. 15). Alternative locations may be divided into three regions – Western Europe countries (most often current production places), Central and Eastern European countries (the biggest alternative in relation to Poland) and China (main area of investment location change on the global scale). For manufacturers that have to lower production costs, Central and Eastern European countries seem to be the best location for production plants serving the markets of the European Union countries.

In relation to other Western European countries the most important element of Poland's competitive advantage is as follows: lower production costs. Without doubt it is a decisive factor when making decisions concerning location

4.10. Polska na tle innych państw

Nie każdy z opisanych elementów przewagi konkurencyjnej ma takie same znaczenie dla potencjalnych inwestorów, ale razem mogą mieć decydujący wpływ na podjęcie decyzji o lokalizacji produkcji w naszym kraju. Inaczej też będzie wyglądała przewaga konkurencyjna – jej siła i elementy składowe – w zależności od tego z jakimi państwami Polska będzie konkurowała o inwestycje (rys. 15). Alternatywne lokalizacje można podzielić na trzy regiony – kraje Europy Zachodniej (najczęściej dotychczasowe miejsce produkcji), kraje Europy Środkowo-Wschodniej (największa alternatywa wobec lokalizacji w Polsce) oraz Chiny (główny obszar delokalizacji inwestycji w wymiarze ogólnosiwiatowym). Dla producentów, którzy muszą obniżyć koszty produkcji, kraje Europy Środkowo-Wschodniej wydają się najbardziej właściwą lokalizacją zakładów produkcyjnych obsługujących rynki krajów Unii Europejskiej.

W stosunku do krajów Europy Zachodniej najważniejszym elementem przewagi konkurencyjnej Polski są niższe koszty produkcji. Bez wątpienia jest to decydujący czynnik przy podejmowaniu decyzji o lokalizacji inwestycji. Innym elementem o podobnym oddziaływaniu jest wysoka wydajność pracy wynikająca z dłuższego tygodniowego czasu pracy. Większa wydajność przyczynia się do obniżenia całkowitych kosztów produkcji. Trzecim ważnym elementem jest stosunkowo łatwy dostęp do wykwalifikowanej kadry. Wykwalifikowana kadra jest dostępna również na rynkach Europy Zachodniej, ale dostęp do niej jest trudniejszy ze względu na niższe bezrobocie i wyższe koszty zatrudnienia.

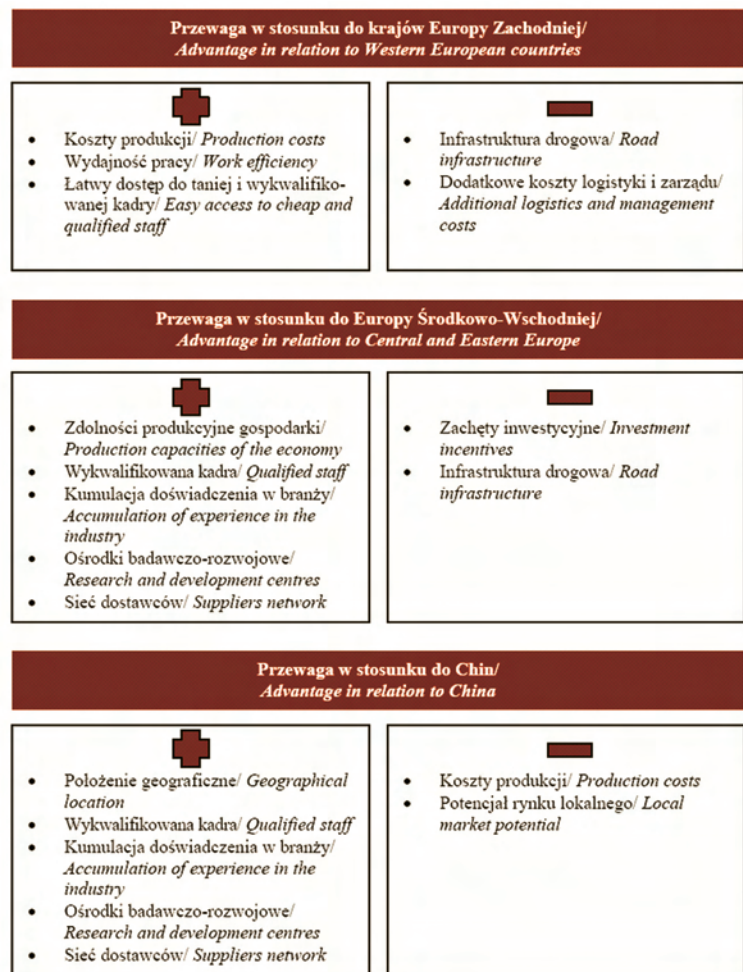
Zdecydowaną wadą Polski w porównaniu do krajów Europy Zachodniej jest niewystarczająca infrastruktura drogowa, brak autostrad oraz zły stan nawierzchni istniejących dróg krajowych. Zła infrastruktura wydłuża czas transportu, a sprawny i szybki transport jest z kolei elementem, który musi rekompensować bardziej odległą lokalizację produkcji.

Polska konkuruje o inwestycje głównie z nowymi członkami Unii Europejskiej, a w szczególności z Czechami, Słowacją i Węgrami. Najslabiej pozycja konkurencyjna Polski kształtuje się na tle Słowacji i Czech, które przyciągają inwestorów zachętami oraz lepszą infrastrukturą drogową. Krajom tym w ostatnim czasie udało się pozyskać znaczące inwestycje takich firm jak: PSA, Toyota, Hyundai i Kia. Dla inwestycji koncernów PSA i Hyundai rozważana była także lokalizacja w Polsce, ale o ostatecznym wyborze Słowacji i Czech zadecydowała lepsza infrastruktura oraz mniej skomplikowane przepisy podatkowe. W stosunku do takich państw jak Węgry, Słowenia, Czechy i Słowacja negatywnie oceniane są przez inwestorów polskie procedury związane z rozpoczynaniem działalności gospodarczej i skomplikowane prawo [12, 14].

Other element of similar value is high work efficiency resulting from longer week time work. Higher efficiency contributes to lowering of the total production costs. Third important element is relatively easy access to qualified personnel. Qualified personnel is also available in other markets of Western Europe but access to those people is more difficult due to lower unemployment and higher employment costs.

A real disadvantage of Poland as compared with Western European is not efficient road infrastructure, lack of motorways and bad surface condition of the existing roads. Poor infrastructure extends the transportation time and efficient and quick transport is then the element that must compensate further location of production. Therefore, most of the so far investments were located close to or in the neighbourhood of the existing highways or motorways.

Poland competes for investments mainly with the new members of the European Union, and in particular with the Czech Republic, Slovakia and Hungary. Poland has the weakest position as compared with Slovakia and Czech Republic that attract investors with tax incentives and better road infrastructure. The said countries managed to win lately such investors as: PSA, Toyota, Hyundai and Kia. In the case of PSA and Hyundai corporations also Polish loca-



Rys. 15. Elementy przewagi konkurencyjnej Polski w stosunku do wybranych regionów [9]

Fig. 15. Elements of competitive advantage of Poland in relation to chosen regions [9]

Pozytywnie wyróżnia Polskę przede wszystkim duży potencjał produkcyjny gospodarki, wyrażający się wielkością i dynamiką wzrostu PKB. Produkt krajowy brutto Polski jest dwa i pół razy większy niż PKB Czech lub Węgier i sześciokrotnie wyższy niż Słowacji. Polska gospodarka rozwija się również bardzo dynamicznie ustępując pod tym względem jedynie Słowacji (5,5% wzrostu wobec 8%). Kolejnym atutem jest liczba ludności przekładająca się na zasoby pracowników i dobry poziom kształcenia inżynierów. Potencjał gospodarki świadczy też o możliwościach zbytu; im większy rynek, tym większe zachęty do produkcji samochodów, a tym samym większy zbyt dla produkowanych na miejscu silników. Bardzo ważnym czynnikiem jest kumulacja doświadczenia w produkcji podzespołów i części do silników i pojazdów samochodowych. Niemniej inne kraje regionu, a przede wszystkim Czechy, posiadają także znaczące doświadczenie w tym zakresie.

Minusem lokalizacji produkcji w Czechach są relatywnie wysokie koszty wynagrodzeń w porównaniu z Polską, a zwłaszcza Słowacją, która oferuje najniższe koszty robocizny spośród tych trzech krajów. Z kolei na niekorzyść Słowacji przemawiają kłopoty jakie miał koncern Hyundai z realizacją inwestycji, związane z wykupem ziemi pod zakłady i koniecznością uruchomienia produkcji bez wymaganych zezwoleń. Po ostatnim poszerzeniu Unii do grona najważniejszych konkurentów w walce o inwestycje dołączyła Rumunia, o jeszcze niższym niż Polska lub Słowacja, poziomie płac, gdzie obecny jest już koncern Renault.

Alternatywą wobec lokalizacji produkcji w krajach Europy Środkowo-Wschodniej należących do struktur unijnych jest także umiejscowienie produkcji na Ukrainie, Białorusi lub w Rosji. Kraje te oferują niższe koszty produkcji niż w Polsce, ale problem dla inwestorów stanowią skomplikowane procedury inwestycyjne oraz większe ryzyko polityczne. Nakłada się na to także dłuższy czas transportu z uwagi na odległość, odprawy celne oraz słabą infrastrukturę drogową.

Ostatnim regionem, z którym Polska konkuruje w walce o lokalizację nowych inwestycji są Chiny. Chiny oferują inwestorom zdecydowanie niższe koszty produkcji, ale za to odległość od rynków europejskich wydłuża i komplikuje transport. Długi czas dostaw i związana z tym możliwość wystąpienia opóźnień utrudnia lub wręcz uniemożliwia dostawy w systemie *just-in-time*, a system ten jest powszechnie stosowany w przypadku produkcji silników i samochodów. Innym niezaprzeczalnym czynnikiem zwiększającym przewagę konkurencyjną Polski w stosunku do Chin jest wykwalifikowana kadra pracowników produkcyjnych oraz doświadczenie w branży wpływające na wysoką jakość produktów i umożliwiające produkcję najnowocześniejszych jednostek napędowych. Łatwiejsza logistyka oraz wymagana jakość produktów sprawiają, że branża silnikowa i ogólnie motoryzacyjna należy do sektorów, w których Polska może z powodzeniem konkurować z produkcją w Chinach w zakresie dóbr przeznaczonych na rynki europejskie.

tion was considered but better infrastructure as well as less complicated tax regulations in Slovakia and Czech Republic decided about the choice of those countries. As compared with countries such as Hungary, Slovenia, Czech Republic investors negatively evaluate Polish procedures of starting commercial activity as well as a complicated law [12, 14].

Poland stands out, first of all, when taking into account huge production potential of the economy that is expressed by the size and dynamics of GDP. Gross Domestic Product of Poland is two and a half times bigger than GDP of Czech Republic and Hungary and six times bigger than Slovakia's. Polish economy also develops very dynamically and is slower only in comparison with Slovakia (8% increase as compared with 5.5%). Population size is also a strong point of Poland as it is related to employees resources and good education background of engineers. Economy's potential also indicates sales possibility, the bigger the market the more incentive for car production and at the same time bigger market for engines produced on the spot. Accumulation of experience at subassembly production and engine part as well as car parts production is also an important factor here. Also Czech Republic is experienced in this field.

Relatively high remuneration costs in Czech Republic are a definite disadvantage of this country as compared with Poland and especially Slovakia which offers the lowest labour costs of the three countries. Slovakia's problem can be exemplified by difficulties experienced by Hyundai with the investment performance and related to buy out of land for the plant and the necessity to start production without necessary permits. After last enlargement of the European Union also Romania joined Poland's competitors group, a country which has even lower remuneration level than both Poland and Slovakia and where Renault's already present.

Location of investment in Ukraine, Belarus or Russia is an alternative for placing the production in Central or Eastern European countries belonging to EU. Those countries offer lower production costs than Poland however their complicated investment procedures and higher political risk are still problematic for the investors. It also coincides with a longer transportation time related to the distance, customs clearance and poor road infrastructure.

China is an important region with which Poland competes in fighting for location of new investments. China offers the investors significantly lower production costs but the distance from European markets prolongs and complicates transportation. Long delivery time and related possibility of delays makes it difficult or even impossible to take advantage of *just-in-time* delivery, and this system is commonly used in case of engine and car production as it significantly lowers the costs of stock. An important shortcoming of the Chinese market is the lack of automotive service base and proper quantity and quality of staff – issues that were not mentioned earlier. Unquestionable factor that increases competitive advantage of Poland over China is also qualified production staff and experience in the industry that has impact on high quality of products and enabling production of state of the art drive units. Easier logistics and required

5. Podsumowanie

Dynamiczny rozwój przemysłu silnikowego zachodzący w Polsce w ostatnich latach spowodował, że kraj nasz znalazł się w czołówce europejskich producentów silników. Wysoką pozycję Polski w rankingu producentów silników umacnia fakt bardzo nowoczesnego profilu produkcji.

Dalszy rozwój produkcji i przemysłu silnikowego w Polsce należy nadal wiązać raczej z nowymi inwestycjami koncernów zagranicznych, niż z rozbudową przemysłu rodzimego. Inwestycje te są w głównej mierze elementem procesu przenoszenia produkcji do państw o niższych kosztach pracy, co jest jednym z kluczowych składników strategii konkurencyjnej koncernów samochodowych. Jest to konsekwencja postępującego procesu globalizacji, który wpłynął również na intensywny rozwój przemysłu silnikowego w Polsce. Pozyskanie kolejnych inwestycji zagranicznych uzależnione jest od uzyskania przez Polskę przewagi konkurencyjnej nad innymi potencjalnymi lokalizacjami inwestycji, w szczególności tymi w naszym najbliższym sąsiedztwie. A jest o co zabiegać. Analitycy PriceWaterhouseCoopers przewidują [14], że w ciągu kolejnych pięciu lat inwestycje przemysłu motoryzacyjnego w Europie Środkowej i Wschodniej przekroczą 3 mld dolarów, zwiększając udział Czech, Węgier, Polski, Rumunii, Słowacji i Słowenii w światowej produkcji do 8%.

Przewaga konkurencyjna Polski w zakresie produkcji silników spalinowych jest większa niż wynikałoby to z ogólnej przewagi konkurencyjnej kraju w zakresie lokowania inwestycji zagranicznych. Dzieje się tak dlatego, że w Polsce istnieje dobrze rozwinięte zaplecze branży motoryzacyjnej, na które składa się sieć dostawców, ośrodki badawczo-rozwojowe, wykwalifikowana kadra oraz dotychczasowe udane inwestycje w produkcję nowoczesnych silników spalinowych. Mimo tego, że Polska nie jest uważana za kraj szczególnie atrakcyjny wśród krajów Europy Środkowo-Wschodniej i jest gorzej oceniana przez inwestorów zagranicznych niż Czechy, Słowacja, Słowenia i Węgry, to branża motoryzacyjna, a w szczególności sektor produkcji silników spalinowych, należą do tych dziedzin, w których Polska wyróżnia się pozytywnie na tle innych państw i które mogą decydować o rozwoju całej gospodarki.

Obecnie w Polsce produkcja silników spalinowych w skali roku wynosi ponad 2,2 mln sztuk, ale biorąc pod uwagę plany inwestycyjne producentów, liczba wytwarzanych silników jeszcze wzrośnie. Do inwestycji o kluczowym znaczeniu będą należały: rozbudowa linii produkcyjnej w fabryce Opla w Gliwicach oraz inwestycje firmy MAN obejmujące otwarcie zakładu produkcyjnego o wydajności 15 tysięcy samochodów ciężarowych rocznie oraz zwiększenie produkcji autobusów. Jest również szansa na rozbudowę potencjału produkcyjnego Volkswagena. Niemiecki koncern zamierza w latach 2007-2009 zwolnić około 30 tysięcy osób z fabryk krajów Europy Zachodniej, w tym blisko 20 tysięcy w Niemczech. Jednocześnie zapowiada, że produkcja i zatrudnienie będą rosły w krajach o niskich kosztach pracy. Inną szansą na rozwój branży są inwestycje planowane w sektorze motoryzacyjnym w ciągu najbliż-

production quality cause that the engine industry and generally automotive industry belongs to sectors in which Poland may successfully compete with production in China in the scope of goods for the European markets.

5. Summary

Dynamic development of engine industry that has been taking place in recent years causes that our country was placed in the lead of European engine manufacturers. Good position of Poland in the engine manufacturer ranking is strengthened by a very modern production profile.

Further development of engine production in Poland shall still be related to new investments of foreign corporations rather than development of domestic industry. The investment constitutes, to a big extent, an element of production transfer process directed at countries with lower labour costs which is a key element of car corporations' competitive strategy. It is a consequence of a developing globalisation process that also had its impact on intensive development of engine industry in Poland. Winning further foreign investments depends on obtaining by Poland a competitive advantage over other local potential investments, and in particular the ones in Poland's neighbourhood. There is a lot to win. The analysts of PriceWaterhouseCoopers predict [14], that during the next five years foreign investments in the automotive industry in Central and Eastern Europe shall exceed 3 billion dollars, increasing the share of the Czech Republic, Hungary, Poland, Romania, Slovakia and Slovenia in the world production up to 8%.

Competitive advantage in the scope of combustion engine production is bigger than it would be clear from general competitive advantage of the country as far as placing foreign investment is concerned. It happens because in Poland there are: well developed base of automotive industry that consists of a network of suppliers, research and development institutes, qualified personnel and so far successful investments in production of modern combustion engines. Even though Poland is not considered as a very attractive country among Central and Eastern European countries and has worse rating among foreign investors than the Czech Republic, Slovakia, Slovenia or Hungary, the automotive industry – and in particular combustion engine sector, belongs to the fields in which Poland stands out as compared to other countries and the fields that may be decisive in the development of the whole economy.

At the moment the production of combustion engines annually amounts to over 2.2 million items and taking into account the investment plans of the manufacturers, the number of produced engines shall still increase. Key investments shall cover: extension of production at the Opel plant in Gliwice, investments of MAN company covering opening a production plant of annual capacity amounting to 15 thousand trucks and increase of bus production. There is also a chance for the development of production potential of Volkswagen. The German concern is to, between 2007-2009, make about 30 thousand employees from plants in Western Europe redundant, including 20 thousand in Germany. At the same time it seems that both production and employment

szych lat. Do najważniejszych będą należały inwestycje koncernu Bridgestone w Stargardzie Szczecińskim, MAN w Poznaniu, Niepołomicach i Starachowicach, Magneti Marelli Suspension Systems w Bielsku-Białej, Volvo we Wrocławiu, Dr. Schneider Automotive Poland w Radmierzu, Delhi Automotive Systems w Gliwicach oraz Johann A. Krause Polska w Gdańsku.

Przemysł silnikowy będzie się więc w Polsce nadal rozwijał, gdyż ma tu sprzyjające do tego warunki. Wskazane byłoby jednak, aby polscy inżynierowie i naukowcy w większym stopniu angażowani byli w proces projektowania i badań silników, gdyż obecnie ich rola ogranicza się głównie do nadzorowania procesu produkcyjnego.

Artykuł recenzowany

shall increase in counties with low labour costs. Another opportunity for industrial investment can be the investments planned in the automotive industry within coming years. The most important investments shall include Bridgestone concern in Stargard Szczeciński, MAN in Poznań, Niepołomiche and Starachowice, Magneti Marelli Suspension Systems in Bielsko-Biala, Volvo in Wrocław, Dr. Schneider Automotive Poland in Radmierz, Delhi Automotive Systems in Gliwice and Johann A. Krause Polska in Gdańsk.

The engine industry will still develop in Poland as there are favourable conditions. It shall be also good for the Polish engineers and scientists to engage to a bigger extent in design and research of engines as at the moment their role is limited mainly to supervising the production process.

Skróty i oznaczenia:

BCG	Boston Consulting Group	LDD	lekkie silniki ZS/light duty diesel
CNG	spężony gaz ziemny/compressed natural gas	NO _x	tlenki azotu/nitric oxides
Downsizing	zmniejszenie wymiarów z zachowaniem wartości wskaźników operacyjnych silnika	PM	cząstki stałe/particulate matter
DPF	filtr cząstek stałych/diesel particulate filter	ZI	zapłon iskrowy/spark ignition
DPNR	filtr cząstek stałych połączony z absorberem NO _x /diesel particle NO _x reduction	ZS	zapłon samoczynny/compressed ignition
EGR	recyrkulacja spalin/exhaust gas recirculation	V _{ss}	pojemność skokowa silnika/swept volume
HDD	wysilone silniki ZS/heavy duty diesel	M _o	moment obrotowy/torque
		N _e	moc silnika/power engine
		ε	stopień sprężania/compression ratio

Literatura/Bibliography

- [1] Christidis P., Hidalgo I., Soria A.: Dynamics of the Introduction of New Passenger Car Technologies. European Commission, Joint Research Center, Report EUR 20762 EN, 2003.
- [2] CSM Q3, 2006.
- [3] Diesel Technology Forum, www.dieselforum.org
- [4] European Automobile Manufacturers' Association, www.acea.be
- [5] Joubert E., Seguelong T., Weinstein N.: Review of SCR technologies for Diesel Emission Control: European experience and Worldwide perspectives. Diesel Engine Emissions Reduction, Coronado 2004.
- [6] Lachapelle M.: 2006 International Engine of the Year (autos.msn.com).
- [7] Merkisz J.: Engine manufacturing industry in Poland and its circumstances. Referat wprowadzający na II Międzynarodowym Kongresie PTNSS, Kraków 21 maja 2007.
- [8] Merkisz J.: Przemysł silnikowy w Polsce. Silniki Spalinowe [Engine industry in Poland. Combustion Engines], nr 3/2005, Bielsko-Biała 2005.
- [9] Merkisz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych. Silniki spalinowe [Development trends of combustion engines. Combustion Engines], nr 1/2004, Bielsko-Biała 2004.
- [10] Merkisz-Guranowska A., Merkisz J.: Competitive Advantage of Poland in Production of Combustion Engines. II Międzynarodowy Kongres PTNSS, Kraków 2007.
- [11] Polska Agencja Informacji i Inwestycji Zagranicznych, www.paiiz.gov.pl
- [12] Polska Izba Motoryzacji, www.pim.org.pl
- [13] Raport: Poland's Advantage: Why Poland can become a global manufacturing player. The Boston Consulting Group, Warszawa 2004.
- [14] Raport: 2003 Global Automotive Financial Review. PriceWaterhouseCoopers, 2004.
- [15] Report of McKisnwy & Company Inc., Munich 2006.
- [16] Stawicka M.: Atrakcyjność inwestycyjna Polski. Cedetu, Warszawa 2006.
- [17] Weber T.: The importance of research and development for the sustainable success of global automotive manufactures. 27 Internationales Wiener Motorensymposium, Düsseldorf 2007.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

Prof. Jerzy Merkisz M.Eng., Ph.D., D.Sc. – Professor in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznań University of Technology.



Przyszłość silników spalinowych w świetle 28. Międzynarodowego Sympozjum Silnikowego w Wiedniu

W artykule przedstawiono ważniejsze wnioski wynikające z aktualnej dyskusji na temat wpływu motoryzacji na zmiany klimatyczne. Na tym tle przedstawiono najważniejsze tendencje rozwoju współczesnych silników spalinowych i zilustrowano je przykładami. Dokonano porównania potencjału rozwojowego silników ZI i ZS oraz tendencje w wykorzystaniu źródeł energii.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, silnik spalinowy, paliwa

The future of the combustion engines from the sight of the 28th International Vienna Motor Symposium

Some important considerations from present discussion on the influence of the motorization on climate changes have been presented in the paper. On this background the most important tendencies in the combustion engines development have been described and illustrated with some examples. The comparison of the development potential of SI and CI engines were made and the tendencies in taking advantage of the energy sources were discussed.

Key words: climat changes, combustion engine, fuels

1. Międzynarodowe Wiedeńskie Sympozjum Silnikowe i jego tematyka

Już od 30 lat Austriackie Stowarzyszenie Inżynierów Motoryzacji organizuje Wiedeńskie Międzynarodowe Sympozjum Silnikowe, które odbywa się co roku na wiosnę i trwa 2 dni. Na ostatnim sympozjum, które odbyło się w kwietniu tego roku, wiodący światowi specjaliści przemysłu samochodowego przedstawili najświeższe osiągnięcia w badaniach jednostek napędowych, ich projektowaniu i produkcji. Chociaż organizowane sympozja cieszą się ogromnym powodzeniem, liczba uczestników nie przekracza tysiąca, ponieważ podczas względnie długich przerw taka liczba uczestników umożliwi swobodne dyskusje w kularach, które naszym zdaniem są tak samo ważne jak prezentacje artykułów.

Wiedeńskie Międzynarodowe Sympozjum Silnikowe odbywa się w Rezydencji Cesarzy Austriackich, którzy rządili przez ponad 600 lat (rys. 1–4).

Główne tematy podjęte w czasie kwietniowego sympozjum w roku 2007 były następujące [1]:

- w przyszłości zapewniony będzie transport indywidualny,
- w przyszłości będzie także wystarczająca ilość paliw,
- silniki konwencjonalne będą nadal udoskonalane w zakresie polepszania wskaźników pracy, zmniejszania zużycia paliwa i dążenia do wyjątkowo niskiej emisji związków toksycznych,
- czynione są ogromne wysiłki w celu rozwoju napędów hybrydowych, a firmy takie jak BMW, GM Motors i DaimlerChrysler współpracują podążając śladem Toyoty,

Referat wygłoszony w sesji plenarnej 2. Międzynarodowego Kongresu Silników Spalinowych PTNSS w maju 2007 r. w Krakowie. Streszczenie i śródtytuły pochodzą od redakcji

1. International Vienna Motor Symposium and its topics

For almost 30 years now, the Austrian Society of Automotive Engineers has organized the International Vienna Motor Symposium which is held annually for a period of two days in the spring. At this 28th symposium in April this year, leading experts from the automotive industry, worldwide, present the latest findings of engine and powertrain research, design and development. Each year our symposium is totally overbooked, but we restrict the number of participants to 1000 because this number permits personal discussions which we think are as important as the contents of the lectures, during the relatively long breaks.

The International Vienna Motor Symposium is held in the former Residence of the Austrian Emperors (shown in the Figure 1), who ruled for more than 600 years and it is now the regular location of the symposium. Figures 2, 3 and 4 show the interior of the building.

The major topics addressed by our symposium in April 2007 [1] were as follows:

- individual mobility will be assured in the future,
- there will also be enough fuel in the future,
- our good old conventional engines will continue to make progress with regard to performance, reduced fuel consumption and extremely low emissions,
- fourthly, there are enormous efforts being made to develop hybrids and big companies like GM Motors, DaimlerChrysler and BMW are working together to follow the example of Toyota,

Paper presented in plenary session of the 2-nd International Combustion Engine Congress in May 2007 in Kraków. Abstract and titles of chapters are added by the editor.



Rys. 1. Rezydencja austriackich cesarzy

Fig. 1. The former Residence of the Austrian Emperors



Rys. 3. Sala ceremonialna

Fig. 3. Zeremoniensaal



Rys. 2. Uczestnicy Sympozjum

Fig. 2. Participants of Symposium



Rys. 4. Festsaal

Fig. 4. Festsaal

– różne firmy samochodowe starają się wprowadzić samochody z napędem ZS na rynek USA.

Co roku prezentowane są także artykuły na temat zmiany klimatu.

2. Dyskusja na temat zmian klimatu

Chciałbym rozpocząć od ostatniego punktu poruszonego na sympozjum: „Dwutlenek węgla jako gaz cieplarniany” ze względu na pojawiające się rozbieżności i wątpliwości. Przed rokiem Dr Berner z hanowerskiego Instytutu Nauk o Ziemi i Zasobów Naturalnych przedstawił główne fakty dotyczące zmiany klimatu [2]:

1. Klimat zmieniał się na przestrzeni całej historii Ziemi.

Dzisiejsza zmiana klimatu jest niczym zaskakującym.

Pod względem stężenia dwutlenku węgla w atmosferze

– different companies are making enormous efforts to introduce diesel passenger cars in the United States.

Finally, every year important lectures have been held concerning climate change.

2. The discussion on the climate changes

I'd like to start with the final point: "Greenhouse Gas Carbon Dioxide", because there are a lot of uncertainties and contradictions. Last year Dr. Berner from the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany, gave a "Flashback into the Past and an Outlook into the Future", highlighting the following points [2]:

1. Climate changes have always taken place during the whole of the earth's history. Today's climate change is nothing extraordinary. In Figure 5 we see atmospheric carbon dioxide concentrations and temperature over age in millions of years. The result is that with regard to atmospheric carbon dioxide concentrations, there is today the lowest concentration for more than 500 million years. And the temperature is not unusual within this time period.

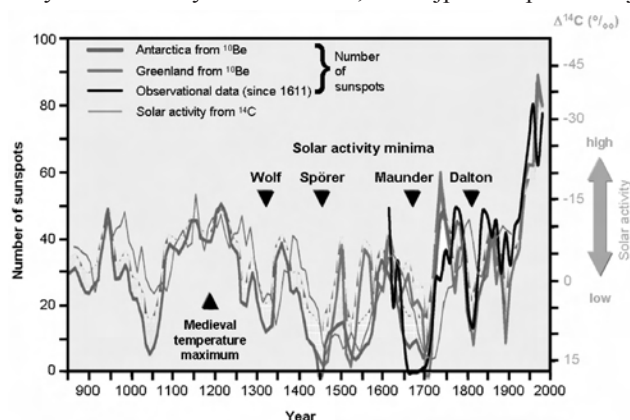
2. Greenhouse gases like CO₂ made an important contribution to the climate system in the past, but were not the trigger.

obecnie notuje się najniższe jego stężenie w czasie ostatnich 500 milionów lat (rys. 5). Wartości temperatury także nie są niczym zaskakującym jeśli chodzi o ten sam okres czasu.

2. Gazy cieplarniane, m.in. dwutlenek węgla, istotnie wpłynęły na system klimatyczny ziemi w przeszłości, ale to nie my zapoczątkowaliśmy te zmiany.
3. Zmiany klimatu można wyjaśnić jedynie odwołując się do wielu czynników oddziałujących ze sobą: między innymi energii słonecznej, aerozoli naturalnych i wyprodukowanych przez człowieka.
4. Zmiany w aktywności słońca pociągają zmiany klimatu zdecydowanie bardziej niż wpływające na klimat gazy śladowe. Rysunek 6 przedstawia rekonstrukcję aktywności słońca podczas ostatnich 1150 lat w oparciu o rdzeń lodowców (^{10}Be) i drewno (^{14}C), a także bezpośrednią obserwację. Wszystkie metody potwierdzają, że aktywność słoneczna osiągnęła swój najwyższy poziom właśnie w XX wieku, z wartością znacznie przewyższającą tą z okresu 1000 lat temu.
5. Z wielu zaawansowanych programów komputerowych, które mają na celu zbudowanie przyszłych modeli klimatu, opinia publiczna jest informowana tylko o tych symulacjach, które odnoszą się do skrajnych warunków, co jest częstą praktyką, choć nie w pełni zgodną z nauką.
6. Uzasadnione może być podważanie ustaleń Traktatu z Kyoto. Nawet jeśli traktat zostałby wprowadzony w życie, to i tak nie wpłynąłby zasadniczo na zmianę klimatu (rys. 7).

Trzy prognozy dotyczące przyszłego rozkładu temperatury są oparte na następujących przesłankach: „jak zwykle biznes”, „pełne wprowadzenie Traktatu z Kyoto” oraz „państwa przemysłowe zmniejszają swoją emisję o 1% każdego roku aż do 2100”.

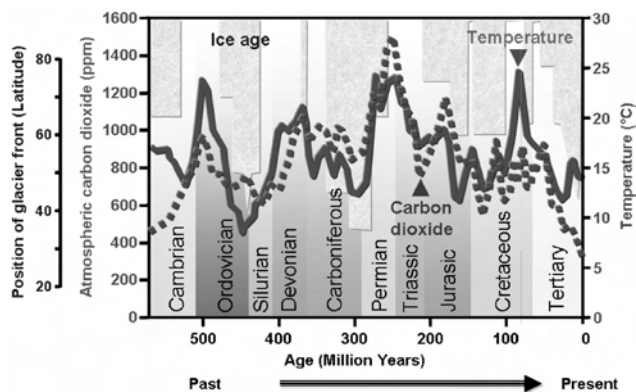
Chociaż dr Brener skonfrontował swoje wcześniejsze twierdzenia z wynikami i wnioskami tegorocznej konferencji IPCC, doszedł do podobnych konkluzji. Bez wątpienia twierdzenia dra Brenera stoją w sprzeczności z opinią innych specjalistów, takich jak na przykład prof. Sausen z Instytutu Fizyki Atmosfery. Twierdzi on, że najprawdopodobniej



Rys. 6. Rekonstrukcja działania promieni słonecznych (fal elektromagnetycznych)

Fig. 6. Reconstructions of solar activity

[Source: U. Berner : „Greenhouse Gas Carbon Dioxide – A Flashback into the Past and an Outlook into the Future”; 27th International Vienna Motor Symposium, 27-28 April 2006, Vol. 1, Page 49]

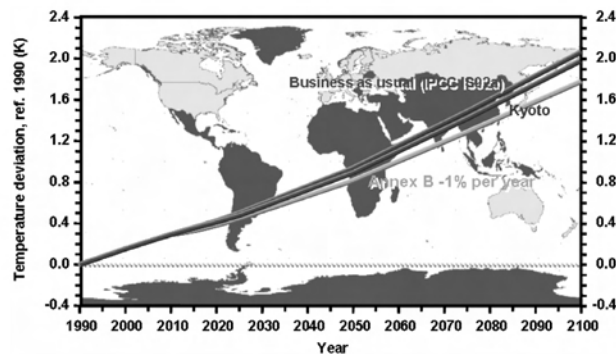


Rys. 5. Epoka lodowcowa z przemieszczającym się lodowcem

Fig. 5. Ice ages with glacier advances

[Source: U. Berner : „Greenhouse Gas Carbon Dioxide – A Flashback into the Past and an Outlook into the Future”; 27th International Vienna Motor Symposium, 27-28 April 2006, Vol. 1, Page 4]

3. Only the interplay of several factors like the sun, natural and anthropogenic aerosols, climate effective trace gases and others can explain climate changes.
4. Changes of sun activities correlate with climate changes much better than changes on atmospheric concentration of climate effective trace gases, Figure 6. Here you can see reconstructions of solar activity during the last 1150 years from ice cores (^{10}Be) and wood (^{14}C) as well as from direct observations. All methods prove that solar activity reached the highest levels during the 20th century, with values significantly above those of the 1000 years before.
5. From the many extensive computer programs which attempt to calculate different scenarios forecasting the future of the climate, the public is only informed on the simulation results relating to the upper boundary conditions, a practice which does not necessarily comply with the proper understanding of science.
6. The relevance of the measures of the Kyoto Protocol can be questioned with justification. Even if the Kyoto Protocol were put into effect, it would not influence the climate change significantly enough, Figure 7.



Rys. 7. Trzy scenariusze zmian temperatury

Fig. 7. Three temperature scenarios

[Source: U. Berner : „Greenhouse Gas Carbon Dioxide – A Flashback into the Past and an Outlook into the Future”; 27th International Vienna Motor Symposium, 27-28 April 2006, Vol. 1, Page 52]

istotną część zmiany klimatu jest spowodowana czynnikiem ludzkim. Transport w sposób zasadniczy wpływa na zmianę klimatu. Około 25% dwutlenku węgla emitowanego przez człowieka podczas spalania paliw kopalnych i produkcji cementu, wynika z potrzeb transportu, w którym transport drogowy ma swój największy udział. Oprócz emisji głównych gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla, transport drogowy jest odpowiedzialny także za emisję prekursorów innych gazów cieplarnianych (np. ozon) poprzez wydzielanie aerozoli, modyfikowanie stanu zachmurzenia i własności optycznych chmur.

Jeśli chodzi o wątpliwości dotyczące jego teorii, profesor stwierdził: powyższe czynniki, oddziałujące na klimat nadal wymagają właściwej kwantyfikacji. Jest ona niezwykle ważna, ponieważ oczekuje się, że transport będzie rozwijał się szybciej od innych sektorów gospodarki.

W tym roku prof. dr Frank Arnold z Instytutu Fizyki Jądrowej Maxa Plancka w Heidelbergu przedstawił badania pt. „Siarka w atmosferze: wpływ na środowisko i klimat” [1]. Siarka atmosferyczna ma bardzo silny wpływ na środowisko i klimat. Przypuszczalnie siarka nie powinna zaburzać systemu klimatycznego bardziej niż to jest przedmiotem kwestii. Kwaśne deszcze wywołane na skutek działalności człowieka tworzą cząsteczki aerozoli, które ochładzają klimat i przez to przeciwdziałają ociepleniu. Ostatnia praca grupy badawczej z Heidelbergu przedstawia nowe spojrzenie na powstawanie tych cząsteczek. Badania objęły zarówno prace laboratoryjne, jak i pomiary atmosferyczne gazowych i jonowych prekursorów aerozoli na wysokości od 0 do 40 km. Zbadano także ilość tych związków śladowych w spalinach samolotów, statków oraz pojazdów silnikowych. Na rysunku 8 przedstawiono globalny rozkład emisji SO_2 przez człowieka. Nad oceanami emisja SO_2 jest ściśle powiązana ze szlakami morskimi statków. Kolor wskazuje na przepływ masy emisji (w gigagramach SO_2).

Zakłócenia promieniowania ziemskiego spowodowane przez siarkę, według obecnych doniesień, dają efekt chłodzący (rys. 9). Pozytywne zakłócenia w rezultacie ocieplają, a negatywne zaburzenia – ochładzają atmosferę. Zaburzenia wywołane przez siarkę atmosferyczną (zaznaczone na czerwono) dają efekt chłodzący, który mógłby być większy niż ten, który spowodowany jest przez CO_2 wyemitowane przez człowieka. Jednakże należy wspomnieć, że wszystkie te tezy nie są pozbawione wątpliwości.

Podsumowując, według modeli prognozujących klimat wyraźnie zmniejsza się poziom ocieplenia jeśli uwzględni się chłodzący efekt działania siarki atmosferycznej. Do dzisiaj w siarce upatruje się środka przeciwdziałającego globalnemu ociepleniu. I odwrotnie, CO_2 można uważać za środek przeciwdziałający ochłodzeniu spowodowanym przez siarkę. Z tego też powodu możemy napotykać wiele rozbieżności w prognozowaniu klimatu. Przede wszystkim niezwykle ważne staje się wyjaśnienie tych rozbieżności, aby następnie wprowadzić ograniczenia emisji CO_2 przez człowieka dla poszczególnych źródeł tej emisji.

Dr Hoepfner zamieścił swoje badania nad tlenkami azotu w pracy pt. „Czy tlenki azotu w przemyśle samochodowym to niekończąca się historia?”.

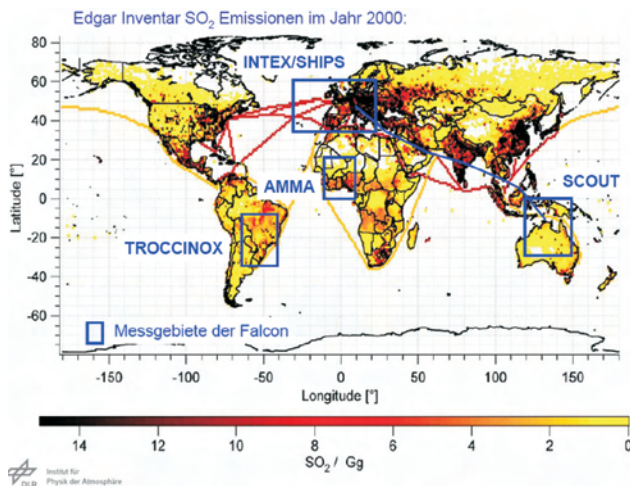
The three temperature scenarios are based on the assumptions “business as usual”, full implementation of the Kyoto Protocol” and “industrialized nations reduce their emissions by 1% per year until 2100”.

Due to the results of this year’s IPCC Conference, Dr. Berner checked his former statements, but he came to the same conclusions. There is no doubt that Dr. Berner’s statements contradict those statements given by other climate researchers, for example, also those by Prof. Sausen, DLR, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen. He reported that, most probably, a large part of the observed climate change is anthropogenic. Transport significantly contributes to climate change. About 25% of the anthropogenic CO_2 emissions from fossil fuel and cement production are due to transport, where road transport is responsible by far for the largest fraction. Beyond the emission of long-lived greenhouse gases, such as CO_2 , transport contributes to climate change by emitting precursors of secondary greenhouse gases (e.g., ozone), by emitting aerosols or aerosol precursors, and by modifying cloud cover and cloud optical properties.

But with regard to the uncertainties of his theory he stated: The above mentioned impacts on climate still lack a consistent quantification, which makes it difficult to include the effects beyond long-lived greenhouse gases into emission trading. Doing this quantification becomes more and more important as transport is expected to grow faster than other industrial sectors.

This year Prof. Dr. Frank Arnold, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg reported on Atmospheric Sulphur: Impact on the Environment and Climate [1]. Atmospheric sulphur has a strong impact on the environment and climate. Mankind probably deserves atmospheric sulphur that the climate system was not perturbed even more than it seems to be the case anyway. The coincidence might be the mostly man-made formation of atmospheric sulphur acid which forms climate-active aerosol particles. These cool climate and, therefore, work against anthropogenic greenhouse warming. Recent work of the research group at MPIK Heidelberg has led to new insights in the formation of these aerosol particles. The work comprises process studies in the laboratory as well as atmospheric measurements of gaseous and ionic aerosol precursors at altitudes between 0 and 40 km, as well as measurements of such trace substances in the exhaust of aircraft, ocean ships and motor vehicles. Figure 8 shows the global distribution of anthropogenic SO_2 emissions. On the oceans, the SO_2 emissions are indicated along the main shipping routes. The color indicates the emission mass flow (in Giga-Gramm SO_2 per frame).

The disturbance of the earth’s radiation budget by atmospheric sulphur has, according to today’s estimation, a cooling effect. Figure 9 shows anthropogenic and natural disturbances of the radiation budget of the earth (in watts per square meter) for the year 2000 relating to the year 1750. Positive disturbances have a warming effect and negative disturbances a cooling effect.

Rys. 8. Ogólnoświatowy rozkład antropogenicznej emisji SO₂Fig.8. Global distribution of anthropogenic SO₂ emissions

[Source: F. Arnold, "Atmospheric Sulfur: Impact on the Environment and Climate"; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 75]

Unia Europejska ograniczyła emisję NO_x dla poszczególnych krajów i ustanowiła ograniczenia dla NO_x mające wejść w życie 2010 roku. Do tej pory Niemcom i Europie udało się w znacznym stopniu ograniczyć emisję NO_x. W głównej mierze za spadek emisji odpowiedzialny jest transport drogowy. W przyszłości oczekuje się dalszego spadku poziomu emisji NO_x. Jednakże, zgodnie z obecnym trendem, wymagania dla emisji NO_x w 2010 r. dla poszczególnych państw nie zostaną spełnione przez większość państw (rys. 10).

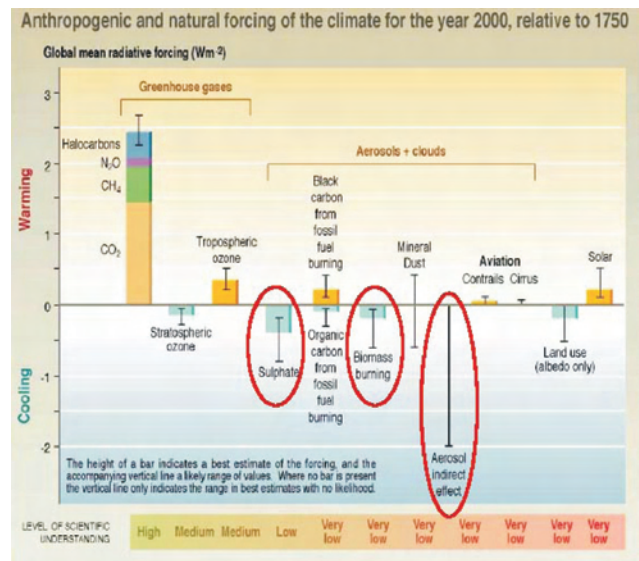
Ograniczenie rocznego limitu na emisję NO₂ nie będzie przestrzegane w wielu punktach pomiarowych na ulicach europejskich. W zeszłym roku nie zaobserwowano żadnego spadku stężenia NO₂, w wielu miejscach natomiast zanotowano jego wzrost, pomimo obniżenia stężenia NO_x (NO + NO₂). Powodem wzrostu NO₂ jest dodatkowo czynnik lokalny. Jest to wywołane reakcją ozonu i NO₂ pochodzącego ze spalin wydzielanych w ruchu ulicznym. NO₂ wzrósł w przeciągu ostatnich lat na skutek wzrastającego stosunku NO₂/NO_x w spalinach samochodowych. W niektórych analizowanych sytuacjach NO₂ odpowiadał za około 1/3 całego stężenia NO_x (rys. 11).

Nowe ograniczenia poziomu emisji dla samochodów osobowych wprowadzono w Europie w 2006 r. i obecnie są plany wprowadzenia takich ograniczeń dla pojazdów ciężarowych. Wpływ emisji NO_x w 2010 r. nadal będzie mały, natomiast w trochę dalszej przyszłości spowoduje znaczący spadek emisji NO_x. Niestety nie da się w tej chwili ustalić, czy ten spadek będzie wystarczający by sprostać wymogom jakości powietrza we wszystkich punktach pomiarowych po 2010 r. Dlatego też w przyszłości konieczne może być wprowadzenie ograniczenia stosunku NO₂/NO_x zawartego w spalinach pojazdów.

3. Najnowsze osiągnięcia w konstrukcji silników spalinowych

Podczas kongresu w Wiedniu przedstawione zostały najnowsze osiągnięcia techniczne.

Inż. P. Langen, inż. T. Melcher, inż. S. Missy, dr inż. C. Schwarz, dr inż. E. Schünemann – inżynierowie z mo-



Rys. 9. Porównanie antropogenicznej i naturalnej zmiany klimatu w roku 2000 i 1750

Fig. 9. Anthropogenic and natural forcing of the climate for the year 2000, relative to 1750

[Source: F. Arnold, "Atmospheric Sulfur: Impact on the Environment and Climate"; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 76]

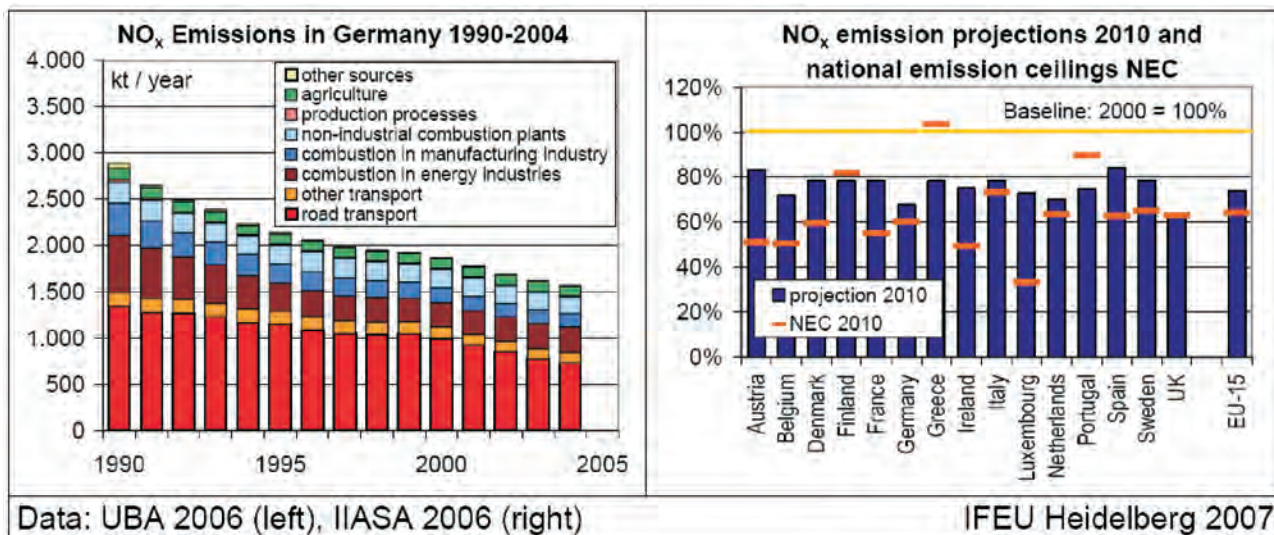
Disturbances caused by atmospheric sulphur (circled in red) have a cooling effect and could be greater than those caused by anthropogenic CO₂. It should be mentioned, however, that all these statements are still very uncertain. In summary, climate models prognose clearly lesser climate warming if the cooling effect of the atmospheric sulphur is taken into consideration. Until now atmospheric sulphur has been seen as a means against global warming. However, we can also consider CO₂ as a means against the cooling effect induced by sulphur. We can, therefore, observe a lot of uncertainties with respect to future climate developments.

It would seem urgently necessary, first of all to clarify all these uncertainties and then to introduce CO₂ limits for the different anthropogenic emitters. One thing is clear: CO₂ reduction is expensive and endangers thereby competitiveness and working places in relation to those countries who make no effort to reduce CO₂ emissions.

Dr. Höpfner reported about Nitrogen Oxides from Vehicles – a Never-ending Story?

The European Union has limited the national NO_x emissions of the EU15 countries (NEC directive) and established air quality limits for NO₂ which come into effect in 2010. NO_x emissions have already been reduced considerably in Germany and Europe. A substantial part of this reduction has been achieved by road transport which is the main contributor. Further emission reductions are expected in the future. However, with the current trend, national emission ceilings for NO_x in 2010 will not be achieved in most European countries, Figure 10.

The NO₂ annual limit value will probably not be met at several measuring stations at busy streets in Europe. NO decrease in NO₂ concentrations or in some cases even an increase was observed at many sites in the last years in spite



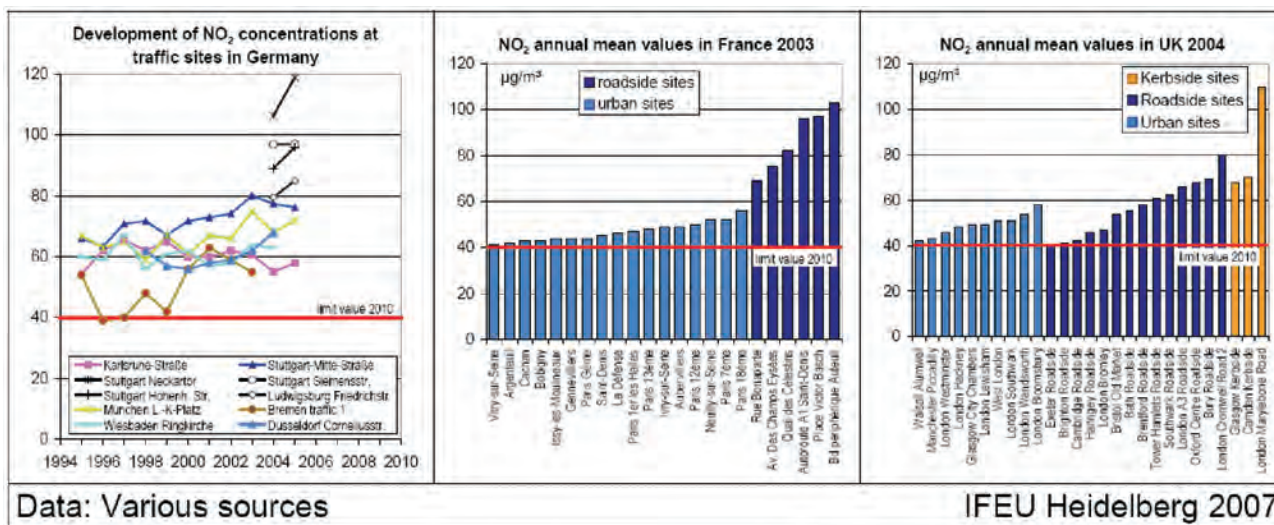
Rys. 10. Emisja NO_x w Niemczech oraz w innych 15 krajach Unii Europejskiej

Fig. 10. NO_x Emissions in Germany and EU15 countries

[Source: U. Höpfner, F. Dünnebeil, U. Lambrecht: „Nitrogen Oxides from Vehicles – a Never-ending Story?“, 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 63]

nachijskiej grupy BMW opisali swoje badania w artykule pt: „Nowe BMW z 6- i 4-cylindrowym silnikiem benzynowym z wtryskiem bezpośrednim oraz z wielowarstwowym spalaniem” [1]. Obecnie BMW wprowadza takie silniki na europejski rynek. Są to silniki drugiej generacji z systemami wtrysku bezpośredniego i centralnie umiejscowionym

of decreasing NO_x (NO + NO₂) concentrations. The reason is an increase in the NO₂ additional local contribution. This local contribution is caused by ozone reaction and direct traffic exhaust emissions of primary NO₂. Primary NO₂ has been increasing over the last years due to increasing NO₂/NO_x ratios in vehicle exhaust. In some analyzed situa-



Rys. 11. Przewidywane przekroczenia limitów emisji NO₂ w Niemczech, Francji i Wielkiej Brytanii

Fig. 11. Exceedance of future NO₂ air quality limits in Germany, France and the UK

[Source: U. Höpfner, F. Dünnebeil, U. Lambrecht: „Nitrogen Oxides from Vehicles – a Never-ending Story?“, 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 64]

piezo wtryskiwaczem oraz kontrolowanym rozpyleniem eliminują wady silników pierwszej generacji, a co więcej, z punktu widzenia nabywcy i użytkownika ich zaletą jest większa oszczędność w zużyciu paliwa i lepsza dynamika pojazdu.

System spalania w nowym silniku BMW składa się z następujących komponentów (rys. 12):

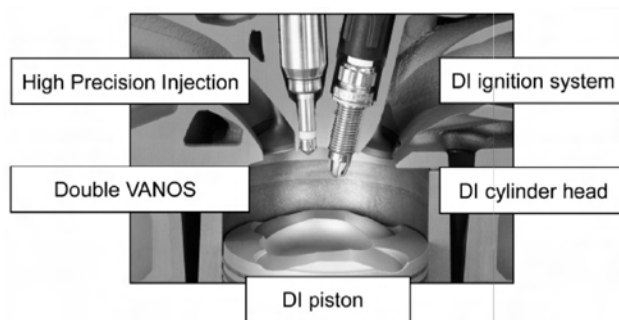
tions, primary NO₂ accounts for about one third of total NO_x concentrations, Figure 11.

New European emission limits were adopted for passenger cars end of 2006 and are discussed for heavy-duty vehicles at this time. The effect on NO_x emissions will still be small in 2010 and contribute little to the compliance with NO_x national emission ceilings and NO₂ air quality limits. In the medium-term, how-

- głowica cylindra wtrysku bezpośredniego z komorą spalania w denku tłoka, centralnie umieszczony wtryskiwacz, świeca zapłonowa po stronie zaworu wylotowego,
- wtrysk o dużej precyzji dawkowania z piezoelektrycznym wtryskiwaczem,
- system zapłonu ze specjalną świecą zapłonową wtrysku bezpośredniego oraz cewka zapłonowa o dużej mocy,
- tłok z centralnie umieszczoną komorą spalania,
- mechanizm rozrządu zaworowego z regulacją faz rozrządu zaworów wylotowych i dolotowych.

Wtryskiwacz paliwa jest umieszczony centralnie w komorze spalania i pochylony lekko w stronę zaworu dolotowego. Świeca zapłonowa jest przechylona w kierunku zaworu wylotowego. Układ dolotowy jest tak ukształtowany, żeby zapewnić wir typu *tumble*.

System wtryskowy tworzy stabilny kąt stożka strugi z ograniczonym zasięgiem i dobrze ukształtowanym obszarem mieszania się paliwa z powietrzem. Kąt stożka strugi paliwa zależy od ciśnienia wtrysku i ciśnienia w komorze spalania. Konstruktorom udało się zaprojektować system spalania, który pracuje dobrze zarówno w przypadku mie-



Rys. 12. Części składowe systemu spalania silnika ZI o wtrysku bezpośrednim firmy BMW

Fig. 12. Components of the spray-guided BMW DI combustion system
[Source: P. Langen, T. Melcher, S. Missy, C. Schwarz, E. Schünemann: „New BMW Six- and Four-Cylinder Petrol Engines with High Precision Injection and Stratified Combustion”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 97]

szanki uwarstwionej, jak i homogenicznej. Opisany układ wtryskowy zapewnia szybkie powstanie mieszanki palnej, która kierowana jest przez specjalne ukształtowanie denka tłoka na świecę zapłonową, co gwarantuje całkowite spalanie. Specjalnie ukształtowany rozpylacz uniemożliwia osadzanie się sadzy przez co nie dochodzi do zmiany parametrów makro- i mikroskopowych rozpylonej strugi paliwa podczas wtrysku. Proces parowania i tworzenia mieszanki paliwa został dodatkowo poprawiony przez podział dawki na 3 części podczas jednego cyklu pracy silnika.

Podczas testu NEDC zużycie przebiegowe paliwa zmniejszyło się o 14% w porównaniu do silnika o tej samej pojemności skokowej z systemem VALVETRONIC i zachowując standardy emisji spalin na poziomie EURO 4. Na rysunku 13 przedstawiono charakterystykę ogólną silnika 6-cylindrowego o pojemności skokowej równej 3 dm³ z naniesionymi izoliniami stałego jednostkowego zużycia paliwa.

ever, this measure will lead to considerable reductions of NO_x-Emissions. It can not yet be estimated if these reductions will be sufficient to meet the air quality limits at all measuring sites in the years after 2010. Therefore, it may become necessary to limit the NO₂/NO_x ratio in vehicle exhaust emissions in the future.

3. Recent achievements in the combustion engines design

In the Vienna Congress some technical highlights have been presented.

Dipl.-Ing. P. Langen, Dipl.-Ing. T. Melcher, Dipl.-Ing. S. Missy, Dr.-Ing. C. Schwarz, Dr.-Ing. E. Schünemann, BMW Group, Munich, reported about: “New BMW Six-and-Four-Cylinder Petrol Engines with High Precision Injection and Stratified Combustion” [1]. BMW is currently introducing the new six- and four-cylinder naturally aspirated petrol engines with High Precision Injection into the European markets. The spray-guided 2nd generation direct-injection combustion system with centrally positioned, outward opening piezo-injector eliminates the disadvantages of the wall/air-guided 1st generation DI combustion systems and realizes the thermodynamic potentials of the stratified operation into customer-relevant benefits for fuel consumption and dynamics.

The BMW spray-guided DI combustion process of the new six-cylinder and four-cylinder petrol engines consists of the following main components, Figure 12.

- DI cylinder head with squish area combustion chamber, centrally positioned injector, spark plug on exhaust side, filling ports,
- High Precision Injection with piezo-injector,
- ignition system with DI specific spark plug and high energy ignition coil,
- DI piston with central piston bowl,
- valve train with double VANOS.

The fuel injector is positioned centrally in the combustion chamber and tilted slightly towards the intake side. The spark plug is arranged tilted towards the exhaust side. The intake ports are designed as filling ports with low tumble to enable high specific power output levels.

The injection creates a stable hollow cone spray with limited penetration depth and a well-defined recirculation zone. The spray cone angle is virtually independent of the injection pressure and cylinder pressure, thus ensuring stable combustion both in homogenous mode as well as in stratified combustion mode. The selected spray layout ensures rapid mixture preparation and effective homogenization within the mixture cloud located at the spark plug, thus ensuring complete combustion.

The outward-opening nozzle is fundamentally resistant to the formation of deposits and changes in the spray configuration during operation. The homogenization is further improved and the penetration depth reduced by multiple injections with up to 3 injections per operating cycle. Injector operation in connection with partial –needle lifts utilizes additional degrees of freedom for the injection process.

Including energy management measures, NEDC fuel consumption is reduced by up to 14% vs. BMW VALVETRONIC engines with similar displacement, while at the

Na sympozjum mgr inż. Baretzky, Audi AG, przedstawił najważniejsze punkty konstrukcyjne silnika V12 TDI zastosowanego w bolidzie podczas 24-godzinnego wyścigu Le Mans (rys. 14).

Od ponad 50 lat trwają próby wygrania wyścigu na Le Mans stosując silnik o zapłonie samoczynnym. Firma Audi specjalnie w tym celu opracowała nową jednostkę napędową. Po raz pierwszy w historii pojazd z silnikiem o zapłonie samoczynnym wygrał 24-godzinny wyścig Le Mans. Nowy silnik ZS cechuje się niskim ciężarem, zwartą konstrukcją i nowym typem filtra cząstek stałych. Kombinacja skomplikowanego procesu spalania z bardzo wysokim ciśnieniem wtrysku paliwa zapewnia dobre wskaźniki pracy silnika, niskie przebiegowe zużycie paliwa oraz małą emisję składników szkodliwych podczas wyścigu. Wielkość kąta rozwidlenia cylindrów układu typu V ustalono na 90° ze względu na kompromis pomiędzy: sztywnością, całkowitą wysokością



Rys. 14. Widok silnika V12 o zapłonie samoczynnym z wyścigu Le Mans

Fig.14. The V12 TDI® for the 24h of Le Mans

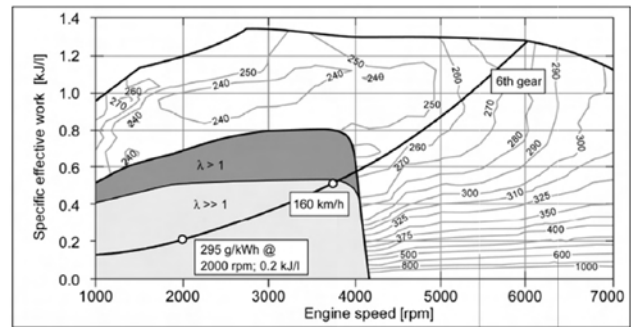
[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kotalushek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12TDI® for the 24h of Le Mans –Victory of an Idea”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 186]

silnika oraz położeniem środka ciężkości prototypowego pojazdu LeMans (rys. 15).

Na pionowe położenie wału korbowego głównie oddziałuje skok tłoka. Odległość 100 mm między środkiem wału korbowego a spodem pojazdu z silnikiem R10 TDI pozwala na zmniejszenie środka ciężkości całego samochodu. Wszystkie części systemu dolotowego i wylotowego zostały zaprojektowane modułowo, aby można było je w razie potrzeby w jak najkrótszym czasie wymienić podczas wyścigu.

Na rysunku 16 przedstawiono głowicę silnika V12 R10 TDI. W celu chłodzenia denka tłoka w bloku silnika zamontowano kanały olejowe i zawory ciśnieniowe. Kanały płynu chłodzącego są połączone z wymiennikiem ciepła (chłodnicą), co umożliwia oddzielenie powietrza od wody, pozwala natomiast na połączenie silnika z chłodnicą. Blok silnika jest podzielony na głównej powierzchni nośnej. Niższa część bloku silnika jest złożoną konstrukcją. Łączy w sobie wiele funkcji i może być obciążony w znaczącym stopniu.

Ze względu na swój charakter silnik V12 jest wolny od niewyrównoważonych sił pierwszego i drugiego rzędu oraz



Rys. 13. Charakterystyka ogólna silnika sześciocylindrowego o pojemności skokowej 3,0 dm³ firmy BMW

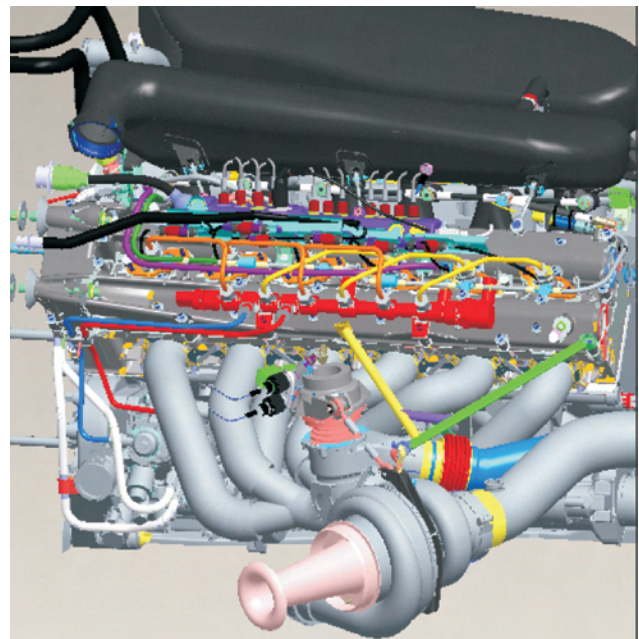
Fig. 13. Fuel consumption and operating modes in the engine map for the new 3 litre six-cylinder engine

[Source: P. Langen, T. Melcher, S. Missy, C. Schwarz, E. Schinemann: „New BMW Six- and Four-Cylinder Petrol Engines with High Precision Injection and Stratified Combustion”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 102]

same time complying with EU4 exhaust gas regulations. Figure 13 presents fuel consumption and operating modes in the engine map for the new 3 liter six-cylinder engine.

Another highlight was the presentation of the V12 TDI for the 24h of Le Mans, Figure 14, by Dipl.-Ing. Baretzky, AUDI AG [1].

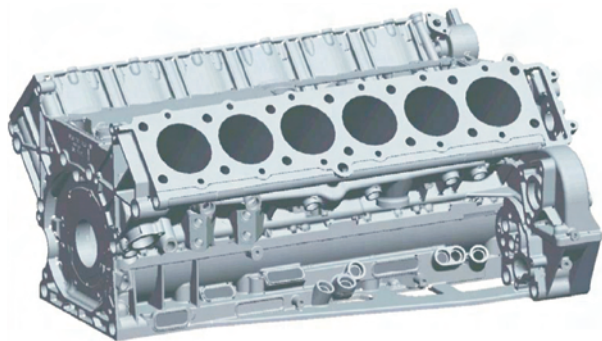
For more than 50 years there were several attempts to win the hardest endurance race of the world with a Diesel engine. AUDI has developed an innovative powerplant for this purpose. With the first run at last year's 24h race a historical victory was achieved. The new engine shows a very low weight, a very compact design and a new type of particulate filter system. In combination with a sophisticated



Rys. 15. Ogólny widok silnika V12 TDI

Fig.15. General view of the engine

[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kotalushek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12TDI® for the 24h of Le Mans –Victory of an Idea”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 195]



Rys. 16. Kadłub silnika R10 TDI

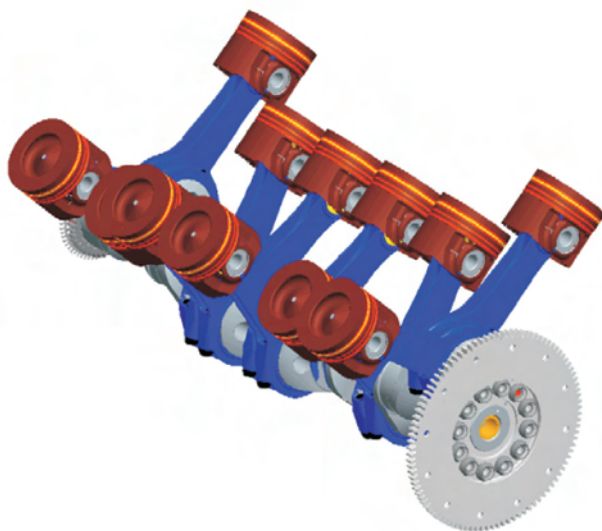
Fig. 16. Cylinder block of the R10 TDI®

[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kotaschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12TDI® for the 24h of Le Mans –Victory of an Idea”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 196]

momentów. Układ wału rozrządu zawiera w sobie kilka następujących aspektów:

- siły łożyskowe wynikające z maksymalnego ciśnienia spalania i masy bezwładności,
- skręcanie i sztywność,
- masa minimalna.

Przeciwcieżary zostały poddane optymalizacji pod względem obciążeń i maksymalnej prędkości obrotowej. Tłumik drgań skrętnych nie był konieczny w tym układzie. Na tylnej ścianie wału korbowego (rys. 17) jest zainstalowane koło zamachowe ze stopów metali lekkich zapewniające przeniesienie momentu przez sprzęgło. Rysunek 18 przedstawia ogólną budowę głowicy silnika V12 R10 TDI.



Rys. 17. Widok układu korbowo-tłokowego

Fig. 17. Crankshaft with conrods and pistons

[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kotaschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12TDI® for the 24h of Le Mans –Victory of an Idea” 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 197]

Tłoki z kanałami olejowymi zostały specjalnie zbudowane dla R10 TDI. Kształt komory spalania wynika z budowy pojedynczego cylindra i także została specjalnie zbudowana na potrzeby tego silnika. Wysokie obciążenie tłoka połączone

combustion process and an extremely high injection pressure, a remarkable power output along with low consumption and very low emissions are guaranteed in the race.

Figure 15 gives a general view of the engine. A 90° cylinder bank angle was chosen as the best compromise between torsion stiffness, overall engine height and the centre of gravity for this prototype LeMans sports car. For a race engine the resulting non-even ignition-intervals for a non-split-pin crankshaft do not have an influence.

The vertical position of the crankshaft is mainly influenced by the engine stroke. With about 100 mm between the crankshaft centre and the bottom plate of the car the R10 TDI® engine has a low position in the car and, therefore, a low centre of gravity can be achieved. All components of the exhaust and induct were designed in modules to make sure that they could be replaced in the race within a very short time.

Figure 16 shows the cylinder block of the R10 TDI. Oil channels and pressure valves are integrated in the block for the piston cooling. The cast water ports are connected to the oil-water heat exchanger and only have an interface to the car's radiators and a water swirl-pot. This separates air from water and bleeds the engine and radiators. The cylinder block is split in the main bearing area. The lower part of the cylinder block is a complex bedplate design. It integrates many functions and can be loaded (positioned) high.

Figure 17 shows the crankshaft with pistons and con rods. Due to the V12 engine characteristics, the engine is externally completely free of forces or momentums. The layout of the crankshaft incorporates several aspects:

- bearing forces resulting from maximum ignition pressure and mass forces,
- torsion and bending stiffness,
- minimum weight.

The counterweights were optimized in terms of the loads and the rev range. A torsion damper was not necessary with this layout. On the rear side of the crankshaft, a lightweight steel flywheel submits the torque on the clutch. Figure 18 shows a general arrangement of the cylinder head R10 TDI.

The pistons with integrated oil chamber were specially developed for the R10 TDI. The combustion bowl shape resulted from the single cylinder development and is special for this engine. The very high load on the piston combined with the heat, which is generated, made it necessary to use 2 oil jets per cylinder. One is used for the oil cooling channel and one is directed on the lower bowl face.

The cylinder head is cast in a low-pressure sand process in an Aluminium alloy. Two inlet and outlet valves are parallel to the cylinder axis. The valve seats are made from special sintered material. The valve guides are made from copper beryllium alloy. The sodium filled steel valves are part of the valve train with springs and roller cam followers. The cam shafts are made from steel. For weight reasons, they are bored hollow.

Prof. Grebe reported about: Comparison of Charging Systems for Spark Ignition Engines.

The spark ignition engine has a significant potential to contribute to further fuel consumption improvements of the

z ciepłem, które tworzy się podczas pracy silnika, wymusiło zastosowanie dwóch wtryskiwaczy oleju na każdy cylinder. Jeden ma za zadanie ochłodzić kanał doprowadzenia oleju, a drugi prowadzi do dolnej powierzchni komory.

Głowica silnika jest odlewana w stopie aluminium podczas piaskowania pod niskim ciśnieniem.

Zawory wylotowe i dolotowe są równolegle ułożone do osi cylindrów. Przylgnie zaworowe zrobiono ze specjalnych materiałów spiekanych. Prowadnice zaworowe wyprodukowano ze stopu miedzi i berylu. Zawory wypełnione sodem stanowią część układu rozrządu ze sprężynami i dźwigienkami zaworowymi. Wał rozrządu wykonano ze stali. Ze względu na redukcję masy posiada wybrania.

Prof. Grebe przedstawił artykuł pt.: „Porównanie systemów doładowania w silnikach o zapłonie iskrowych”.

Silniki o zapłonie iskrowym mają znaczący potencjał w zakresie zmniejszenia zużycia paliwa. Systemy doładowania odgrywają istotną rolę w zmniejszaniu pojemności silnika, a tym samym poprawiają wskaźniki pracy silnika. Przewagą silników z turbodoładowaniem nad ich odpowiednikami z doładowaniem mechanicznym jest korzystniejsze zużycie paliwa oraz lepszy stosunek zysków do kosztów.

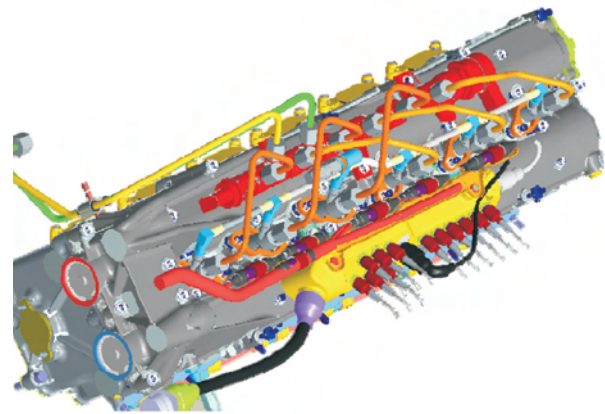
Zmienna geometria łopatek kierownicy turbosprężarki wpływa korzystnie na charakterystykę pełnej mocy dzięki większemu polu pracy turbiny a także w stanach przejściowych (nieustalonych) i niskich wartościach momentu obrotowego, ponieważ wówczas moc przenoszona na turbinę może być kontrolowana. Wtrysk bezpośredni paliwa ze zmienną fazą rozrządu zaworów dolotowych i wylotowych umożliwia lepsze przepłukanie cylindrów oraz jednocześnie poprawia parametry pracy silnika pod względem jego wydajności, osiągnięć i działania w stanach nieustalonych.

Unowocześnianie silników turbodoładowanych można wykonać różnymi sposobami (rys. 19). Istnieje duże prawdopodobieństwo, że ze względu na lepsze charakterystyki wtrysku bezpośredniego, ta technologia będzie w przyszłości dominować i stanie się podstawą dla dalszych udoskonaleń.

W wyniku połączenia silnika z turbodoładowaniem z wtryskiem bezpośrednim oraz turbiną o zmiennej geometrii ciśnienie zasysania wzrasta ponieważ należy uwzględnić zmienną geometrię łopatek turbiny. Wysokie ciśnienie zasysania zmniejsza efektywność przepłukania silnika.

Hybrydowe silniki z turbodoładowaniem stanowią interesującą drogę rozwoju tych silników. Dodatkowy moment obrotowy w zakresie niskich prędkości pomaga poprawić działanie silnika w stanach nieustalonych i wzbogaca go o zalety silnika hybrydowego. Silnik może być hybrydowy globalnie lub tylko w poszczególnych jego modułach zwłaszcza w celu zmniejszenia pojemności skokowej silnika z doładowaniem.

Doładowanie wielostopniowe, z udziałem kombinacji turbodoładowania i doładowania mechanicznego, może istotnie polepszyć sprawność napełniania cylindrów. Jednakże ograniczenie stukowe systemu spalania nieodzownie pociąga ograniczenie wartości maksymalnego momentu obrotowego. Zastosowanie wielofazowego systemu wymaga systemu spalania zaawansowanego pod wieloma względami.



Rys. 18. Ogólne rozmieszczenie części w głowicy silnika V12 R10 TDI

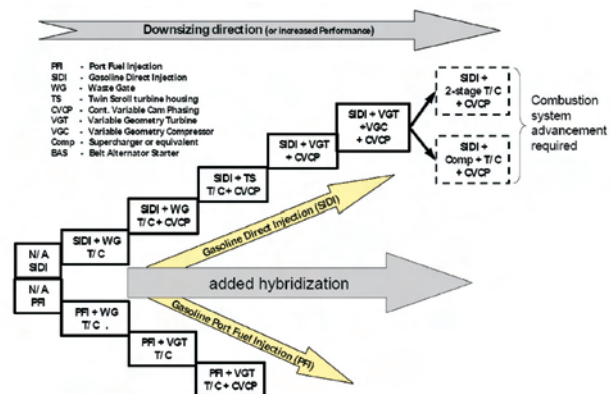
Fig. 18. General arrangement of the cylinder head R10 TDI®

[Source: U. Baretzky, H. Diehl, W. Kotaschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V12TDI® for the 24th of Le Mans – Victory of an Idea”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 200]

vehicle. Boosting systems will play an important role as they enable downsizing strategies. Technologies are available that further improve performance and transient behavior. Turbocharged engines, in general, have an advantage relative to their supercharged counterparts with regard to the fuel consumption and the cost-to-benefit ratio.

Variable turbine geometries can improve the full load performance through a wider operation range of the turbine as well as the transient and low end torque behaviors by controlling the power transferred to the turbine. Direct injection of the fuel together with continuously variable cam phasing of the exhaust and intake enable scavenging strategies and advance the turbocharged engine simultaneously in terms of efficiency, performance and transient response.

The technology enhancements can be combined in various ways. Figure 19 shows a pathway for the technology



Rys. 19. Perspektywy rozwoju turbodoładowanych silników o zapłonie iskrowym

Fig. 19. Pathway for the further improvement of turbocharged spark ignition engines

[Source: U.D. Grebe, P.-I. Larsson, K.-J. Wu: „Comparison of Charging Systems for Spark Ignition Engines”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 2, Page 111]

Doładowanie mechaniczne w silnikach typu V ma jeszcze jedną zaletę. Mianowicie może zostać zainstalowane pomiędzy głowicami silnika. Wraz z doskonałym działaniem w stanach nieustalonych, doładowanie mechaniczne stanowi najkorzystniejsze rozwiązanie dla tego rodzaju silników.

Potencjał silników doładowanych o zapłonie iskrowym może zostać w pełni wykorzystany tylko gdy napęd jest rozważany jako całość i optymalizowany jako jeden spójny system. Rozwój skrzyni biegów także może polepszyć pracę całego systemu napędowego. W celu zmniejszenia pojemności skokowej silnika interesująca jest koncepcja zwiększenia ilości przełożeń w skrzyni biegów, zwłaszcza w przypadku automatycznych skrzyń biegów, gdzie poprawiają działanie silnika w stanie nieustalonym.

4. Niezależność energetyczna i paliwa przyszłości

Kolejnym punktem diskutowanym na kongresie była niezależność energetyczna, a dokładniej, paliwa przyszłości. Wyzwanie energetyczne jest często kojarzone z umiejętnością zapewnienia wszystkim dostępu do nowoczesnej technologii oraz sprostanie rosnącym potrzebom przy jednoczesnym zmniejszaniu niekorzystnego wpływu na środowisko oraz społeczeństwo. Wraz ze wzrostem gospodarczym, napędzanym głównie przez rozwijające się kraje, światowe zapotrzebowanie na energię mogłoby wzrosnąć o 50% w przeciągu kolejnych 25 lat. Ten wzrost obejmie wszystkie źródła energii i sektory energetyczne (rys. 20).

Chociaż modele wskazują, iż ilość alternatywnych paliw wzrasta, nie będzie ona wystarczająca by w niedalekiej przyszłości zaspokoić rosnące potrzeby transportu. Z tego też powodu „konwencjonalne” oraz „niekonwencjonalne” paliwa na bazie węglowodorów nadal będą kluczowe w najbliższej przyszłości. Ten wzrost zapotrzebowania na ropę pociągnie za sobą wiele wątpliwości:

- czy istnieje wystarczająca ilość zasobów energii by sprostać przewidywanemu popytowi na paliwa?
- czy do tych zasobów mają dostęp wszystkie rynki czy jest to zależność regionalna?
- jaki jest koszt wprowadzenia niekonwencjonalnych węglowodorów na rynek paliw?
- jaki ma to wpływ na środowisko, a w szczególności na zanieczyszczeni powietrza i zmianę klimatu?

Rosnący popyt, bezpieczeństwo energetyczne i zmiana klimatu są głównymi motorami rozwoju alternatywnych paliw. Ludzie są w równym stopniu zaabsorbowani zdobyciem energii, co finansowymi i ekologicznymi kosztami pozyskiwania jej. Obawiają się, że w przyszłości nastąpi deficyt energii, co pociągnie wzrost cen oraz poważne konflikty między dostawcami. Obawy dotyczące niedoboru energii, są uzasadnione; natomiast zawsze istnieją jakieś sposoby uniknięcia takich niekorzystnych sytuacji.

Węglowodory kopalne nie są na wyczerpaniu. Oczekuje się, że ropa będzie dostępna jeszcze przez długi czas, nawet przy obecnym poziomie jej zużycia. Obecnie przeciętnie tylko 1/3 wydobytej ropy jest rafinowana w sposób ekonomiczny. Wysokie ceny sprzyjają korzystaniu z droższych technologii rafinacji, które umożliwiają dodatkową produkcję oleju napędowego. Ponadto zarówno olej napędowy, jak

combinations when applied to turbocharged engines. There is a high likelihood that because of the superior characteristics of direct injection, this technology will dominate in the future and form the basis for further improvements.

When combining direct injection turbocharged engines with variable turbine geometry, the backpressure increase due to the variable turbines needs to be taken into account. High backpressure reduces the effectiveness of cylinder scavenging.

Hybridization of turbocharged engines is a very appealing new path. The additional torque in the low speed range helps to improve the transient response and adds the known advantages of hybrid systems. The hybridization can be integrated on a modular basis. With this concept, the same boosted engine can be used in some vehicle applications just by itself and, for vehicle applications desiring significant downsizing, the hybrid technology can be added.

Multistage charging, using combinations of turbocharger and supercharger can significantly increase the volumetric efficiency. However, the knock limitation of the combustion system ultimately limits the maximum torque levels. The implementation of multi-stage systems requires significant advancements in the combustion system. Supercharger has a significant package advantage in V-engines with wide cylinder bank angles, where the boosting device can be installed between the cylinder heads. Together with the excellent transient behavior, this makes the supercharger the technology of choice for these applications.

The full potential of boosted spark ignition engines can only be achieved if the entire powertrain is considered as a system and is optimized as a whole. Transmission technologies can contribute to the further improvement steps. Especially, increased number of speeds and the torque converter, in the case of automatic transmissions, which can help improve the transient behavior, are of particular appeal for downsizing concepts.

4. Energetic independence and future fuels

And finally some comments on the drive for energy independence in the next decades, namely, fuels of the future. The global energy challenge is often defined as the ability to provide access to modern energy for all, and meeting this growing demand whilst reducing the environmental and social implications. With continued economic growth, driven primarily by the developing world, the world's energy needs could increase by 50 % within the next 25 years. This growth will be spread across all energy sources and sectors, Figure 20.

Although modeling would indicate that the use of alternative fuels will increase, it will not be enough to compensate for the growing demand for transportation fuels for the foreseeable future, and, therefore, both “conventional” and “difficult or unconventional” fossil hydrocarbon based fuels will be pivotal for the foreseeable future. This increase in oil demand brings with it a number of concerns:

- are there enough resources to meet projected demand?
- are the resources available to all markets or is there regional dependence?

i gaz, stanowią zaledwie ułamek światowych zasobów paliw kopalnych. Technologie rozwijają się nieustannie w celu pozyskania paliw ze złóż trudniej dostępnych, wliczając w to oleje o wysokiej lepkości, piaski roponośne i łupki naftowe, które są niezwykle istotne w porównaniu do konwencjonalnego oleju napędowego.

Z pewnością ilość niekonwencjonalnego paliwa wystarczy by sprostać potrzebom przez najbliższe sto lat jeżeli towarzyszące temu przemysłowi techniczne i ekonomiczne trudności

- what is the investment cost to bring the unconventional fossil hydrocarbons to market?
- what are the increased environmental impacts, in particular air pollution and climate change?

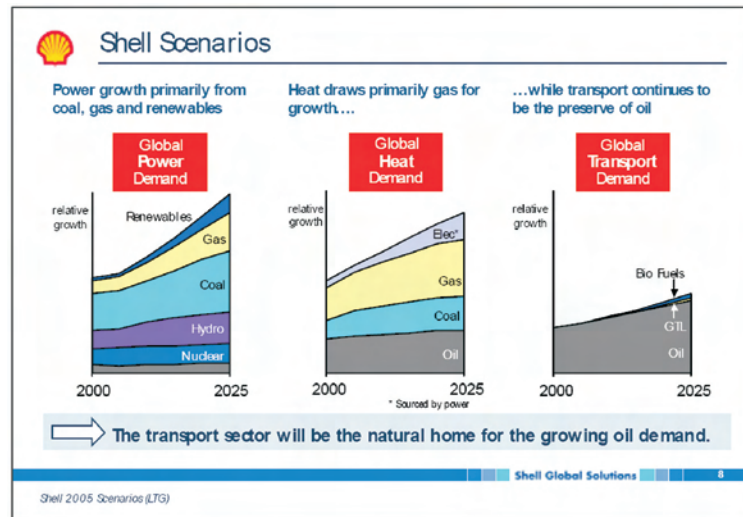
Increasing demand, energy security and climate change concern are the main drivers for the development of alternative fuels. People are increasingly concerned about getting the energy they need as well as the financial and environmental costs. They are worried that they face a future of growing energy shortages, rising prices and international conflict for supplies. These concerns about energy are legitimate, but there are ways to mitigate these challenges.

Fossil hydrocarbons are not running out. Conventional oil is expected to last for quite some years yet at current use rates. At present, on average only about one third of the original oil in place is recovered at the economic limit, and high oil prices are advancing the use of more costly extraction technologies that allow additional production of conventional oil. In addition to this, conventional oil and gas account for only a small proportion of the world's total fossil hydrocarbon resources. Technologies are continuously being developed and applied to access more difficult resources including heavy viscous oil, oil sands and shales, etc., which are significant in comparison to those of conventional oil.

There is sufficient unconventional oil to meet demand certainly within the next century, if the technical and economic hurdles associated with them are overcome. However, the geographical location of these resources in relation to areas of demand growth and changing habits will drive increased oil trade flows around the globe, and a general trend toward oil import dependence: Not Independence. Diversification of hydrocarbon feeds for fuel options will increase the robustness of the transport fuel market to future energy supply uncertainties.

The integrated development of unconventional oils and alternative resources to provide advanced fuels along with new power trains will be an enabler to meet both the future environmental and supply challenges.

It was a short survey about some technical news from the 28th International Vienna Motor Symposium 2007. You will find more details in 2 printed volumes from this symposium and in digital version on the CD.



Rys. 20. Perspektywy wzrostu popytu na energię w trzech sektorach opracowanych przez firmę Shell "Low Trust Globalization"

Fig. 20. Forecast growth in energy sectors as determined by Shell scenario "Low Trust Globalization"

[Source: W. Warnecke, K. Wilbrand, H. Scholey: „The Drive for Energy Independence in the Next Decades – Fuels of the Future”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 2, Page 4]

zostaną przewyżczone. Jednakże geograficzne rozmieszczenie tych zasobów w odniesieniu do obszarów z największym wzrostem popytu i zmieniającymi się nawykami, spowoduje zwiększony przepływ handlu na całym świecie, uzależniając niektóre regiony od importu ropy. Dywersyfikacja paliw na bazie węglowodorów poprawi rynek transportu paliw.

Zintegrowany rozwój paliw niekonwencjonalnych i alternatywnych źródeł w celu stworzenia paliwa o zaawansowanej technologii wraz z nowymi jednostkami napędowymi umożliwi sprostać zarówno wyzwaniom ekologicznym jak i wyzwaniom związanym z dostawami.

To był krótki przegląd najważniejszych nowości zaprezentowanych podczas ostatniego, 28. Wiedeńskiego Sympozjum Silników Spalinowych. Więcej szczegółów znajdziecie państwo w 2 tomach drukowanych materiałów z sympozjum i w postaci cyfrowej na płycie CD.

(Thum. M. Bajerlein)

Prof. dr Hans Peter Lenz – profesor (em.) na Uniwersytecie Technicznym w Wiedniu, przewodniczący Austriackiego Stowarzyszenia Inżynierów Motoryzacji.

Univ. Prof. Dr. Hans Peter Lenz – Vienna University of Technology, President of the Austrian Society of Automotive Engineers.



Literatura/Bibliography

- [1] 27th International Vienna Motor Symposium 27–28 April 2006, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 622 in two volumes.
- [2] 28th International Vienna Motor Symposium 26–27 April 2007, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 639 in two volumes.

Silniki o zapłonie samoczynnym w perspektywie rynku globalnego

W artykule przedstawiono przewidywania na temat rozwoju systemów napędowych pojazdów. W opinii autora, w perspektywie krótko do średniookresowej, silniki spalinowe stanowią nadal główną część rynku, a udział silników o zapłonie samoczynnym i iskrowym zależy będzie od uwarunkowań lokalnych. W perspektywie średnio do długookresowej, napędy hybrydowe i ogniwa paliwowe stanowią realną alternatywę dla silników konwencjonalnych. Za bardzo korzystne rozwiązanie napędu uznano napęd hybrydowy z silnikiem o zapłonie samoczynnym, z uwagi na potencjał tego silnika w zakresie dalszego zmniejszenia zużycia paliwa oraz poprawy przyjemności z jazdy.

Słowa kluczowe: *systemy napędowe pojazdów, silniki spalinowe, silniki o zapłonie samoczynnym, napędy alternatywne*

Diesel perspective in global market vision

The article describes some predictions with regard to developing trends of automotive propulsion systems. According to the author's opinion, Diesel engines will share with the gasoline one the leadership of the market in the short-to-middle timeframe, with shares depending mainly from regional contingencies. In the middle-to-long timeframe, the hybrid powertrain and fuel cells will become a real alternative option to conventional engine. However, Diesel hybrid powertrain could also become a very interesting opportunity, because the Diesel engine features will further improve the fuel consumption and the fun-to-drive features of hybrid systems.

Key words: *automotive propulsion systems, internal combustion engines, diesels, alternative powertrains*

1. Wprowadzenie

Ewolucja samochodowych układów napędowych w głównej mierze jest stymulowana przez coraz większe, a jednocześnie niekiedy wykluczające się, wymagania w zakresie: osiągnięć, ochrony środowiska, źródeł energii i jakości. Należy uznać, że rozwój przez „ciągłą ewolucję” jest bardziej zrównoważoną drogą rozwoju niż przez „rewolucję przełomową”, jeżeli weźmie się pod uwagę, że rozwój technologiczny w znacznym stopniu zależy od uwarunkowań produkcyjnych. W takim przypadku scenariusze rozwoju układów napędowych pojazdów będą realizowane równoległe, odpowiednio w krótko-, średnio- i długookresowych ramach czasowych, przez doskonalenie konwencjonalnych silników tłokowych, rozwój najkorzystniejszych konfiguracji układów hybrydowych i ostatecznie przez ewolucję ogniwa paliwowych.

Udział w rynku obu konwencjonalnych typów silników (ZI i ZS) będzie istotnie zależał od czynników zewnętrznych, takich jak lokalne wymagania lub ograniczenia. Rozwój silników ZS będzie głównie skierowany na obniżenie emisji PM i NO_x oraz poprawę kultury pracy silnika, przy zachowaniu niskiego zużycia paliwa. Bardzo korzystnym rozwiązaniem mógłby być silnik ZS w układzie hybrydowym, ponieważ silnik ZS zapewniłby dalsze zmniejszenie zużycia paliwa oraz poprawę przyjemności z jazdy samochodem z napędem hybrydowym.

Następną bardzo istotną kwestią dla producentów branży motoryzacyjnej jest globalizacja i jej wpływ na profil produkcji. Z uwagi na różne scenariusze rozwoju rynków lokalnych GM przyjął taktykę „strategia globalna – realizacja lokalna”, zarówno w zakresie rozwoju silnika bazowego, jak i jego integracji z pojazdem.

1. Introduction

The evolution of automotive propulsion system will be mainly driven by challenging and conflicting requirements of performance, environment safeguard, energy sourcing and quality. Being the technology development strongly dependent on several industrial constraints, a “steady evolution” is likely to be a more sustainable approach than a “breakthrough revolution”. In such perspective the future scenario of automotive propulsion systems will be achieved, in parallel, by further enhancement of “conventional” reciprocating engines, by “best” hybrid configuration development and, finally, by fuel cells evolution, in a short-middle-long timeframe respectively.

Market share of both “conventional” ICE concepts (i.e. Diesel & Gasoline) will strongly depend on external factors, like regional requirements or contingency constraints. In the case of Diesel engine, further development will be mainly focused on improving PM & NO_x emissions and NVH behavior, still maintaining its remarkable breakthrough of fuel consumption. Also for hybrid powertrains Diesel engine could become a very interesting opportunity, because of its potential of further improving the fuel consumption and the fun-to-drive features of hybrid systems.

Another very challenging issue, for automotive OEM's, is the globalization requirement, heavily impacting their product portfolio, because of different local market scenarios: GM adopted a “Global Strategy – Local Execution” approach, both for Base engine development and in-vehicle integration.

2. Sustainable mobility challenge

For a sustainable mobility balance, the future evolution of automotive propulsion system will be mainly driven by the more challenging and conflicting requirements of:

2. Wyzwania transportu zrównoważonego

Rozwój samochodowych układów napędowych, zmierzający do osiągnięcia transportu zrównoważonego, będzie w głównej mierze stymulowany przez coraz większe, a jednocześnie niekiedy wykluczające się wymagania w zakresie:

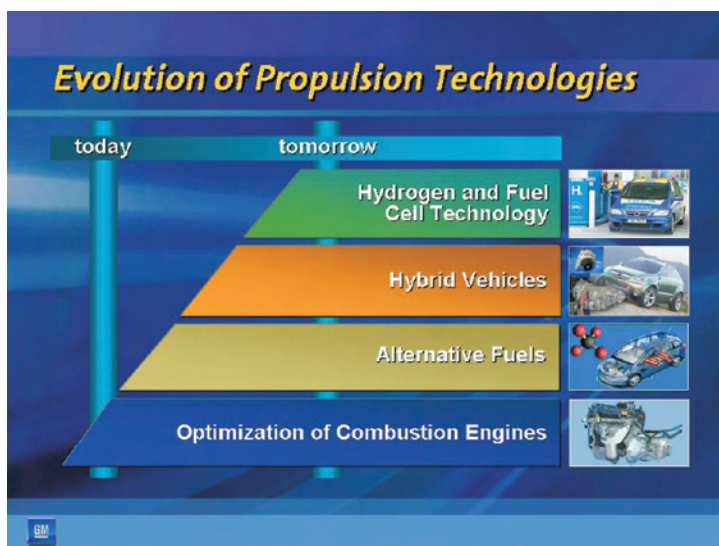
- osiągnięć (tj. wartość mocy/momentu, zdolności napędowe, reakcja, przyjemność z jazdy),
 - ochrony środowiska (tj. emisja związków toksycznych, hałas, zużycie paliwa, efekt cieplarniany itd.),
 - elastyczności źródeł energii (tj. dostępność ropy naftowej, paliwa alternatywne lub biopaliwa itd.),
 - jakości (tj. udane wprowadzenie na rynek, bezpieczna eksploatacja, niezawodność, wytrzymałość)
- w celu jednoczesnego dopasowania do nierzadko sprzecznych ze sobą: oczekiwań klientów, wymagań homologacyjnych i zysku producentów (rys. 1).

Rozwój technologiczny w znacznym stopniu zależy bowiem od uwarunkowań produkcyjnych, takich jak na przykład: czas między projektem produktu i jego wprowadzeniem na rynek, kompromis jakości i kosztu produktu, łańcuch dostawców i dostępność elementów nowych technologii, infrastruktura stacji paliwowych i usługowych, dojrzałość technologii itd.

3. Scenariusz ewolucji układów napędu pojazdów

Biorąc pod uwagę przedstawione wcześniej uwarunkowania, najbardziej prawdopodobny scenariusz rozwoju układów napędowych pojazdów zawiera się w następujących ramach czasowych (rys. 2):

- perspektywa krótko- i średniookresowa (poniżej 10 lat): dalsze doskonalenie konwencjonalnych silników tłokowych. Silniki o zapłonie iskrowym i samoczynnym w najbliższej przyszłości będą nadal dominować jako źródło napędu pojazdów. Wprowadzenie paliw alternatywnych stanowić będzie nowe wyzwanie;



Rys. 2. Ewolucja technologii układów napędowych

Fig. 2. Evolution of propulsion technologies



Rys. 1. Wyzwania transportu zrównoważonego

Fig. 1. Sustainable mobility challenge

- performance (i.e. power/torque levels, drivability, response, fun-to-drive),
- environment safeguard (i.e. pollutants emission, noise, fuel economy, greenhouse effect etc.),
- energy source flexibility (i.e. crude oil availability, alternative- or bio-fuels, etc.),
- quality (i.e. flawless launches, for-life operation, reliability, durability),

with the aim of simultaneously matching the, sometime contradictory, goals of customer expectations, homologation constraints and enterprise profitability (Fig.1).

Being the technology development strongly dependent on several industrial constraints (e.g. time to market, cost & quality trade-off, supplier chain & new technologies components availability, infrastructure for refueling and service, manufactory footprints & KH, technology maturity etc), a “steady evolution” is likely to be a more sustainable approach than a “breakthrough revolution”.

3. Automotive powertrain evolution scenario

Based on above considerations, the most likely future scenario of automotive propulsion systems is related to the following specific timeframes (Fig. 2):

- short-to-middle (below 10 years): further enhancement & refinement of “conventional” reciprocating engines; it is clear that gasoline and Diesel engines will continue to dominate the automotive market for the foreseeable future. Alternative fuels will become also a new challenge;
- middle-to-long (10 to 30 years): “best” hybrid configuration consolidation and relevant industrial mass-production development. Hybrids will increase in popularity, if they will satisfy the consumer demand of “real” consumption/emissions advantages, fun-to-drive characteristics and commercial value;
- very long (above 30 years): fuel cells evolution, in parallel with the development of the related energy source set-up. This is an exciting technology with the potential to free the vehicle from fossil fuels; but new

- perspektywa średnio- i długookresowa (10 do 30 lat): umocnienie pozycji układów hybrydowych w najkorzystniejszych konfiguracjach oraz związany z tym rozwój ich masowej produkcji; układy hybrydowe będą coraz popularniejsze o ile spełnią oczekiwania użytkowników w zakresie „rzeczywistego” zmniejszenia zużycia paliwa i emisji, przyjemności z jazdy i wartości rynkowej;
- perspektywa bardzodługookresowa (powyżej 30 lat): ewolucja ogniw paliwowych połączona z jednoczesnym rozwojem struktury źródeł energii; ogniwa paliwowe należy uznać za obiecującą technologię, oferującą potencjalne niezależnienie pojazdów od paliw kopalnych, niemniej musi być jeszcze rozwiązanych wiele nowych kwestii technicznych; należy wykazać korzyści w zakresie kosztów eksploatacyjnych; dostępna musi być odpowiednia sieć infrastruktury zanim pojazdy z ogniwami paliwowymi znajdą szerokie zastosowanie.

Występujące u poszczególnych użytkowników pojazdów potrzeby transportowe i warunki eksploatacyjne są zróżnicowane i żaden z układów napędowych nie jest w stanie samodzielnie spełnić wielu różnych wymagań. Dlatego też w następnych dekadach nadal równolegle produkowana będzie większość z wymienionych wcześniej rozwiązań napędu (rys. 3).

4. Strategie technologiczne silników o zapłonie samoczynnym

Biorąc pod uwagę rywalizację silników ZI i ZS, bez wątplenia stosowane będą nadal oba typy silników, ale ich udział w rynku będzie silnie zależał od takich czynników zewnętrznych, jak lokalne wymagania lub ograniczenia (rys. 4).

W krótko- i średniookresowej perspektywie czasu silnik ZS, z uwagi na znaczny potencjał w obniżeniu zużycia paliwa, uważany jest obecnie za najlepsze rozwiązanie do spełnienia wymagań CAFE – przynajmniej w Europie, a prawdopodobnie także w innych krajach, np. w USA. Oczywiście udział rynkowy silników ZS i ZI będzie nadal silnie powiązany z polityką energetyczną w różnych regionach świata w zakresie opodatkowania i preferencji źródeł paliw. W zakresie obecnych i przyszłych limitów emisji toksycznych składników spalin brak jest jednolitego światowego trendu, który zintensyfikowałby rozwój technologii niezbędnych do spełnienia surowszych wymagań emisyjnych. Prawdopodobnie w przyszłości systemy deNOx będą standardowym wyposażeniem silników ZS. Istotny rozwój i wzrost skali produkcji systemów deNOx zmniejszy ich koszt do akceptowalnego poziomu, jak to było np. w przypadku reaktorów trójfunkcyjnych lub układów wtryskowych *Common Rail*. W konsekwencji silniki ZS będą nadal doskonałe przez wprowadzenie na szerszą skalę zaawansowanych technologii, które w chwili obecnej są jeszcze w fazie rozwoju lub są ograniczone do specjalistycznych zastosowań (rys. 5).

engineering challenges must be addressed, convenience of vehicle operational cost must be demonstrated and infrastructure network should be completed prior to widespread usage across customers.



Rys. 3. Zaawansowane strategie napędowe: „produkt dostosowany do indywidualnych potrzeb”

Fig. 3. Advanced propulsion strategies: “a product for individual needs”

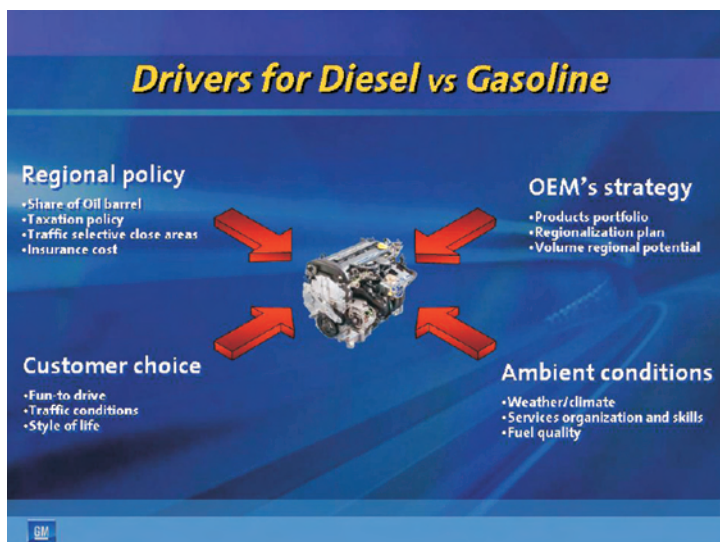
Due to specific transportation needs and operating conditions by the users, no single powertrain configuration could match such several different missions; so, in next decades the OEM’s portfolios will be characterized by the co-existence of most of the above quoted technologies (Fig. 3).

4. Strategies for future diesel engines technologies

As far as the competition between Diesel & Gasoline engines is related, no doubt about the survival of both ICE concepts, but their market share will strongly depend on external factors, like regional requirements or contingency constraints (Fig. 4).

In the short-to-middle timeframe, the Diesel engine, because of its remarkable potential of fuel consumption reduction, is seen nowadays as the best solution for fulfilling the CAFE challenges, at least in Europe, but very likely also in other regions like US. Diesel & Gasoline market share will remain strongly related, among others, to the energy policy adopted in the different world regions, in terms of taxation and fuel sourcing.

Because of the pollutant emission limits, both those in place today and the future ones, the worldwide trend is versus a more harmonized situation, which will enable and leverage a more focused development of technologies to accomplish such more severe requirements. In fact the deNOx systems are very likely to become a “standard” solution, and so leveraging remarkable development and production initiatives, as happened e.g. for Gasoline catalysts or Diesel common rail FIE, will limit the final cost impact to sustainable level.



Rys. 4. Zalety silnika ZS w porównaniu do silnika ZI

Fig. 4. Drivers for diesel vs gasoline

Jak już wspomniano, napęd hybrydowy stanie się w perspektywie średnio- i długookresowej realną alternatywą wobec konwencjonalnego silnika spalinowego. Korzyści w zakresie zużycia paliwa przy napędzie hybrydowym silnie zależą od warunków ruchu (rys. 6). Największe oszczędności paliwa mogą być uzyskane w zatłoczonym ruchu miejskim, gdzie jazda odbywa się w trybie „start–stop” i/lub pojazd napędzany jest samym silnikiem elektrycznym. W warunkach ruchu pozamiejskiego i autostradowego napęd hybrydowy nie zapewnia oszczędności paliwa w porównaniu do konwencjonalnego silnika spalinowego. W takich warunkach silnik ZS zapewnia mniejsze zużycie paliwa niż układ hybrydowy z silnikiem ZI.

Co więcej, bardzo korzystnym rozwiązaniem mogłoby być układ hybrydowy z silnikiem ZS, ponieważ silnik ZS zapewniłby dalsze zmniejszenie zużycia paliwa. Z drugiej strony zastosowanie układu hybrydowego mogłoby zredukować konieczność stosowania nowych technologii obniżających emisję silników ZS i przez to mieć korzystny wpływ na cenę tych silników.

5. Wyzwania globalizacji wobec silników ZS

Bardzo istotną kwestią dla producentów branży motoryzacyjnej jest globalizacja i jej wpływ na profil produkcji. Poszczególne regiony świata charakteryzują się różnymi scenariuszami rozwoju rynków lokalnych, a mianowicie:

- Ameryka Północna: silniki ZS głównie w samochodach ciężarowych i sportowo-użytkowych (*SUV – Sport Utility Vehicle*); wzrost rozpowszechnienia silników ZS (wyposażonych w systemy zmniejszające emisję) w samochodach osobowych z uwagi na wymagania US CAFE (*Corporat Average Fuel Economy – średnie zużycie paliwa przez flotę danego producenta*),
- Ameryka Łacińska, Afryka, Bliski Wschód: rozwój technologiczny nie będzie stymulowany

As a consequence the Diesel engines will be further evaluated, introducing in larger scale several advanced technologies, today in a development stage or confined to niche applications (Fig. 5).

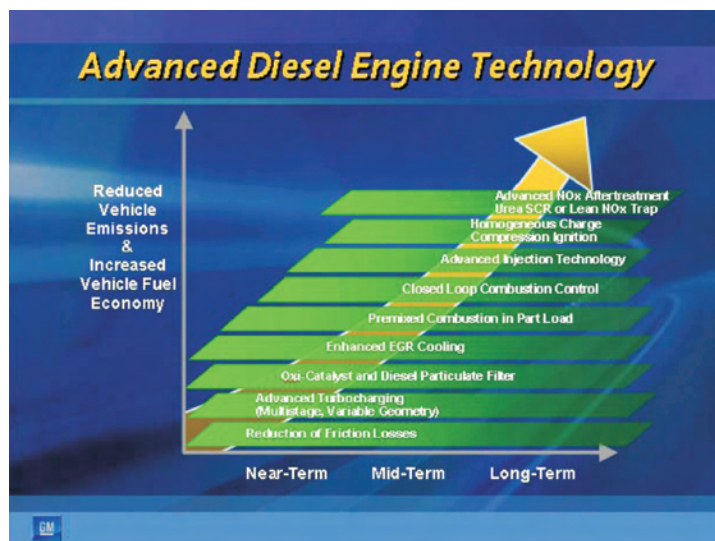
In the middle-to-long timeframe, the Hybrid powertrain, as mentioned before, will become a real alternative option to “conventional” ICE. Needless to say that the advantages in fuel economy of a Hybrid system are strongly related to the vehicle driving operation (Fig. 6). In particular, the best results can be obtained in congested city traffic conditions, where “start&stop” operation and/or “pure electric” mode are used. In extraurban and motorway situation, on the other hand, no advantages can be achieved, with respect to a “conventional ICE. Based on such considerations, Diesel engine in this case offers more fuel economy than a Gasoline hybrid system.

Based on such considerations, the “Diesel” hybrid powertrain could also become a very interesting opportunity, because the Diesel engine features will further improve the fuel consumption and the fun-to-drive features of hybrid systems. Vice versa, Hybrid powertrain operation could mitigate the needs of additional technologies of the Diesel engines to overcome the emissions issues, with positive impact also on its related cost.

5. Globalization challenge on diesel engines

Another very challenging issue for all major automotive OEM's, is the globalization approach, which heavily impact on the product portfolio. In fact different worldwide regions have different local market evolution scenarios; in particular in:

- North America: opportunities for Diesel in trucks/SUV, but growing in cars for US CAFÉ with technologies to improve emissions,
- Latin America, Africa&Middle East: emission and fuel economy won't be drivers in technology development,
- Europe: high-tech Diesel engines to reach CO₂ targets, but matching more stringent NO_x&PM emissions,



Rys. 5. Zaawansowane technologie silników ZS

Fig. 5. Advanced diesel engine technology

przez wymagania w zakresie emisji i zużycia paliwa,

- Europa: silniki ZS wysokiej technologii aby osiągnąć cele emisji CO₂, a także spełnić surowsze normy emisji NO_x i PM,
- Azja rejonu Pacyfiku: 3–4-cylindrowe silniki „taniej” technologii.

W konsekwencji, rozpowszechnienie silników ZS powinno się zmniejszać region po regionie. Wybrana przez GM taktyka dostosowania się tych wymagań nazywa się „strategia globalna – realizacja lokalna” i dotyczy rozwoju oraz wytwarzania silnika bazowego, jak również jego integracji z pojazdem (rys. 7).

6. Podsumowanie

Krótkoterminowy scenariusz rozwoju układów napędowych pojazdów będzie realizowany przez dalsze doskonalenie rozwiązań konwencjonalnych oraz zastosowanie paliw alternatywnych. Główną część rynku stanowią nadal będą silniki ZI i ZS, a udział danego typu napędu w rynku zależeć będzie głównie od uwarunkowań lokalnych. Oba typy silników posiadają potencjał dalszego rozwoju z wykorzystaniem nowych technologii.



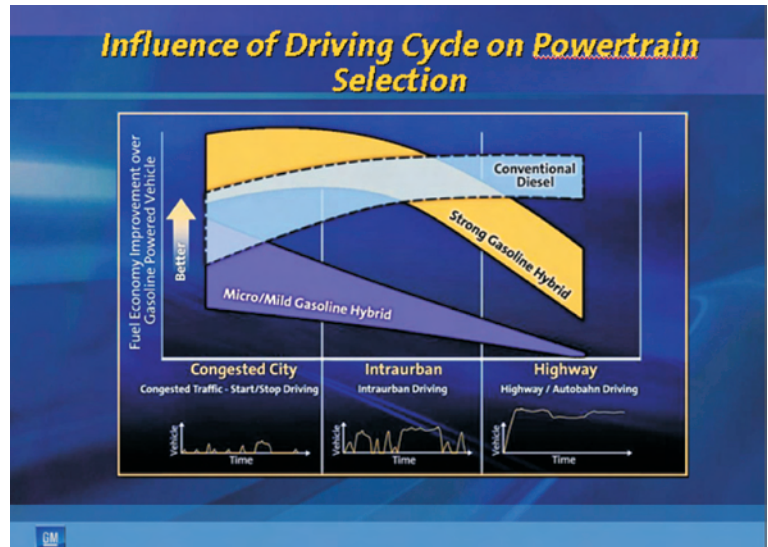
Rys. 7. Perspektywy silników ZS w skali światowej

Fig. 7. Diesel perspectives in worldwide vision

W średnioterminowych ramach czasowych, kiedy układy hybrydowe osiągną istotną pozycję na rynku, układ hybrydowy z silnikiem ZS mógłby być korzystnym rozwiązaniem z uwagi na potencjał silnika ZS w zakresie dalszego zmniejszenia zużycia paliwa.

Istotną kwestią w skali światowej jest potrzeba globalizacji zgodnej z interesem producentów. W tym zakresie, GM przyjął kierunek działania typu „strategia globalna – realizacja lokalna”, zarówno w zakresie rozwoju silników, jak i integracji z pojazdem.

(Thum. M. Kozak)



Rys. 6. Wpływ cyklu jezdnego na wybór układu napędowego

Fig. 6. Influence of driving cycle on powertrain selection

- Asia Pacific: 3–4 cylinder engines with “low-cost” technologies.

As a consequence, Diesel penetration should be declined region by region: the chosen approach of GM, in order to match such requirements, is to Global Strategy – Local Execution, both for Base engine development/manufacturing and in-vehicle integration (Fig. 7).

6. Conclusions

The near term scenario of automotive propulsion systems will be achieved, in different maturity steps, by further enhancement & refinement of “conventional” configurations and alternative fuels. The Diesel engine will share with the Gasoline one the leadership of the market, with shares depending mainly from regional contingencies. Both Diesel & Gasoline engines have further development opportunities adopting additional technologies.

In the middle timeframe, where Hybrid powertrains will gain a relevant position, the Diesel engine could become a very interesting opportunity, because of its potential of further improving the fuel consumption and the fun-to-drive features of hybrid systems.

Another very challenging issue, in worldwide vision, is the globalization requirement” compatible with OEM business approach. In this respect, GM has adopted a “Global Strategy – Local Execution” approach, both for Base engine development and in-vehicle integration.

Prof. dr inż. Giovanni Cipolla – Dyrektor działu zaawansowanych technologii silników ZS oraz napędów hybrydowych General Motors Powertrain – Europa, Turyn, Włochy.

Prof. Dr. Ing. Giovanni Cipolla – Diesel Advanced Engineering and Hybrids Director GM Powertrain – Europe, Torino, Italy.



PTNSS-2007-SS2-209

Kierunki rozwoju współczesnych źródeł napędu w świetle dyskusji panelowej na II Międzynarodowym Kongresie PTNSS

Powertrain development from the perspective of panel discussions at the second International PTNSS Congress

Słowa kluczowe: *silniki spalinowe, tendencje konstrukcyjne i badawcze, paliwa alternatywne*

Key words: *combustion engines, design and research trends, alternative fuels*

W dniach 20-23 maja 2007 roku odbył się w Krakowie Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych, w którym wzięło udział prawie 280 uczestników z Polski i zagranicy. Spotkanie tak wielu wybitnych specjalistów zajmujących się konstrukcją, badaniami i eksploatacją silników spalinowych stało się okazją do szerokiej wymiany wiedzy i doświadczeń pomiędzy różnymi środowiskami naukowymi i inżynierskimi polskimi i zagranicznymi.

Obrady Kongresu odbywały się w 4 sesjach plenarnych oraz wielu sesjach technicznych. Odbyła się również dyskusja panelowa, która pozwoliła na dokonanie przeglądu występujących światowych tendencji w zakresie konstrukcji i badań silników spalinowych, stosowanych paliw i ich przyszłości oraz przepisów dotyczących toksyczności spalin silnikowych i możliwości ich spełnienia.

Dyskusję panelową poprowadził prof. dr inż. Mirosław Wszyński, profesor na Uniwersytecie Technicznym w Birmingham w Anglii. Prof. Wszyński, absolwent Politechniki Warszawskiej, zajmuje się badaniami silników spalinowych i napędów, szczególnie w aspekcie zastosowania paliw alternatywnych i spełnienia aktualnych i przyszłych norm emisji związków toksycznych.

Do dyskusji i przedstawienia swoich ocen na temat przyszłości silników spalinowych w kontekście przyszłościowych paliw zaproszeni zostali prominentni goście Kongresu reprezentujący ważne ośrodki naukowe i badawcze w kraju i zagranicą. Byli to (w kolejności występowania):



Prof. Piotr Wolański – Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, Polska/*Heat Engineering Institute, Warsaw University of Technology, Poland,*



Dipl.-Ing. Herman Ecker – Instytut Naukowo-Badawczy FEV w Aachen, Niemcy/*Research and Development Institute, Aachen, Germany,*



Mgr inż. Ulf Lundqvist – Instytut Naukowo-Badawczy AVL, Oddział w Szwecji/*AVL Research and Development Institute, Swedish Department,*



Dr Richard J Pearson – Lotus Engineering, Anglia/*Lotus Engineering, England,*

This year's International Combustion Engines Congress took place in Cracow, Poland, between 20th and 23rd May. It was attended by almost 280 participants from Poland and other countries. The meeting of acknowledged and recognized specialists in combustion engine design, research and operation gave a chance to exchange ideas and experience among various scientific or engineering research groups both in Poland and abroad.

The Congress sessions included four plenary meetings and a number of technical gatherings. In addition, there was also a panel discussion which highlighted the current trends of combustion engines design and research. Furthermore, it concerned fuels applied now and in future as well as the regulations of exhaust gas emission and the possibility of meeting the emission limits.

The panel discussion was conducted by Mr. Mirosław Wszyński, Prof., PhD Eng., from the University of Birmingham, England. As a graduate of Warsaw University of Technology, Mr. Wszyński deals with combustion engines and Powertrain in the aspect of alternative fuels application and with the current and future exhaust gas emission regulations and the possibility of meeting these limitations.

Prominent guests of the Congress were invited to share with their opinion on the future engines for future fuels. They represented main research and development centres in Poland and abroad. They appeared as follows:



Dr Jonathan Hartland – Jaguar Land Rover, Anglia/*Jaguar Land Rover, England,*



Dr Krzysztof Biernat – Instytut Paliw i Energii Odnawialnej w Krakowie, Polska/*Fuel and Renewable Energy Institute, Cracow, Poland,*



Prof. Jan Czerwinski – Uniwersytet Nauk Stosowanych w Brnie, Szwajcaria/*University of Applied Sciences, Berne, Switzerland,*



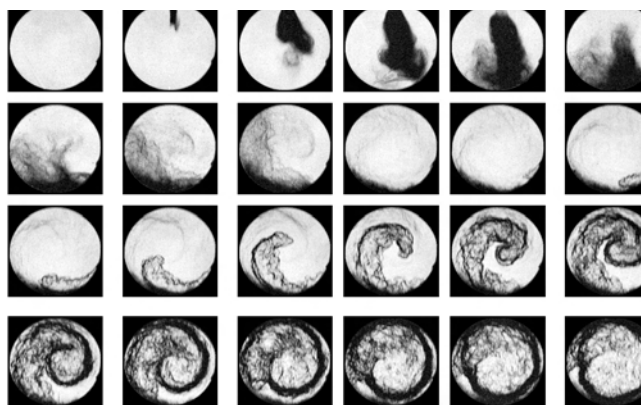
Prof. Mirosław Wszyński – Uniwersytet Techniczny w Birmingham, Anglia/*University of Birmingham, England,*

Przedstawione głosy uczestników miały formę prezentacji komputerowych. Poniżej przedstawiamy wybrane obrazy z krótkim omówieniem pochodzącym od redakcji.

Prof. Piotr Wolański swój głos w dyskusji poświęcił aktualnym problemom spalania w silnikach spalania wewnętrznego wskazując na trzy podstawowe wymagania dotyczące sprawności przetwarzania energii, zmniejszenia emisji związków toksycznych i zmniejszenia emisji dwutlenku węgla jako gazu cieplarnianego. Spełnienie oczekiwań w tym zakresie wymagać będzie podejmowania działań dla zastosowania nowoczesnych paliw silnikowych i czynnego sterowania procesem spalania. Wśród paliw o wzrastającym znaczeniu w rozwoju silników Autor wymienił: metan (CNG), gaz upłynniony (LPG), biopaliwa oraz wodór.

W odniesieniu do sterowania spalaniem prof. Wolański stwierdził, że jest ono współcześnie możliwe tylko w ograniczonym zakresie. Można obecnie sterować procesami tworzenia mieszanki, czasem zapłonu oraz procesem wymiany ładunku poprzez sterowanie fazami i skokiem zaworów. Ograniczenia w możliwościach pełnego sterowania spalaniem powoduje niedostatecznie wysoką sprawność silników ze względu na niezupełne i niecałkowite spalanie, nierównoważony proces wywiązywania ciepła i emisję związków toksycznych.

Propozycje czynnego sterowania spalaniem w silnikach zostały przedstawione w publikacji: Wolanski P., Oppenheim A.K.: *Controlled Combustion Engines*, SAE Paper 1999-01-0324. Omawiano w niej możliwości wykorzystania bezpośredniego wtrysku paliwa (benzyny), zastosowania wtrysku akumulatorowego typu common rail oraz ograniczonego sterowania fazami i skokiem zaworów. Wśród zalet zastosowania proponowanych rozwiązań wymieniono możliwość prowadzenia ciągłej kontroli procesu tworzenia mieszanki. Do realizacji takiego zadania konieczne jest zastosowanie szybkich układów pomiarowych (przetworniki ciśnienia, tomografia silnikowa) i odpowiednich urządzeń wykonawczych.



Rys. 2. Przykład obserwacji procesów tworzenia mieszanki zapłonu i rozprzestrzeniania się płomienia w cylindrze z bezpośrednim wtryskiem

Fig. 2. Observations of mixture formation and flame propagation in the combustion chamber DI engine

The afore-mentioned speakers expressed their opinions in the form of computer-based presentations. Below, some extracts from those presentations with the editorial comments are presented.

Prof. Piotr Wolański addressed some current problems with internal combustion engines. Mr. Wolański determined three basic requirements concerning energy transformation efficiency, reduction of emissions, especially of CO₂ regarded as a greenhouse gas. In order to live up to expectations in these aspects it will be necessary to apply modern fuels and to control combustion actively. According to the Author, the fuels of rising importance for engine development include: methane (CNG), liquid gas (LPG), the so-called bio fuels, and hydrogen.

With regard to combustion control, prof. Wolański concludes that it is possible only to some extent. At present, mixture composition, ignition timing and valves opening



Rys. 1. Stanowisko do badań optycznych strugi wtryskiwanego paliwa oraz przykład zarejestrowanego obrazu

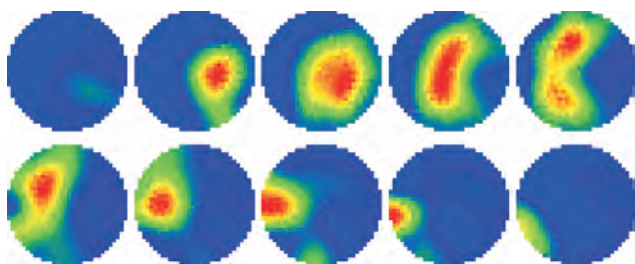
Fig. 1. The test stand for optical tests of injected fuel spray and a recorded exemplary picture

limited control can be modified and determined. The limitations of full combustion control lower, still unsatisfactory, engine efficiency due to either incomplete or partial burning; moreover, due to not uniform heat release and emission of pollutants.

The concept of active combustion control was described by Wolański and Oppenheim in paper "Controlled Combustion Engines" presented at SAE 1999-01-0324. The issues discussed in the paper included gasoline direct injection, common rail, valves opening limited control. One of the advantages of the proposed concept is the possibility of continuous control over mixture composition, which requires fast measuring systems (pressure indicator, engine tomography) as well as appropriate devices.

Research on combustion control involves special diagnostic facilities. The paper presents a test bed for optical tests on fuel spraying, its penetration and flame formation, Fig. 1. Such a test bed allows investigating fuel injection mechanisms (Fig. 2, row 1), fuel spraying, fuel spray penetration, and finally, ignition occurrence (Fig. 2, row 2), together with flame propagation and mass transfer inside the combustion chamber (Fig. 2, rows 3 and 4). Observations enriched with a flame radiation analysis allow determining temperature distribution in the combustion chamber in particular phases of combustion (Fig. 3).

W pracach nad sterowaniem spalania niezbędne jest odpowiednie wyposażenie diagnostyczne; jako przykład przedstawione zostało stanowisko do optycznych badań rozpylenia wtryskiwanej strugi, jej rozprzestrzeniania się oraz powstawania płomienia, rys. 1. Stanowisko takie umożliwia prowadzenie badań nad mechanizmami występującymi w trakcie wtrysku paliwa (rys. 2, rząd 1), jego rozpylenia i rozprzeczania w przestrzeni spalania oraz powstawaniem zapłonu (rys. 2, rząd 2), a następnie rozwojem frontu płomienia i jego przemieszczania się w komorze spalania (rys. 2, rząd 3 i 4). Obserwacje takie, uzupełnione analizą promieniowania płomienia, pozwalają na określenie rozkładu temperatury w przestrzeni spalania w poszczególnych fazach obserwowanych procesów (rys. 3).



Rys. 3. Przykład analizy tomograficznej rozkładu temperatury w cylindrze silnika z wtryskiem bezpośrednim

Fig. 3. Tomographic analysis of the temperature distribution in the cylinder with a direct injection

Prowadzone współcześnie badania pozwoliły już na wyjaśnienie wielu mechanizmów i zjawisk towarzyszących procesowi spalania; ich kontynuacja powinna doprowadzić do opanowania możliwości pełnego sterowania przebiegiem procesów tworzenia mieszanki i spalania, czyli do opracowania systemu aktywnego sterowania spalaniem.

O możliwościach zmniejszenia emisji związków toksycznych i dwutlenku węgla przez silniki spalinowe mówił inżynier Herman Ecker z Instytutu Naukowo-Badawczego FEV w Aachen (Niemcy). Stwierdził m.in., że problemy dotyczące wspomnianej emisji stanowią współcześnie główne wyzwanie konstrukcyjne i badawcze. Sprostanie jemu wymaga zastosowania podejścia systemowego uwzględniającego cały system napędowy od paliwa poprzez silnik i układ napędowy aż do całego pojazdu.

W odniesieniu do silników z zapłonem iskrowym inż. Eckert stwierdził, że można w nich spełnić bardzo ostre wymagania dotyczące emisji związków toksycznych. Ich rozwój jest silnie związany z zastosowaniem turbodoładowania, tzw. *downsizingu*, rozbudowanych układów elektronicznego sterowania pracą oraz systemów spalania pozwalających na spalanie mieszanki ubogiej.

Dla silników z zapłonem samoczynnym przewiduje się upowszechnienie tzw. pułapki cząstek stałych i układów redukujących emisję tlenków azotu. Przewidywane jest także stosowanie *downsizingu* dla obniżenia emisji dwutlenku węgla.

Jako rozwiązania alternatywne dla współczesnych źródeł napędu przewiduje się:

The latest research provided explanations of many combustion mechanisms and accompanying processes. Further continuation of the research should in future provide a full control over processes responsible for mixture composition and fuel burning; in other words, it should create an active combustion control system.

The possibilities of reducing pollutants and CO₂ emitted by combustion engines were discussed by Herman Ecker from Research and Development Institute in Aachen, Germany. Mr. Ecker concludes that problems with emissions are the main challenge for designers and researchers. In order to achieve the objectives, it is essential to apply a broad approach to the emissions that would encompass the whole Powertrain including the fuel, engine, and the entire vehicle.

With regard to spark ignition engines, Mr. Eckert concludes that it is possible to meet most stringent regulations for pollutant emissions in these engines. Their development is tightly connected with turbo charging, the so-called downsizing; furthermore, with the complex electronic control system, and finally, with systems that allow lean combustion.

As far as the CI engines are concerned, it is predicted that both particulate trap and NO_x aftertreatment become standard. It is also likely that downsizing will be applied so as to reduce CO₂ emissions.

An alternative fuelling system in modern Powertrains will be as follows:

- fuelling with compressed natural gas (CNG) will become more common;
- biofuels, blends, or synthetic fuels, which will gain rapid share due to the greenhouse effect;
- hybrids in which the degree of hybridization will be correlated with driving conditions and the cost-benefit calculation.

It is widely thought that fuel cell applicability is still the matter of future.

Currently, the concept of downsizing has been developed. The aim of downsizing is to minimize the size of the Powertrain unit with sustaining the motor operation characteristics at the same level. Engine modifications that allow improving engine operation rates lead to fuel consumption reduction by 25%, Fig. 4.

Not only is fuel consumption reduction expected but CO₂ emission, too. Fig. 5 shows the potential capabilities of CO₂ reduction accordingly to apply of particular solutions. It seems possible to diminish the emissions in spark ignition engines by a dozen of percents by means of the fully variable valve train that consists of multi point injection, direct injection and that requires lean fuel; furthermore, it can be reduced by means of downsizing and homogenous lean fuel burning.

Ulf Lundqvist, a Swedish AVL engineer, brought attention to the fact that CO₂ emission reduction is correlated with a significant engine efficiency increase and with total pollutants emission reduction. At present the situation is unsatisfactory owing to the fact that most cars manufactured nowadays considerably exceed CO₂ emission norm 130

- zwiększenie udziału zasilania sprężonym gazem ziemnym (CNG),
- zastosowanie biopaliw i ich mieszanin oraz paliw syntetycznych ze względu na problem cieplarniany,
- zastosowanie napędów hybrydowych, których stopień hybrydyzacji zostanie dostosowany do warunków użytkowania oraz rachunku ekonomicznego.

Uważa się przy tym, że praktyczne zastosowanie ogniw paliwowych jest jeszcze odległe.

Obecnie silnie jest rozwijana koncepcja *downsizingu*, czyli zmniejszania wymiarów jednostki napędowej przy zachowaniu jej właściwości napędowych. Modyfikacje konstrukcji silnika pozwalające na zwiększenie wskaźników jego wysilenia prowadzą do zmniejszenia przebiegowego zużycia paliwa, nawet o ok. 25%, rys. 4.

Równoległe z walką o obniżenie zużycia paliwa oczekuje się zmniejszenia emisji CO₂. Na rysunku 5 pokazano potencjalne możliwości tego obniżenia w zależności od zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Wychodząc od obecnego stanu rozwojowego silników o zapłonie iskrowych wyposażonych we wtrysk wielopunktowy (*Multi Point Injection*) poprzez zastosowanie wtrysku bezpośredniego i pracy na ubogich mieszankach poprzez w pełni zmienną geometrię rozrządu, *downsizing* i spalanie mieszanki ubogiej jednorodnej możliwe wydaje się obniżenie wspomnianej emisji o kilkanaście procent.

Inż. Ulf Lundqvist ze szwedzkiego oddziału Instytutu AVL (MTC) zwrócił uwagę, że obniżanie emisji CO₂ jest równoznaczne z koniecznością znacznego zwiększenia sprawności silników oraz obniżenia ich całkowitej emisji związków toksycznych. Sytuacja wyjściowa nie jest szczególnie korzystna, gdyż większość obecnie produkowanych samochodów dość znacznie przekracza normy emisji CO₂ dla flot poszczególnych marek określonych dla 2012 roku na 130 g/km. Do marek o najkorzystniejszym wskaźniku tej emisji należą Fiat i Citroën, zaś najgorsze jego wartości przypisuje się samochodom marek uznawanych tradycyjnie za luksusowe.

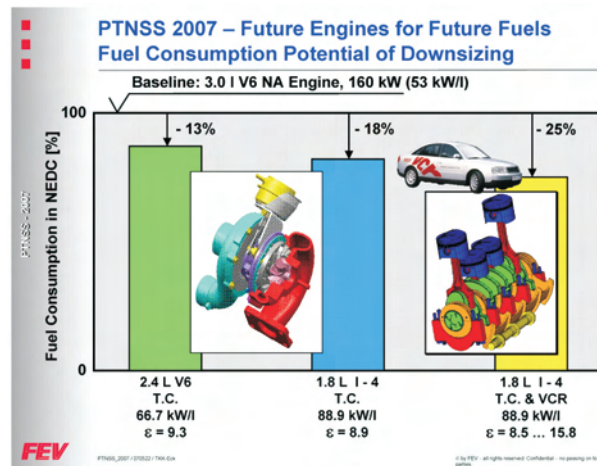
W Europie występuje szczególnie silna tendencja do sprostaną zapowiadanych normom. Wśród głównych metod osiągnięcia tego celu wymienia się:

- zmienne zawirowanie ładunku,
- zmienny napęd rozrządu,
- bezpośredni wtrysk benzyny i uwarstwienie mieszanki,
- sterowany samozapłon,
- wyłączanie cylindrów,
- doładowanie mechaniczne i turbodoładowanie.

Głównymi efektami podejmowanych działań konstrukcyjnych powinny być:

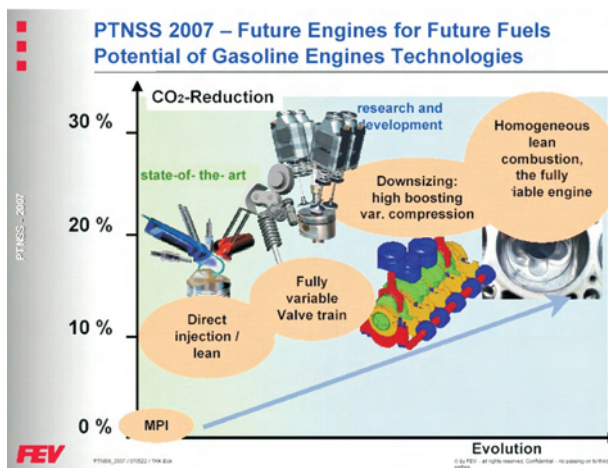
- zmniejszenie tarcia,
- poprawienie zarządzania przepływem energii w silniku i układzie napędowym,
- odzyskiwanie energii,
- procedura Start/Stop – czasowego wyłączenia silnika na postoju,
- hybrydyzacja napędów,
- zastosowanie paliw alternatywnych.

g/km for particular brand fleets that are established for year 2012. Fiat and Citroën are two of those vehicle manufacturers that have the most beneficial and eco-friendly CO₂ emission rate, whereas vehicles traditionally associated with luxury have the worst rates.



Rys. 4. Zmniejszenie zużycia paliwa przez zastosowanie *downsizingu*

Fig. 4. Fuel consumption reduction by downsizing



Rys. 5. Potencjał zmniejszenia emisji dwutlenku węgla przez zastosowanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych

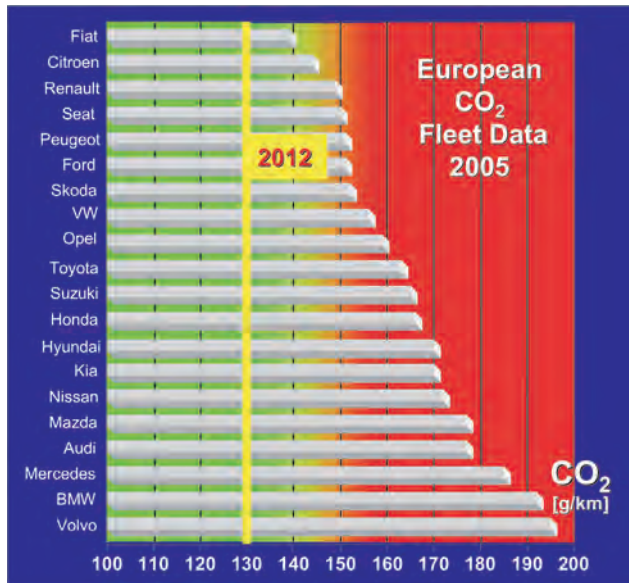
Fig. 5. The possibility of CO₂ emissions reduction by various modifications in design

Europe has a strong proclivity to meet the forthcoming emission norms. The future low CO₂ emission rates can be obtained by means of:

- variable charge motion,
- variable valve actuation,
- gasoline direct injection and mixture stratification,
- controlled self-ignition,
- cylinder deactivation,
- super and turbo charging.

The technologies that help reduce CO₂ emission rate are as follows:

- reduced friction losses,
- improved energy management,
- energy recovery,



Rys. 6. Flotowa emisja CO₂ dla pojazdów marek typowych na rynku europejskim w odniesieniu do poziomu przewidywanego normami na 2012 rok

Fig. 6. Fleet CO₂ emissions from common European vehicles with respect to the 2012 emission regulations

Przewidywane jest różne natężenie tych zmian i tendencji rozwojowych w zależności od kraju i lat, rys. 7. Proporcje upowszechnienia różnych napędów w różnych rejonach świata będą bardzo zróżnicowane. Jak widać z rysunku, w Azji i w Krajach Trzeciego Świata przewidywany udział silników z zasilaniem gazowym jest coraz większy; w Ameryce Płd. dominujące znaczenie ma i będzie miało paliwo alkoholowe. W krajach europejskich przewiduje się zwiększanie udziału silników ZS przy jednoczesnym marginalnym znaczeniu paliw alternatywnych. Uwzględniając jednak znane zasoby paliwa gazowego, prace nad rozwojem konstrukcji takich silników są intensywnie prowadzone.

W Instytucie AVL prowadzone są prace nad opracowaniem silnika z bezpośrednim wtryskiem gazu do cylindra. Jak widać z rysunku 8, koncepcja takiego silnika z zapłonem iskrowym jest pokrewna rozwiązaniom systemów GDI, FSI i podobnych.

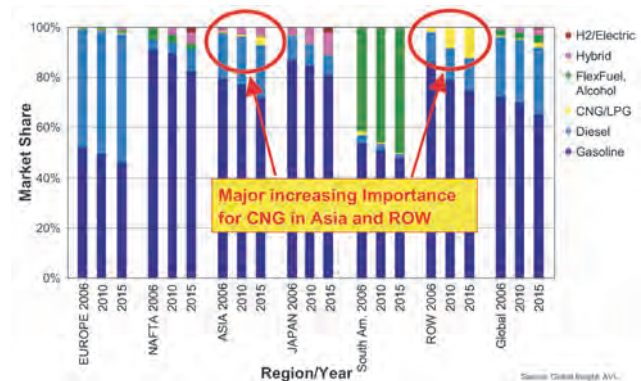
Opracowany silnik doświadczalny tego typu ma następujące cechy:

- pojemność skokową cylindra 450 cm³,
- stopień sprężania 13,
- wtryskiwacz konstrukcji AVL typu DMI (*Direct Mixture Injection*); opcjonalnie – piezoelektryczny,
- system zasilania gazowego z ciśnieniem roboczym 12 bar, standardowym regulatorem ciśnienia i typowymi elementami składowymi,
- system spalania umożliwia pracę z mieszanką homogeniczną oraz uwarstwowioną mieszanką ubogą ($\lambda > 1$).

Zastosowany w silniku badawczym układ zasilania wyposażony jest we wtryskiwacz, którego główne cechy konstrukcyjne widoczne są na rysunku 9.

- start/stop procedure – turning off the engine while waiting for motion continuation,
- hybridization,
- alternative fuels.

Intensyfikacja of design modifications and trends in development varies depending on the country. Powertrain technologies will spread at different pace in different regions of the world. As the Fig. 7 shows, there is an increasing number of cars with CNG engines in Asia and Third World countries. By contrast, flexfuel alcohol will become dominant



Rys. 7. Procentowy udział poszczególnych napędów w rynku w poszczególnych krajach i latach

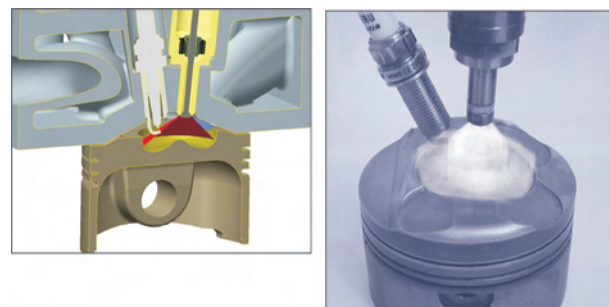
Fig. 7. Powertrain market share in particular countries at different times

in South America. It is expected that CI engines will increase their share with simultaneous marginalization of alternative fuels. However, taking extensive methane resources into account the research on methane fuelled engines has been recently accelerated and intensified.

The AVL Institute has been carrying out some research that aims at designing an engine with direct injection of gas into the cylinder. As fig. 8 shows, this concept is similar to GDI or FSI systems and others.

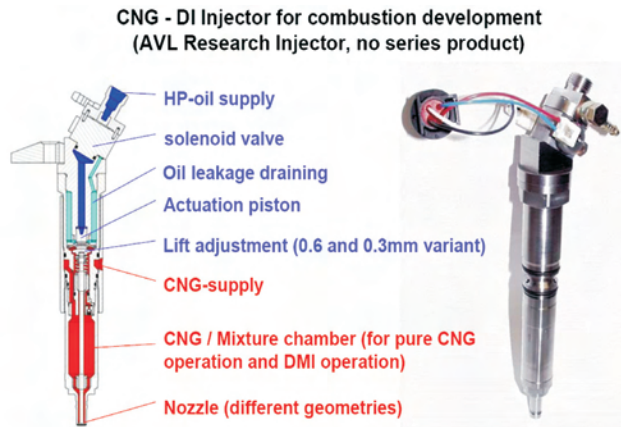
The experimental engine designed by AVL Institute, has the following parameters:

- engine capacity 450 cm³/cylinder,
- compression ratio 13:1,
- AVL proprietary DMI-Injector, optionally, piezoinjector,
- CNG System Feed Pressure at 12 bar, standard CNG pressure regulator with typical components,



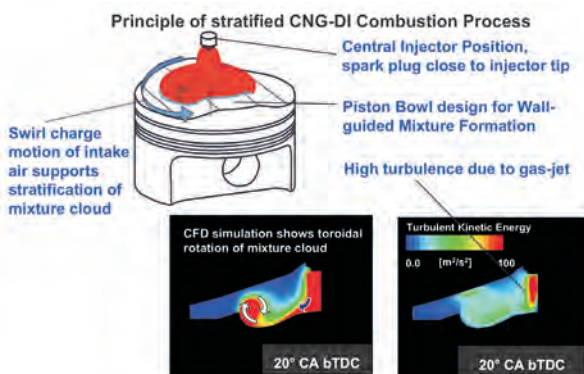
Rys. 8. Podstawowe elementy systemu spalania silnika z bezpośrednim wtryskiem gazu

Fig. 8. The basic parts of the combustion system with directed injection of gas



Rys. 9. Przekrój i widok wtryskiwacza do zasilania gazem CNG
Fig. 9. The cross-section of the CNG injector

Poprawna konstrukcja systemu spalania wymaga właściwego skojarzenia charakterystyki podawania paliwa z ruchem powietrza wewnątrz cylindra i komory spalania. W omawianym przypadku szczególne utrudnienie stwarza konieczność pracy na uwarstwowionym ładunku i zapewnienie pożądanego składu mieszanki w obszarze świecy zapłonowej we właściwej chwili. Spełnienie tych wymagań zmusza do prowadzenia szczegółowych badań symulacyjnych, rysunek 10 i 11.



Rys. 10. Zasada działania systemu spalania z bezpośrednim wtryskiem gazu

Fig. 10. Principle of stratified CNG-DI combustion process

Przeprowadzone w firmie AVL badania wskaźników pracy silnika z bezpośrednim wtryskiem gazu pozwoliły określić jego potencjalne możliwości. Pomiar przeprowadzone przy prędkości obrotowej 2000 obr/min i średnim ciśnieniu użytecznym 3 bar wykazały, że w porównaniu do silnika ZI pracującego na mieszance jednorodnej, silnik z bezpośrednim wtryskiem gazu pracujący na mieszance jednorodnej nie umożliwia wprowadzić istotnej poprawy jego sprawności, lecz pozwala na wyraźną redukcję emisji dwutlenku węgla. Silnik gazowy pracujący na mieszance uwarstwowionej pozwala nie tylko na wyraźną redukcję zużycia paliwa (ok. 25%), lecz również na znaczne obniżenie emisji CO₂ (ok. 40%), rys. 12.

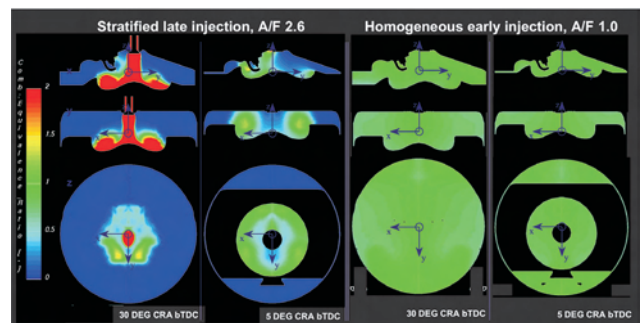
Wprowadzenie przy zasilaniu gazem występuje zmniejszenie wartości współczynnika napełnienia dla rozwiązań z wtry-

- Combustion system adjusted either to homogenous ($\lambda = 1$) or to stratified lean ($\lambda > 1$) fuel mixture.

The fuelling system used in the experimental engine is equipped with the injector with special design features shown in Fig. 9.

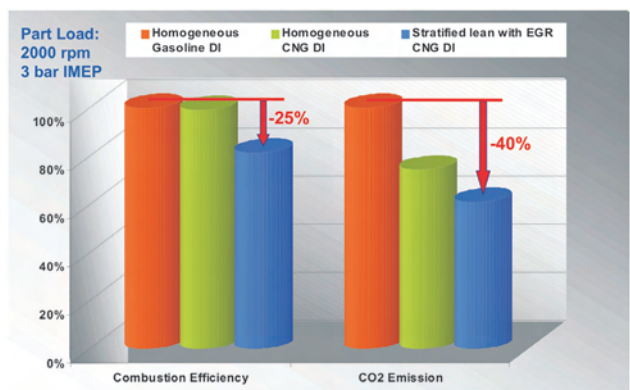
The correct combustion system requires the right correlation of fuel supply with air motion in the cylinder and combustion chamber. In this case, the stratified charge rises the difficulty in construction; similarly, the ultimate composition of the fuel mixture in spark plug's area at a particular time is also difficult to achieve. Meeting these requirements compels to conduct detailed simulation tests that are presented in Fig. 10 and 11.

AVL tested the performance of CNG-DI combustion system to check its potential capacities at engine speed 2000 rpm and average pressure 3 bar. In comparison to a homogeneous stoichiometric combustion, the experimental CNG-DI engine allows a significant CO₂ emission reduction; it does not show any considerable increase in efficiency though. Fig. 12 shows that the CNG-DI combustion system has 25% better efficiency; furthermore it significantly lowers CO₂ emission (by about 40%) when compared with homogeneous stoichiometric combustion due to a different C/H ratio.



Rys. 11. Symulacja typu CFD (Computed Fluid Dynamic) tworzenie mieszanki w silniku z wtryskiem gazu przy pracy na mieszance uwarstwowionej (rys. lewy) i mieszance jednorodnej (rys. prawy)

Fig. 11. CFD simulation; mixture formation in the engine with stratified gas injection (on the left) and homogeneous gas injection (on the right)



Rys. 12. Poprawa zużycia paliwa i emisji CO₂ w silniku zasilanym CNG w porównaniu do silnika konwencjonalnego

Fig. 12. Fuel consumption and CO₂ emissions reduction in CNG Direct Injection in comparison with stoichiometric homogeneous charge engine

skiem gazu do przewodu dolotowego, jednak zastosowanie bezpośredniego wtrysku do cylindra po zamknięciu zaworu dolotowego problem ten eliminuje, a napełnienie cylindra wzrasta o ok. 12%.

Sprężony gaz ziemny CNG wykazuje większą od benzyny odporność na spalanie stukowe; umożliwia to zwiększenie stopnia sprężania do ok. 13, co wywołuje wzrost sprawności silnika o ok. 13%.

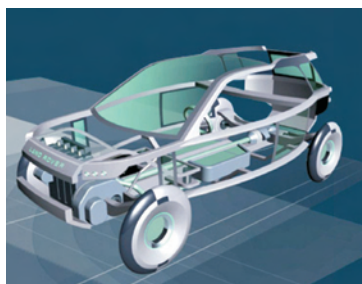
Wyniki te potwierdzają celowość prowadzenia dalszych prac rozwojowych dla silnika ZI z bezpośrednim wtryskiem gazu. CNG okazuje się bardzo atrakcyjnym paliwem dla silników spalinowych, zarówno ze względu na mniejszą emisję CO₂, lecz także ze względu na niezależność się od zasobów ropy naftowej. W okresie przejściowym przewiduje się znaczne upowszechnienie się silników z zasilaniem dwupaliwowym, benzyną i CNG. W połączeniu z turbodoładowaniem uzyskuje się znaczną poprawę napełnienia cylindra, co pozwala na zwiększenie wskaźników wysilenia silnika i umożliwia stosowanie *downsizingu*.

Dr Jonathan Hartland omówił ważniejsze kierunki badań w firmie Jaguar-Land Rover. Stwierdził, że w perspektywie krótkoterminowej najbardziej realnym rozwiązaniem problemów emisji CO₂ i oszczędności źródeł energii wydaje się napęd hybrydowy. Przedstawił projekt koncepcyjny takiego pojazdu, rys. 13. Zawiera on niekonwencjonalne rozwiązania:

- zintegrowany napęd elektryczny tylnej osi;
- zintegrowany system rozrusznik-prądnica (ISG – *Integrated Starter-Generator*),
- inowacyjny wał napędowy z bezszwowym łączeniem,
- terenowy tryb napędu elektrycznego,
- możliwość zasilania silnika spalinowego biopaliwami,
- inteligentny program sterowania obciążeniem cieplnym (ITP – *Intelligent Thermal Programme*),
- układ elektrycznego wspomagania kierownicy (EPAS – *Electric Power Assisted Steering*),
- inteligentny system zarządzania układami elektrycznymi (IMES – *Intelligent Management of Electrical Systems*).

Zastosowanie biopaliw do silników o zapłonie samoczynnym wywołuje określone następstwa. Biopaliwa mają gorszą stabilność termooksydacyjną, a także gorsze właściwości niskotemperaturowe polegające m.in. na ich tężeniu, rys. 14. W przypadku niektórych biopaliw – w szczególności surowych olejów roślinnych, następuje intensywne tworzenie się osadów i nagaru oraz ich odkładanie na powierzchni komory spalania, zaworach i świecy żarowej. W wyniku przecieków paliwa do miski olejowej, następuje szybsza degradacja oleju smarnego pogarszająca właściwości smarne.

Wady klasycznych biopaliw wywołują zainteresowanie ich następną generacją. Paliwa takie są wytwarzane na przykład w procesie Fischera/Tropscha (GTL/BTL). Polega on na zgazowaniu biomasy dla uzyskania gazu syntezowego. Najbardziej pożądane węglowodory nasycone



Rys. 13. Koncepcja pojazdu Land E
Fig. 13. The concept of Land E vehicle

Although the volumetric efficiency in CNG-DI systems with manifold gas injection is reduced, it can be fully compensated by late direct injection (after intake closing), which results in mass growth in the cylinder by 12%.

Due to a high knock resistance of CNG, it is possible to use a CR of 13, which gives 13% higher efficiency in low end WOT compared to gasoline operation.

All these results confirm the necessity of doing research that aim at developing spark ignition engines with gas direct injection. CNG appears to be a highly attractive fuel for combustion engines owing to lower CO₂ emissions and less dependency on crude oil resources. Bi-fuel vehicles represent a short term solution before introducing CNG into the market on a bigger scale. CNG in combination with turbo charging achieves better volumetric efficiency; consequently, turbo charging gives a green light to downsizing and achieving higher fuel efficiency.

Dr Jonathan Hartland discussed the main directions in development at Jaguar-Land Rover corporation. Mr. Hartland concluded that hybrids would become a short-term solution to problems with CO₂ emissions and energy saving. He presented a conceptual project of such a vehicle that is shown in Fig. 13. It includes some unconventional technologies and solutions:

- Integrated electric rear axle drive,
- ISG Integrated Starter-Generator,
- Innovative Propshaft with Seamless Re-connect,
- Terrain Response e-Mode,
- Bio-diesel capability,
- ITP Intelligent Thermal Programme,
- EPAS Electric Power Assisted Steering,
- IMES Intelligent Management of Electrical Systems.

Bio fuels applied in CI engines cause certain consequences. These fuels have worse oxidation stability; in addition, bio fuel may gel at low temperatures, Fig. 14. In the case of some bio fuels, especially crude vegetable oils, both sedimentation and carbon deposit is very intense on the surface of the combustion chamber, valves and glow plug. As a result of fuel leakage into the oil bowl, lubricant oil degradation is faster and it loses its lubricating properties.

The drawbacks of classical bio fuels draw attention to the next generation of bio fuels. They are the outcomes of Fischer and Tropsch's reaction (GTL/BTL), for instance. The reaction involves partial oxida-



Rys. 14. Galaretowaty charakter biopaliwa w niskich temperaturach

Fig. 14. Biofuels and their jelly consistence at low temperatures

powstają według reakcji: $(2n + 1)H_2 + n CO \rightarrow C_n H_{(2n+2)} + n H_2O$ lub $(n + 1)H_2 + 2n CO \rightarrow C_n H_{(2n+2)} + n C_2O$. Przebieg reakcji syntezy reguluje się dobierając odpowiedni katalizator i warunków procesu.



Rys. 15. Stanowisko badawcze na uniwersytecie w Birmingham

Fig. 15. The test stand at University in Birmingham

Innym rozwiązaniem może być zastosowanie uwodornionych tłuszczów roślinnych i zwierzęcych w postaci płynnej. Postępowanie takie wymaga jednak uruchomienia „rafinerii” biopaliwa.

Ważnym kierunkiem rozwoju napędów jest konstrukcja określana pojęciem *Controlled Homogeneous Auto-Ignition Supercharged Engine* (doładowany silnik ZS z mieszanką homogeniczną). Tego rodzaju silnik oznaczony symbolem AJV6 HCCI był poddany badaniom na uniwersytecie w Birmingham, rys. 15. Do najważniejszych efektów zastosowania systemu spalania typu HCCI²⁾ należą:

- wielkość obszaru pracy silnika, rys. 16,
- sterowanie przebiegiem spalania,
- płynne przejście pomiędzy trybami pracy silnika (HCCI i ZI),
- łatwość wykonania i prostota systemu.

W podsumowaniu dr Hartland zwrócił uwagę, że przyszłość rozwiązań układów napędowych i paliw nie zależy tylko od przemysłu motoryzacyjnego, lecz także od dostawców paliw, stosowanych dodatków, technologii, logistyki i polityki.

Dr Richard J. Pearson reprezentujący firmę Lotus Engineering omawiał zagrożenie zastosowania syntetycznego alkoholu do napędu środków transportu jako alternatywy dla paliwa wodorowego. Występuje kilka powodów poszukiwania alternatyw dla paliw konwencjonalnych:

- następuje wzrost populacji i globalnego spożycia energii,
- paliwa płynne pochodzą ze źródeł nieodnawialnych, które ulegają wyczerpaniu,
- występuje problem bezpieczeństwa energetycznego,
- obserwowane są zmiany klimatu.

O zużyciu paliw w transporcie można wnioskować na podstawie przewidywanego rozwoju transportu na świecie.

²⁾ HCCI – *Homogenous Charge Compression Ignition*, silnik ZS z ładunkiem jednorodnym.

tion of biomass in order to obtain a gas that is further converted into hydrocarbons. The most desired saturated hydrocarbons are formed in the following reactions: $(2n + 1)H_2 + nCO \rightarrow C_n H_{(2n+2)} + n H_2O$ or $(n + 1)H_2 + 2n CO \rightarrow C_n H_{(2n+2)} + n C_2O$. The course of reactions can be modified by changing a catalyst or conditions.

The next generation bio fuels may be also produced with the use of hydrotreated vegetable oil or animal fat, it requires establishing a biomass “refinery”, though.

An important Powertrain development from the environmental point of view is the controlled homogeneous auto-ignition supercharged engine. This type of engine, labelled AJV6 HCCI, was tested at university in Birmingham, Fig. 15. The main issues of combustion system HCCI²⁾ are as follows:

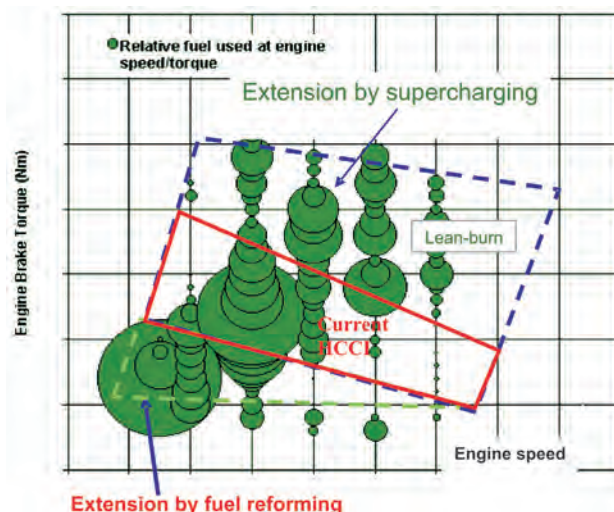
- enveloping size of HCCI operation, Fig. 16,
- control of combustion,
- driver transparent transitions (between HCCI and SI),
- NVH and robustness (brand values).

In conclusion, Dr. Hartland notices that the future Powertrain development depends not only on the automotive industry, but also on the fuel suppliers, fuel components and additives, technology, logistics, and finally, on politics.

Dr Richard J. Pearson, who represented Lotus Engineering company, discussed the possibility of fuelling means of transport with synthetic alcohol as an alternative for hydrogen. Dr Pearson points to a number of reasons that urge to search for some alternative fuels, for instance:

- population and energy consumption per capita are rising,
- fossil fuels are a finite resource – not renewable on a practical time-scale,
- energy security,
- climate change.

The fuel consumption can be estimated on the basis of the predicted world’s transport growth. The growth measured



Rys. 16. Zakres warunków pracy pokrywany przez tradycyjny system HCCI, powiększony przez zastosowanie doładowania i spalanie ubogich mieszanek (obszar dużych obciążeń) oraz przez zastosowanie paliwa reformowanego (obszar małych obciążeń)

Fig. 16. HCCI operation range covered by charging and lean fuel burning (heavy load area) and by reformed fuel (light load area)

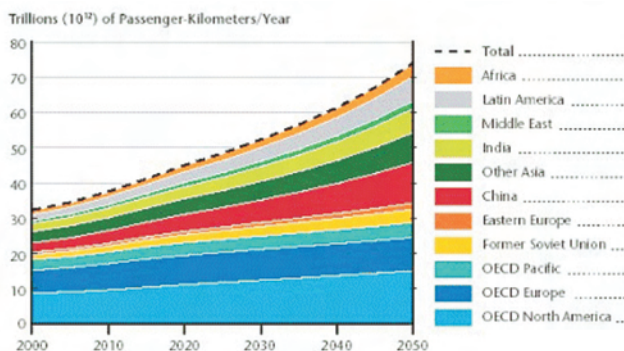
Tendencje przyrostu wskaźnika pasażerokilometrów w perspektywie ok 50 lat ilustruje rysunek 17. Wynikają z nich trzy podstawowe potrzeby:

- obniżenie zużycia energii (pożądane w każdej sytuacji),
- zmiany podstawowych paliw,
- każde z przyjmowanych rozwiązań musi spełniać wymagania dotyczące obniżenia emisji CO₂.

Osiągnięcie pożądanych wyników w zakresie oszczędności zużycia energii wymaga poprawy wskaźników operacyjnych silnika i technologii przeniesienia napędu, poprawy wskaźników pojazdu (zmniejszenie masy, zmniejszenie oporów toczenia/poruszania się), zmian w sposobie wykorzystania pojazdu (np. przez zastosowanie napędu adaptacyjnego).

Rozważając możliwości zastąpienia paliwa konwencjonalnego należy brać pod uwagę, że idealne źródło energii powinno:

- być łatwe do wytwarzania i pochodzić z bogatych zasobów,
- wykazywać dużą gęstość energii,
- umożliwiać składowanie, przetwarzanie oraz bezpieczne i tanie rozprowadzanie,
- być kompatybilne w różnorodnych przypadkach zastosowania.



Rys. 17. Przewidywany wzrost wartości wskaźnika pasażero-kilometrów w poszczególnych regionach świata w ciągu najbliższych 50 lat

Fig. 17. The predicted growth of the passenger per kilometer rate in particular world's regions in 50 years' time

Wymagania te ze względu na właściwości fizyczne doskonale spełniają współczesne paliwa: benzyna i olej napędowy, ich użycie powoduje jednak zmiany klimatu. Potencjalnie duże zainteresowanie wywołuje możliwość wykorzystania wodoru, jednak związane są z tym pewne trudności:

- wodór musi być uzyskany ze związków uwodornionych, co wiąże się z emisją CO₂,
- upowszechnienie zasilania wodorowego wymaga ogromnych zmian infrastruktury transportowej (transport, składowanie, rozprowadzanie, przejściowo konieczna infrastruktura podwojona),
- magazynowanie wymaga wysokiego ciśnienia i niskiej temperatury 700 bar, -253°C; w tych warunkach wodór wykazuje jednak ok. 1/5 gęstości energetycznej paliw klasycznych,
- systemy magazynowania są kosztowne.

in passenger per kilometre in 50 years' time is shown in Fig. 17. On the grounds of Fig. 17 it can be concluded that there are three crucial needs:

- fuel consumption must be reduced (it is a desirable tendency regardless the fuel used),
- conventional fuels must be changed,
- any alternative basis for the future energy economy must address the CO₂ issue.

In order to reduce energy consumption at a satisfying level, the following factors must be improved: engine operation indicators, vehicle technology (low mass, low rolling resistance/drag), changes in vehicle usage patterns (for example, adaptive driving).

Considering the possibilities of replacing the conventional fuel it has to be taken into account that the ideal energy carrier should:

- be easy to manufacture from abundant resources,
- provide high energy density,
- be capable of being handled, stored, and distributed cheaply and safely,
- be compatible with a wide variety of applications.

Gasoline and diesel are excellent examples because of their physical properties; however, both fuels cause climatic changes. Hydrogen, despite a broad potential application, also causes the following difficulties in use:

- hydrogen needs to be extracted from hydrogenated compounds what causes CO₂ emission,
- change to gaseous fuels requires huge infrastructure changes (distribution, transportation, storage, dual infrastructure in transition),
- inconvenient energy storage medium: 700 bar or -253°C; there is about 1/5 energy density of gasoline at 700 bar,
- fuel storage systems are very expensive.

In order to apply alcohol as an alternative fuel, the following issues must be addressed and taken into consideration:

- alcohols are liquid fuels which provide high on-board energy density and have cheap fuel systems,
- can be distributed via existing infrastructure with some minor modifications,
- alcohols can be blended easily with gasoline: whereas there is no need for fuel system modifications up to 10% concentration by volume, modifications for higher concentrations are minimal,
- they have high octane indices – important for downsized engines; additionally, high knock resistances and flame speed enable better combustion efficiency, especially optimized spark-timing and higher compression ratios.

From the economical point of view alcohols are regarded as a long-term solution. They can be either obtained traditionally through fermentation or synthesized from hydrogen and carbon dioxide where hydrogen is produced via renewable sources.

Contrary to hydrogen, alcohol as a fuel has a lower climatic impact. Moreover, in bio-fuel form it offers significant well-to-wheel CO₂ benefits. But presently there is insufficient cultivated land area to satisfy both food and energy requirements; therefore, it is expected that the second generation bio-fuels are better.

Zastosowanie alkoholi jako paliw alternatywnych wiąże się z następującymi zagadnieniami:

- alkohole są paliwami ciekłymi, które mają dużą gęstość energetyczną, a systemy paliwowe są tanie,
- do ich dystrybucji można wykorzystać istniejącą obecnie infrastrukturę jedynie z niewielkimi modyfikacjami,
- alkohole mogą łatwo być mieszane z benzyną; wprowadzenie 10% alkoholu (objętościowo) nie wymaga modyfikacji systemu paliwowego, większy jego udział wymaga tylko nieznacznych modyfikacji,
- alkohole cechują się dużą odpornością przeciwstukową, co sprzyja stosowaniu *downsizingu*; dodatkowo, duża szybkość spalania prowadzi do zwiększenia sprawności cieplnej, większych możliwości optymalnego doboru czasu zapłonu i zwiększeniu stopnia sprężania.

Paliwa alkoholowe są uważane za ekonomicznie korzystną perspektywę długookresową. Mogą być przy tym wytwarzane tradycyjnie (fermentacja) lub syntezowane z wodoru i tlenku węgla (gdzie wodór uzyskiwany byłby ze źródeł odnawialnych).

Paliwo alkoholowe w stosunku do wodoru powoduje mniejsze oddziaływanie na klimat. Produkowane jako biopaliwo daje istotne korzyści pod względem zmniejszonej emisji CO₂. Jednak współcześnie nie dysponuje się odpowiednio wielką powierzchnią rolną dla zaspokojenia zarówno potrzeb żywnościowych ludzkiej populacji, jak i potrzeb energetycznych w tej postaci; oczekuje się lepszych wskaźników przy wykorzystaniu biopaliw II generacji.

Jako rozwiązanie przejściowe rozważana jest produkcja metanolu poprzez syntezę. Odbywa się to już na skalę przemysłową z wodoru i dwutlenku węgla. Alternatywnie, metanol (także DME³⁾ do silników ZS) może być otrzymywany z syntezy gazu ziemnego lub węgla. Do tego procesu wykorzystywane jest wytwarzanie H₂ w wyniku termicznego rozkładu metanu w procesie Carnol'a, którego efektem jest także łatwy do oddzielenia węgiel.

Dwutlenek węgla może być uzyskany ze spalin przemysłowych lub produkcji cementu, z metanu (razem z odzyskiwaniem H₂) lub z biosfery. Wodór można uzyskiwać w wyniku elektrolizy wody, wykorzystując energię słoneczną lub jądrową.

Proponowany proces otrzymywania alkoholi syntetycznych został schematycznie przedstawiony na rysunku 18.

Firma Lotus przewiduje, że do 2012 roku przepisy legislacyjne wymuszają stosowania silników benzynowych z możliwością pracy dwupaliwowej, także na etanolu. Stało by się to znaczącym impulsem do zwiększenia zainteresowania paliwami odnawialnymi. Jednocześnie, przewiduje się kontynuowanie prac nad II-gą generacją bioetanolu, którego produkcja przemysłowa planowana jest na 2015 rok.

For the time being, methanol synthesis is considered as a short-term solution. The alcohol has already been synthesized from CO₂ and H₂ on a mass scale. Besides, methanol (and DME for diesel engines) can be synthesized directly from natural gas resources or coal. 'Carnol' process generates H₂ from thermal decomposition of methane. In addition, it gives solid carbon that is easy to sequester and store.

CO₂ can be obtained from industrial fumes or cement production, from methane (also producing H₂) or the biosphere. H₂ can also be produced via the electrolysis of water with the use of either solar energy or nuclear power.

The proposed method of obtaining synthetic alcohols is shown in Fig. 18.

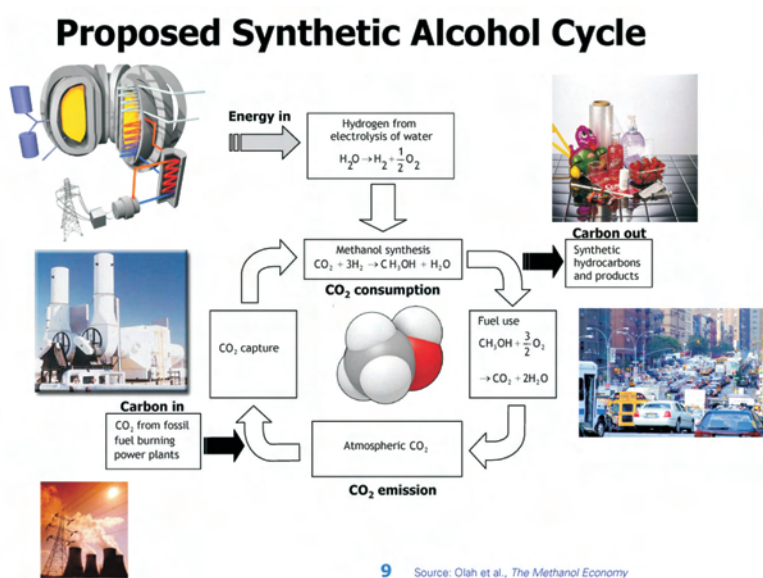
Lotus believes that by 2012 legislation requiring all gasoline vehicles to be gasoline/ethanol flex-fuel will have been enacted. It would give a significant market 'pull' to renewable fuels suppliers. It is also predicted that there will be a simultaneous development of 2nd Generation Bioethanol whose industrial production will probably start in 2015.

According to Lotus, methanol synthesis from atmospheric CO₂ will be developed and further manufactured from 2030.

With regard to self-ignition engines, it is predicted that CI engines will run on fuel synthesized in BTL Fischer-Tropsch process or DME obtained from methanol. Fig. 19 shows the time framework for the implementation of these fuels.

Dr Krzysztof Biernat discussed the problems with bio fuels in transport and presented the key issues of the future fuel usage. He predicts that by 2030:

- the European Union will have covered as much as one quarter of its road transport fuel needs by clean and CO₂-efficient bio fuels,
- a substantial amount of fuel will have been provided by a competitive European industry; for sure, it will significantly decrease the EU fossil fuel import dependence,



Rys. 18. Proponowany proces wytwarzania alkoholu syntetycznego

Fig. 18. The proposed synthetic alcohol production cycle

³⁾ DME – Dimethylester

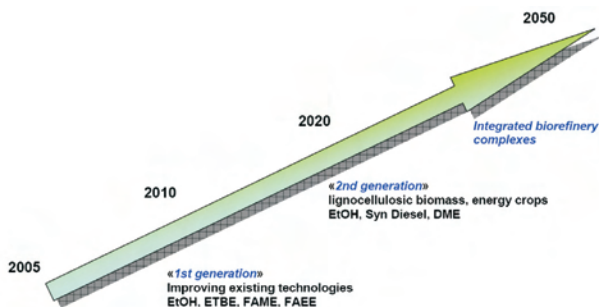
Lotus przewiduje także rozwój produkcji metanolu przez syntezę z wykorzystaniem CO₂ pochodzącego z atmosfery i początek produkcji przemysłowej w 2030 r.

W odniesieniu do silników ZS przewiduje się paliwo uzyskiwane z syntezy w procesie BTL Fischera-Tropscha lub DME uzyskiwane z metanolu. Harmonogram wprowadzania tych paliw pokazany jest na rysunku 19.

Problemy zastosowania biopaliw w transporcie omawiał dr inż. Krzysztof Biernat. Przedstawił założenia pewnej wizji:

- do 2030 roku Unia Europejska pokryje 1/4 potrzeb paliwowych swojego transportu drogowego biopaliwami wykazującymi małą emisję związków toksycznych i CO₂,
- przeważającą ilość paliw dostarczy przemysł europejski, co wyraźnie obniży zależność energetyczną,
- zapotrzebowanie na nowoczesne technologie produkcji biopaliw zaktywizuje dostawców, producentów i przemysł samochodowy.

Realizacja tej wizji wymaga konkurencyjności technologii wytwarzania biopaliw, co zmusza do rozwoju biorafinerii i stosowanych w nich technologii. Wymaga to także odpowiedniej strategii rozwoju rolnictwa, wykorzystania istniejących źródeł energii oraz zastosowania biotechnologii.



Rys. 20. Rozwój paliw w najbliższych latach
Fig. 20. Fuel development in the nearest future

Upowszechnienie biopaliw wymaga ustalenia dla nich i ich mieszanin norm jakościowych i emisyjnych. Związane jest to oczywiście także z rozwojem nowoczesnych i wydajnych napędów zmierzających do optymalizacji procesów wykorzystania energii *well-to-wheel*.

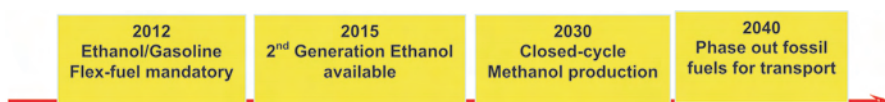
Przyszłość rozwoju paliw wg omawianej wizji pokazana została na rysunku 20 i stanowi uzupełnienie przewidywań pokazanych na rysunku 19. Według strategicznej oceny biopaliw pod względem skomplikowania produkcji i potencjalnego znaczenia rynkowego największe znaczenie wśród paliw obecnej generacji ma metan pochodzący z gazów fermentacyjnych, a dla paliw III generacji najistotniejszy wydaje się wodór pochodzenia fermentacyjnego (BioHydrogen), rys. 21.

Podobnej kategoryzacji zostały poddane potencjalne źródła energii, rys. 22. Wykorzystywanie do celów energetycznych zbóż i nasion jest już technologicznie opanowane,

- sustainable and innovative technologies of bio fuels manufacturing will create opportunities for biomass suppliers, biofuel producers and the automotive industry.

In order to realize the above-mentioned predictions, bio fuels technologies should compete with one another. It would force fuel manufacturers to develop bio-refinery and improve their technologies. It requires also an appropriate strategy for agriculture development, other energy sources as well as the use of biotechnology.

Utilization of bio fuels and their blends on a mass scale needs both quality and emission norms. It is connected with advanced and efficient Powertrain that optimizes “well-to-wheel” energy use.



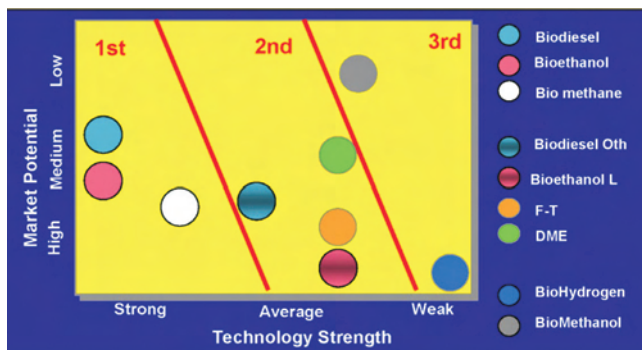
Rys. 19. Harmonogram wprowadzania nowych paliw
Fig. 19. The schedule of new fuels implementation

The future fuel development, discussed by Mr. Biernat, is shown in Fig. 20 and it complements Fig. 19. On the basis of fuels assessment in terms of production simplicity and their potential importance for the market, it can be concluded that methane formed through fermentation seems to be the most efficient fuel; by contrast, among the third generation fuels, hydrogen that is formed through fermentation (biohydrogen) becomes the key fuel source, Fig. 21.

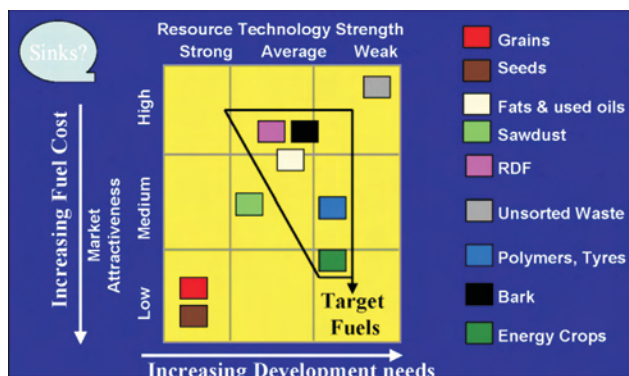
The potential sources of energy were also assessed in a similar way, Fig. 22. Technology of conversion crops and seeds into energy have already been implemented; however, other sources of energy still require a lot of investment and research to be widely used. Fig. 23 illustrates the basic conversion pathways of various energy sources, such as waste, biomass, and fats, into fuels.

Directive 98/70 and Directive 2003/17/EC contain the environmental fuel quality specifications for petrol and diesel fuels with the focus on biofuel blending. Whereas Fuels Quality Directive EN 590 (diesel) allows only 5% biodiesel in diesel oil, the Directive EN 228 allows only 5% ethanol in petrol.

There are the main changes in quality demands for gasoline and diesel fuel according to the fourth edition of

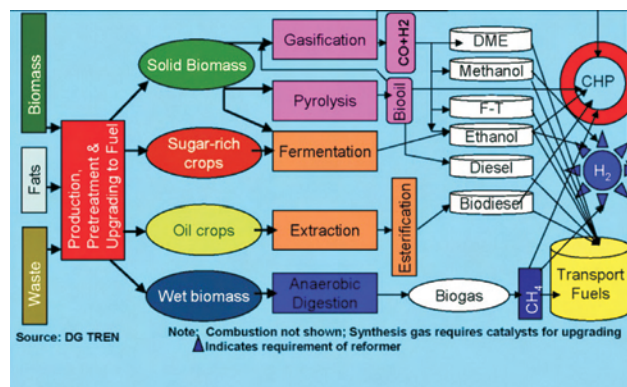


Rys. 21. Kategoryzacja paliw I, II i III generacji
Fig. 21. The fuel classification into the 1st, 2nd, and 3rd generation



Rys. 22. Kategoryzacja potencjalnych paliw pod względem niezbędnych nakładów rozwojowych i kosztów produkcji; grains – zboża; seeds – nasiona; Fats&used oils – tłuszcze i zużyte oleje; Sawdust – trociny; unsorted waste – niesortowane odpady; Polymers, Tyres – polimery, opony; Bark – kora; Energy crops – plody rolne

Fig. 22. The classification of future fuels in terms of necessary research and development cost and effort; grains; seeds; fats and used oils; sawdust; unsorted waste; polymers and tyres; bark; energy crops



Rys. 23. Podstawowe procesy pozyskiwania paliw ze źródeł odnawialnych

Fig. 23. Fuel production from the renewable sources

jednak odzyskiwanie energii z innych źródeł wymaga znacznych nakładów kapitałowych i badawczych. Podstawowe zasady pozyskiwania paliw z odpadów, biomasy i tłuszczu zostały zilustrowane na rysunku 23.

Wymagania odnośnie właściwości paliw i wytyczne w zakresie stosowania biopaliw określają obecnie przepisy Dyrektyw Europejskich 98/70/WE i 2003/17/WE. Norma Europejska EN 590 określa dopuszczalną domieszkę 5% biopaliw w olej napędowym, a EN 228 określa 5% dopuszczalną granicę dodatku etanolu do benzyny.

Światowa Karta Paliw z grudnia 2006 r. zmieniła niektóre wymagania jakościowe dla benzyny i oleju napędowego w zakresie:

- zmniejszenia maksymalnej zawartości siarki z 200 do 150 mg/kg dla benzyny kategorii 2, a dla kategorii 4 maksymalna zawartość wynosi 10 mg/kg,
- zmniejszenia maksymalnej zawartości olefin do 18% mg/kg dla benzyn kategorii 2,
- zmniejszenia maksymalnej zawartości węglowodorów aromatycznych do 25% dla benzyn kategorii 3 i 4,
- zmniejszenia minimalnej liczby cetanowej do 51,0 dla oleju napędowego kategorii 2 i do 53,0 dla kategorii 3,
- zmniejszenia maksymalnej zawartości siarki do 200 mg/kg dla oleju napędowego kategorii 1 i do 50 mg/kg dla kategorii 2,
- określenia maksymalnej zawartości siarki dla oleju napędowego kategorii 4 na 10 mg/kg,
- zwiększenia zawartości węglowodorów aromatycznych w oleju napędowym kategorii 3 i 4 odpowiednio do 20 i 3%,
- zawartość Zn, Cu, Mn, Ca określono jako niewykrywalną.

Obowiązująca Dyrektywa 98/70 nie określa ograniczeń zawartości biokomponentów w oleju napędowym, określa natomiast maksymalną gęstość paliwa, co stanowi ograniczenie pośrednie. Istniejąca propozycja COM(2007)18 także nie ogranicza tej zawartości, ale utrzymuje ograniczenie maksymalnej gęstości oleju napędowego.

Worldwide Fuel Charter introduced in December 2006:

- reduction of sulphur content from 200 mg/kg to 150 mg/kg for gasoline in category 2,
- maximal limit for sulphur content in category 4 is 10 mg/kg,
- reduction of olefins content to 18% mg/kg for gasolines in category 2,
- reduction of aromatics content to 25% for gasolines in category 3 and 4,
- reduction of minimal cetane number to 51.0 for diesel fuel in category 2 and to 53 in category 3,
- specifications for interactions between cetane number and cetane index for diesel fuel,
- reductions of sulphur content to 2000 mg/kg for diesel fuel in category 1 and raising of this level to 50 mg/kg for diesel fuel in category 1,
- upper limit of sulphur for diesel fuel in category 4 is 10 mg/kg,
- raising of aromatics content in diesel fuel in category 3 and 4 to 20% and 3%,
- define as „non-detectable” contents of metals eg. Zn, Cu, Mn, Ca, in diesel fuel of 2, 3, 4 category.

Existing Directive 98/70 contains no limit on biodiesel content in diesel. It sets a maximum diesel density that might hamper use of biodiesel. There is proposal COM(2007)18 which also does not specify the limit on biodiesel content; however, it sustains the limit on maximum diesel density.

With regard to petrol, maximum oxygenate contents is specified:

- 5% by volume for ethanol,
- 15% by volume for ethers,
- maximum 2.7% oxygen content overall,
- no waiver permitted for increase in vapour pressure when blending ethanol in petrol; vapour pressure is set at 60 kPa.

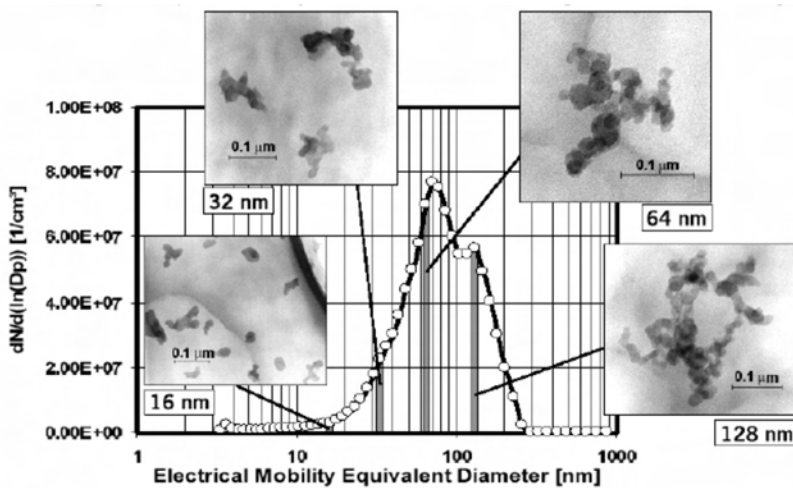
Prof. J. Czerwiński focused on PM and NO_x emissions from CI engines in the near future. He brought attention to nanoparticles emission and referred to their assessment methods. The actual legislation that concerns PM emissions defines gravimetric methods for estimating PM mass. In

W odniesieniu do benzyny przepisy ograniczają zawartość związków tlenowych:

- do 5% (objętościowo) dla etanolu,
- do 15% (objętościowo) dla eterów,
- do 2,7% całkowitej zawartości tlenu,
- niedopuszczalne są środki podnoszące nadmierne prężność par paliwa dla mieszanki benzyny z etanolem; ciśnienie to zostało określone na 60 kPa.

Prof. J. Czerwiński skoncentrował się na problemach emisji cząstek stałych PM (*Particulate Matter*) i tlenków azotu z silników ZS w najbliższej przyszłości. Zwrócił uwagę na wzrastające znaczenie emisji nanocząstek, co wymaga zmiany metod ich oceny. Obecne przepisy oceny emisji cząstek stałych odnoszą się do określania ich masy metodami grawimetrycznymi. W przyszłości sposoby te zostaną prawdopodobnie zastąpione metodami określania liczby cząstek (PN – *Particle Number*).

Badania emisji nanocząstek muszą uwzględniać ich istotne właściwości:



Rys. 24. Rozkład koncentracji nanocząstek w zależności od ich wielkości

Fig. 24. The nano-particles distribution with respect to their size

- masa jest pomijalnie mała,
- liczba jest astronomicznie wielka,
- rozprzestrzenienie następuje podobnie do gazów.

Rozkład koncentracji nanocząstek w zależności od ich wielkości pokazano na rysunku 24. Ze względu na nieregularny kształt cząstek uniemożliwiający bezpośredni pomiar ich wielkości określa się ich średnicę zastępczą.

Metodą ograniczania emisji cząstek jest filtr cząstek stałych (DPF – *Diesel Particulate Filter*), który w obecnych rozwiązaniach jest częścią systemu filtrowania spalin, rys. 25. System taki umożliwia bardzo istotne zmniejszenie emisji, nawet o ponad 99%, rys. 26.

Osobny problem stwarza gwałtownie wzrastająca emisja dwutlenku azotu i wzra-

future this method will be replaced and PM emissions will be calculated on the basis of the particle number method.

The research on nanoparticles emissions must take their following properties into account:

- negligible mass,
- astronomically high numbers,
- penetration like gases.

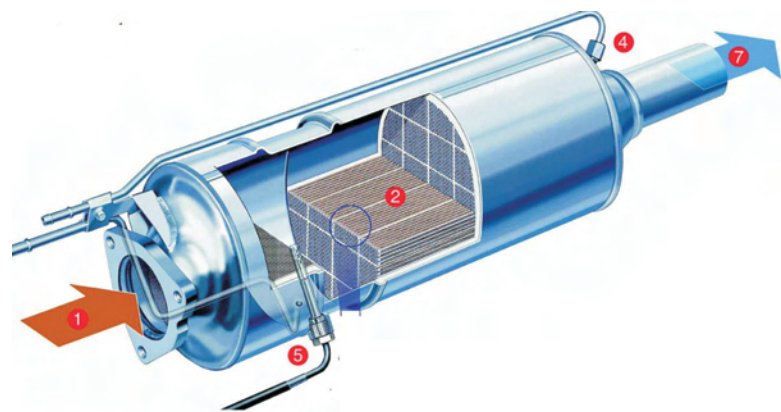
Fig. 24 shows nanoparticles decomposition with respect to their size. Due to their irregular shape the direct measurement of nonparticles is impossible; therefore, their size is estimated with the use of the equivalent diameter.

One of the ways of reducing PM emissions is a diesel particulate filter, which has become a fixed component of the exhaust filtering system, Fig. 25. It allows reducing the emissions by 99%, Fig. 26.

A rapidly increasing amount of NO_2 emissions and an intensified ozone formation create another problem. The results of measurements in Germany are shown in Fig. 27. To diminish NO_x emissions, reactors DeNO_x are used.

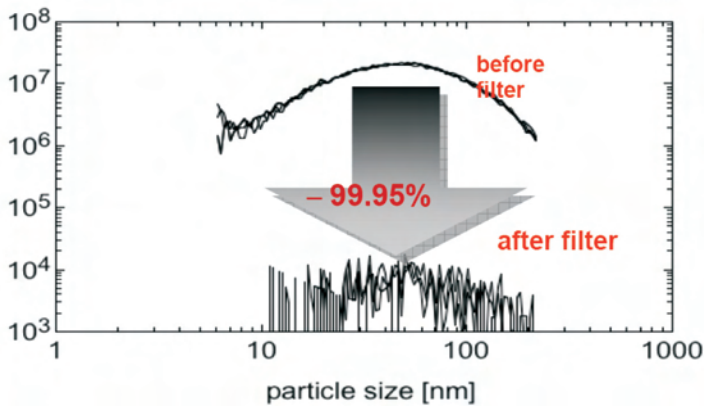
They have a two-fold function. On the one hand, they absorb and trap NO_x ; on the other hand they enable catalytic reduction. It can be either a nonselective catalytic reduction, applied in passenger cars owing to its simplicity, but despite its low efficiency; or it can be a selective catalytic reduction (SCR), which is more complicated because it requires an additional reduction agent (urea). So far such a system has been implemented in engines powering heavy duty vehicles. Fig. 28 presents a selective catalytic reduction in an Iveco engine. Similar devices have already been applied by Daimler (model E 320 Blutec) and GM (Opel Vision GL 320 Blutec).

Fig. 29 shows that in the near future systems which combine PM filter with NO_x emission reduction devices, especially SCR, will be in use. Below there



Rys. 25. System filtrowania cząstek stałych (PFS – Particle Filter System)

Fig. 25. Particle Filter System



Rys. 26. Zmniejszenie koncentracji cząstek stałych w spalinach przez zastosowanie filtra PFS

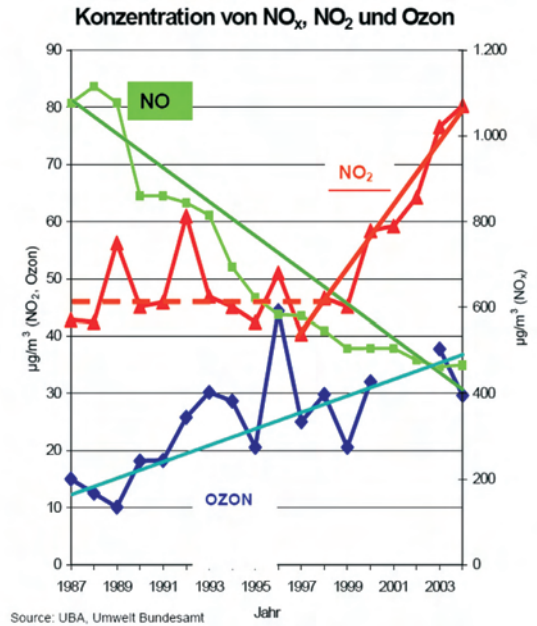
Fig. 26. The reduction of particulate matter emissions in exhaust gas owing to PFS

stająca intensywność tworzenia się ozonu. Wyniki badań tych wielkości w Niemczech pokazano na rysunku 27. Do zmniejszenia emisji tlenków azotu stosowane są reaktory typu deNO_x. Spełniają one dwie funkcje: pochłaniania i zatrzymywania tlenków azotu (NO_x – *Adsorber Pcars*, LNT – *Lean NO_x Trap*) oraz redukcji katalitycznej. Może to być proces typu NCR (*Nonselective Catalytic Reduction*), która jest stosowana w pojazdach osobowych ze względu na swoją względną prostotę, wykazuje jednak niewielką sprawność, lub proces typu SCR (*Selective Catalytic Reduction*), która jest bardziej złożony, gdyż wymaga doprowadzenia do katalizatora dodatkowego środka (mocznika). System ten był dotychczas stosowany w silnikach do samochodów ciężarowych. Przykład systemu SCR zastosowanego w silniku Iveco pokazano na rysunku 28. Podobne rozwiązania zaprezentowały już firmy Daimler (model E 320 Blutec) i GM (Opel Vision GL 320 Blutec)

Należy przewidywać, że w najbliższej przyszłości będą stosowane systemy stanowiące połączenie filtra cząstek stałych i układów redukujących emisję NO_x, szczególnie typu SCR, rys. 29. Przebieg reakcji chemicznych redukcji tlenków azotu w takim systemie można zamodelować następująco:
 Podstawowa reakcja SCR: $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 Szybka reakcja SCR: $4\text{NH}_3 + 2\text{NO} + 2\text{NO}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 Wolna redukcja NO₂ w układzie SCR: $4\text{NH}_3 + 3\text{NO}_2 \rightarrow 3,5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 Reakcja amoniaku z tlenkiem azotu: $4\text{NH}_3 + 4\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

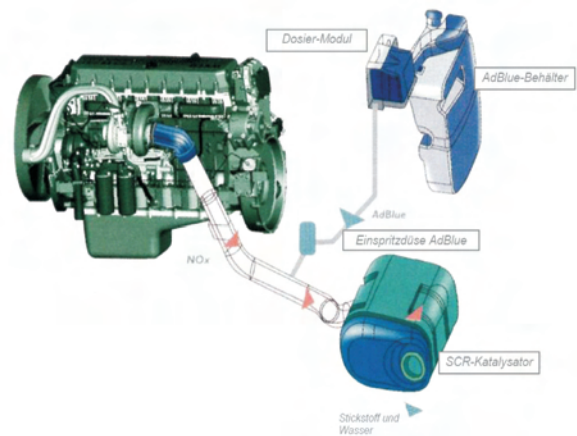
W związku z procesami katalitycznymi tworzą się nowe związki chemiczne, które wymagają zwrócenia uwagi. Są to np.: amoniak NH₃, tlenek azotu (I) N₂O, mocznik (NH₂)₂CO, kwas azotowy (III) HNO₂, kwas azotowy (V) HNO₃, azotan amonu NH₄NO₃, kwas cyjanurowy (HNCO)₃, kwas cyjanowy HOCN itp. Ich powstawanie wymaga dalszego skomplikowania systemów oczyszczania spalin i wymaga dalszej poprawy jakości stosowanego paliwa.

Prof. M. Wyszynski omówił najważniejsze kierunki badań prowadzonych nad przyszłościowymi silnikami i pa-



Rys. 27. Zmiany emisji NO, NO₂ i ozonu na autostradzie w Niemczech na przestrzeni lat

Fig. 27. The changes in NO, NO₂ and O₃ emissions on a German motorway over years



Rys. 28. System SCR zastosowany w silniku Iveco

Fig. 28. SCR in an Iveco engine

are models of NO_x reduction reactions that can occur in such systems:

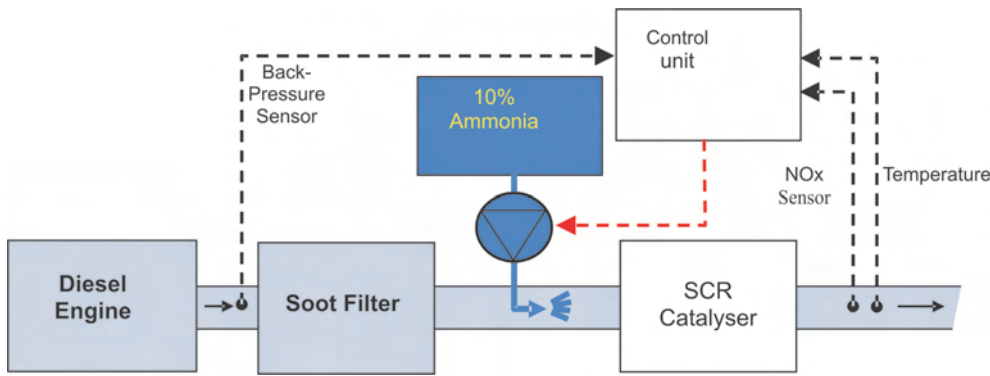
Standard SCR reaction: $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Fast SCR reaction: $4\text{NH}_3 + 2\text{NO} + 2\text{NO}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Slow NO₂ SCR reaction: $4\text{NH}_3 + 3\text{NO}_2 \rightarrow 3,5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

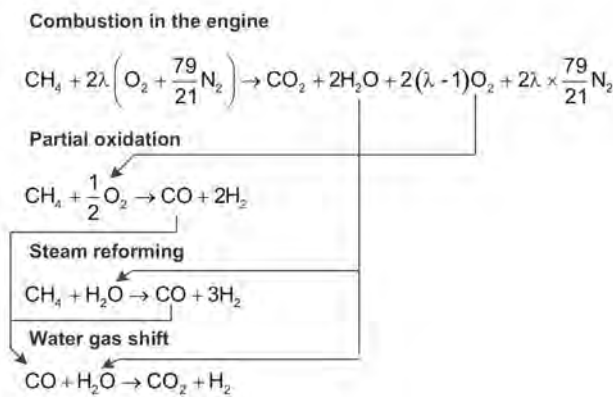
Ammonium nitrate reaction: $4\text{NH}_3 + 4\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

The outcome of chemical reactions is the formation of new chemical compounds that can be toxic such as nitric acid HNO₃, nitrous acid HNO₂, ammonium nitrate NH₄NO₃, ammonia NH₃, nitrous oxide N₂O, urea (NH₂)₂CO, isocyanic acid HNCO, cyanuric acid (HNCO)₃. Their formation requires further exhaust aftertreatment and fuel improvement.



Rys. 29. Schemat układu wylotowego silnika wyposażonego w filtr cząstek stałych i katalizator deNOx z układem SCR
 Fig. 29. The structure of the engine exhaust system with PFS and DeNOx catalyst with SCR

Prof. Wszyński discussed the most important aspects of the research carried out at University of Birmingham, England. As far as CI engines are concerned, some research has been made to optimize the performance of engines fuelled with biofuel (with methyl esters mainly, such as sunflower oil – RME) and its emissions. In addition, Homogenous Charge Compression Ignition systems have also been tested



Rys. 30. Model przemian chemicznych w czasie ulepszenia paliwa spalinami wylotowymi

Fig. 30. The model of chemical reactions after enriching fuel with exhaust gas

with regard to CI and SI engines fuelled with gasoline, propane, natural gas, biogas, ethanol as well. Furthermore, fuel reforming with exhaust gas has been considered, too. Fuel reforming incorporates CO and H₂ recovery from the exhaust gas so as to enhance combustion, and ultimately, to reduce NO_x emissions from SI engines fuelled with natural gas and to beat the NO_x-smoke trade-off for diesel and biodiesel.

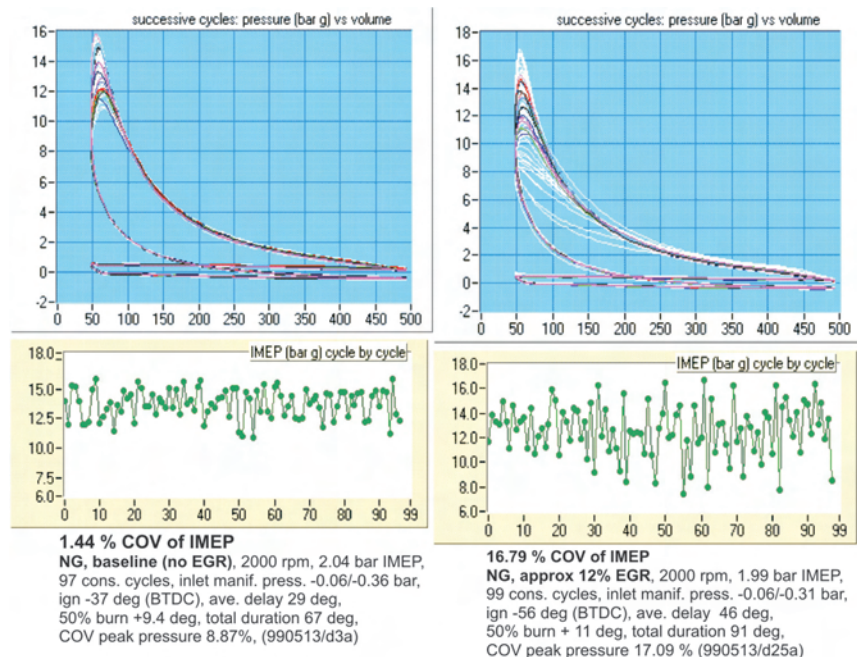
With regard to exhaust aftertreatment, the SCR system has been meant to be an integrative part of hydrogen and hydrocarbon fuelling systems.

The above-mentioned fuel improvements with the use of exhaust gas are presented in fig. 30. In this model, partial methane oxidation generates carbon oxide, which combined with water vapour, burns and changes into carbon dioxide. The reaction releases flammable hydrogen.

The tests were conducted on an engine fuelled with natural gas at engine speed 2000 rpm and indicated pres-

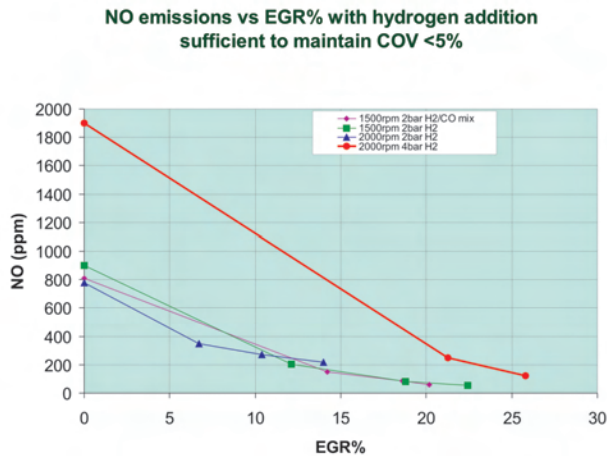
liwami na Uniwersytecie w Birmingham (Anglia). W odniesieniu do silników ZS trwają tam prace nad optymalizacją wskaźników operacyjnych silnika zasilanego biopaliwem (głównie estrami metylowymi oleju słonecznikowego – RME) i jego emisją związków toksycznych. Badaniom podlegają także systemy spalania z mieszkanką jednorodną (HCCI – Homogenous Charge Compression Ignition), nie tylko w zastosowaniu do silników ZS, lecz także ZI zasilanych benzyną, propanem, gazem ziemnym, biogazem i etanolem. Rozważane jest także ulepszenie paliwa (fuel reforming) przy pomocy spalin, z których odzyskuje się palny tlenek węgla i wodór. Ulepszony dzięki tym zabiegom proces spalania pozwala na zmniejszenie emisji NO_x w silniku ZI zasilanym gazem ziemnym oraz obniżenie zależności emisji cząstek stałych i NO_x w silnikach ZS.

W zakresie oczyszczania spalin rozważa się zastosowanie systemu SCR



Rys. 31. Wpływ zastosowania 12% recyrkulacji spalin na przebieg ciśnienia w cylindrze silnika zasilanego gazem ziemnym

Fig. 31. The influence of 12% exhaust gas recirculation on the course of the pressure



Rys. 32. Wpływ wielkości recykulacji spalin wzbogaconych wodorem na emisję NO_x

Fig. 32. The influence of reformed EGR on NO_x emissions

w odniesieniu do zasilania paliwem węglowodorowym i wodorem.

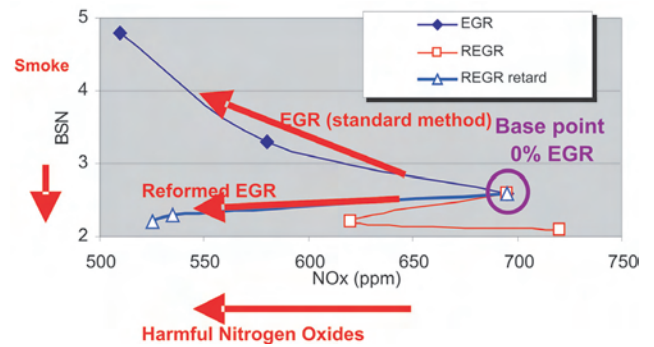
Wspomniane wyżej ulepszenie paliwa z wykorzystaniem spalin odbywa się wg schematu pokazanego na rysunku 30. W modelu tym częściowe utlenianie metanu prowadzi do wytworzenia tlenku węgla, który w połączeniu z parą wodną dopala się na dwutlenek węgla, a wydziela się przy tym palny wodór.

W silniku zasilanym gazem ziemnym przeprowadzono badania przy prędkości obrotowej 2000 obr/min i obciążeniu p_i ok. 2,0 MPa dla wariantu bez zastosowania recykulacji spalin (*no EGR*) oraz recykulacją 12% spalin. W tym drugim przypadku zaobserwowano znaczne zwiększenie nierównomierności pracy (z 1,44% do 16,79% współczynnika zmienności COV – *coefficient of variation*), określanej na podstawie przebiegów ciśnienia indykowanego, rys. 31. Uważa się wartość tej nierównomierności za dopuszczalną na poziomie 5%.

Wzbogacenie recykulowanych spalin wodorem wg schematu z rysunku 30 pozwala istotnie zwiększyć wielkość tej recykulacji z zachowaniem pożądanej równomierności pracy silnika. Duży udział spalin w ładunku cylindra wpływa znacząco na obniżenie emisji tlenków azotu, rys. 32. Wpływa jednocześnie na zmniejszenie zadymienia spalin, rys. 33.

Na zakończenie swojej prezentacji prof. Wyszyński zasugerował, że poszukiwane rozwiązania przyszłych napędów pojawiają się już na horyzoncie, lecz pozostało jeszcze wiele zagadnień do rozwiązania i badawczego ich zweryfikowania. Nie wszystkie elementy takich rozwiązań są już znane, a niektóre kierunki badań mogą się w przyszłości okazać fałszywe. Jako przykład posłużyło zauważone rozwiązanie nazwane przewrotnie *downsizingiem* 1-konnym, rys. 34.

(Opr. K. Wislocki)



Rys. 33. Kierunki możliwego obniżania emisji NO_x i zadymienia spalin z wykorzystaniem recykulacji spalin EGR i recykulacji spalin wzbogaconych wodorem (*Reformed EGR*)

Fig. 33. NO_x emissions and opacity reduction tendencies with the use of EGR and reformed EGR

sure, 2,0 MPa without EGR (exhaust gas recirculation) and with 12% EGR. In the case of combustion with EGR, the coefficient of variation increased from 1.44% up to 16.79. Uneven engine operation was determined on the basis of the courses of indicated pressure, Fig. 31. Fluctuation below 5% is acceptable.



Rys. 34. Przykład downsizingu 1-konnego

Fig. 34. A one-horse downsizing

Adding hydrogen to circulating exhaust gas, as it is presented in Fig. 30, allows increasing considerably circulation efficacy and preserving the desirable even engine operation. A large exhaust gas share in the cylinder charge impacts NO_x emissions, Fig. 32. Besides, it also influences exhaust gas opacity reduction, Fig. 33.

In conclusion, prof. Wyszyński suggested that although future Powertrain research and development have already been instigated, there is still much to be done. Some aspects of these solutions are unknown; some may appear useless and unimportant in the end, for example, the so-called one-horse-power downsizing, Fig. 34.

(Ed. K. Wislocki)

DIESOTTO firmy Mercedes Benz

– nowy wyznacznik rozwoju samochodowych silników spalinowych

W ostatnich latach XX wieku nastąpił ogromny postęp w rozwoju silników o zapłonie samoczynnym, natomiast pierwsze lata XXI wieku to znaczący postęp w rozwoju silników o zapłonie iskrowym. W obu przypadkach korzystano z najnowszych zdobyczy techniki umożliwiających stosowanie bezpośredniego wtrysku paliwa do cylindra pod wysokim ciśnieniem oraz systemów elektronicznego sterowania. Mimo, że w obu przypadkach osiągnięto niewątpliwie sukces polegający na stworzeniu ograniczonych możliwości kontroli przebiegu procesu spalania, to jednak nadal sprawność silnika ZI nie jest wystarczająca, a w silniku ZS pozostał nie rozwiązany problem zbyt dużej emisji tlenków azotu i cząstek stałych.

Receptą na rozwiązanie wymienionych problemów może stać się nowy, prototypowy silnik o nazwie DiesOtto zaprezentowany w lipcu 2007 roku przez specjalistów z koncernu Mercedes Benz. Wyposażony w ten silnik prototypowy pojazd Mercedes Benz F 700 był najważniejszą pozycją wśród pojazdów przyszłości prezentowanych na wystawie samochodów we Frankfurcie we wrześniu 2007 roku.



Rys. 1. Widok silnika Mercedes Benz DiesOtto

Nazwa nowego silnika – DiesOtto – stanowi połączenie słów Diesel i Otto. Wskazuje ona na zastosowanie w tym silniku syntezy teorii, rozwiązań konstrukcyjnych i doświadczeń zebranych z konstrukcji silników o zapłonie samoczynnym i iskrowym. Ponadto znalazły się w nim rozwiązania zgodne z najnowszymi tendencjami rozwojowymi, nad którymi pracowano w ostatnich latach w celu zwiększenia sprawności obu typów silników. Zastosowano tu m.in.:

- downsizing przez zmniejszenie liczby cylindrów i objętości skokowej,
- dwustopniowe turbodoładowanie,
- bezpośredni wtrysk paliwa,
- elektronicznie sterowaną recykulację spalin,
- zmienny stopień sprężania,

- układ o zmiennych fazach rozrządu i zmiennym skoku zaworów,
- spalanie objętościowe homogenicznego ładunku,
- współpracę silnika spalinowego z maszyną elektryczną.

Z uwagi na nowatorski charakter silnika producent nie opublikował jego dokładnych danych technicznych ani też bliższych szczegółów dotyczących zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Jednak już pobieżna analiza parametrów pojazdu napędzanego silnikiem DiesOtto wskazuje, że jest to nowatorska konstrukcja, która w wielu aspektach przewyższa obecnie stosowane jednostki napędowe.

Tab. 1. Porównanie wybranych parametrów pojazdu napędzanego silnikiem DiesOtto z parametrami pojazdów wyposażonych w konwencjonalne jednostki napędowe

Typ pojazdu	F 700	S 350	S 320 CDI
Typ silnika	DIESOTTO	ZI	ZS
Liczba cylindrów	4	V6	V6
Rodzaj paliwa	benzyna	benzyna	olej napędowy
Objętość skokowa	1,8 dm ³	3,5 dm ³	3,0 dm ³
Moc silnika spalinowego moc silnika elektrycznego	175 kW 15 kW	200 kW	173 kW
Maks. moment obrotowy	400 N·m	350 N·m	540 N·m
Masa własna pojazdu	1800 kg	1805 kg	1880 kg
Czas rozpędzania 0–100 km/h	7,5 s	7,3 s	7,8 s
Zużycie paliwa (NEDC)	5,3 dm ³ / 100 km	10,3 dm ³ / 100 km	8,5 dm ³ / 100 km
Emisja CO ₂ (NEDC)	127 g/km	245 g/km	225 g/km
Norma emisji	Euro 6	Euro 4	Euro 4

W silniku DiesOtto zastosowano zmodyfikowany kadłub czterocylindrowego silnika o objętości skokowej 1,8 dm³. Znaczącą zmianą jest zastosowanie zmiennego stopnia sprężania realizowanego przez zmianę położenia osi wału korbowego. Stopień sprężania może być płynnie zmieniany podczas pracy silnika, lecz dotychczas producent nie podał zakresu zmiany jego wartości.

Układ rozrządu z systemem zmiany faz ma dodatkowo dwustopniową zmianę skoku zaworów dolotowych. Zostało to zrealizowane za pomocą dwóch krzywek o różnym zarysie przypadającym na każdy z zaworów. Większy wznios zaworów stosowany jest przy pracy silnika z dużym obciążeniem, natomiast krzywka o mniejszym wzniosie steruje ruchem zaworów w zakresie małego i średniego obciążenia. Uzyskiwane jest wówczas duże zawirowanie ładunku, co wraz z wysokociśnieniowym wtryskiem benzyny tworzy w cylindrze mieszanek o homogenicznej strukturze.

Silnik wyposażony został w układ dwustopniowego doładowania, w którym dwie turbosprężarki umieszczone są szeregowo. Pierwsza z nich o większej średnicy jest sprężar-

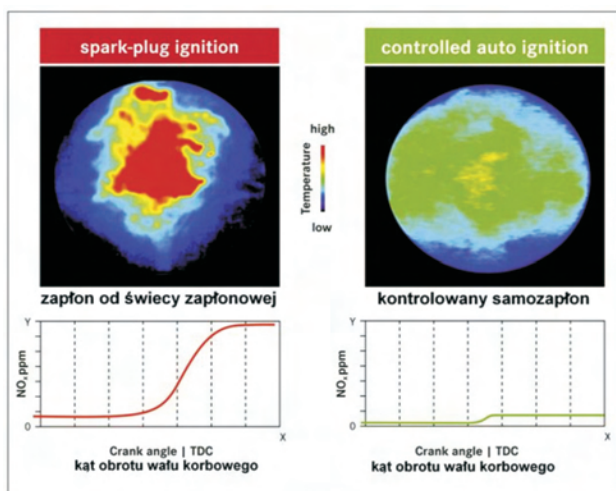
ką niskiego ciśnienia, natomiast druga o mniejszej średnicy spręża powietrze do ciśnienia wyższego. Taki układ dwóch turbosprężarek gwarantuje dobre napełnienie w zakresie małego obciążenia, a ponadto stwarza możliwość szybkiej i skutecznej regulacji napełnienia w całym polu pracy silnika. Dotyczy to zwłaszcza obszaru pracy, w którym silnik pracuje przy samozapłonie mieszanki.

Układ zasilania silnika DiesOtto jest systemem wysokociśnieniowego, bezpośredniego wtrysku benzyny do cylindra. W tym systemie zadaniem rozpylonej strugi benzyny nie jest tworzenie uwarstwienia w okolicy świecy zapłonowej, charakterystycznego dla współczesnych silników ZI z bezpośrednim wtryskiem i umożliwiającego zapłon od wyładowania iskrowego, lecz uzyskanie mieszanki o homogenicznej strukturze w całej objętości cylindra.

Podczas rozruchu silnika, pracy na biegu jałowym oraz w zakresie maksymalnego obciążenia, gdy wytworzona mieszanka ma skład stechiometryczny i zapalana jest od iskry zapłonowej.

Bardziej interesującym zakresem pracy tego silnika jest zakres małego i średniego obciążenia kiedy proces spalania zapoczątkowany jest samozapłonem i przebiega równocześnie w całej objętości mieszanki, podobnie jak w doświadczalnych silnikach HCCI. W tym przypadku silnik zasilany jest mieszanką o ubogim składzie, a jej homogeniczna struktura jest zapewniona dzięki silnemu zawrotowi osiągniętemu przez zastosowanie układu rozrządu o zmiennym skoku zaworu. W tym zakresie pracy silnika uzyskanie samozapłonu ubogiej mieszanki jest możliwe dzięki zmiennemu stopniowi sprężania oraz doładowaniu turbosprężarką.

Szybkość wydzielania ciepła podczas spalania w całej objętości mieszanki regulowana jest udziałem spalin w ładunku oraz chwilową wartością stopnia sprężania i ciśnienia doładowania. Za recykulację spalin odpowiada elektronicznie regulowany system EGR, który do ubogiej mieszanki dostarcza odpowiednią ilość spalin, umożliwiając tym kontrolę temperatury spalania. Przy dużym udziale spalin w ładunku proces spalania objętościowego przebiega regularnie



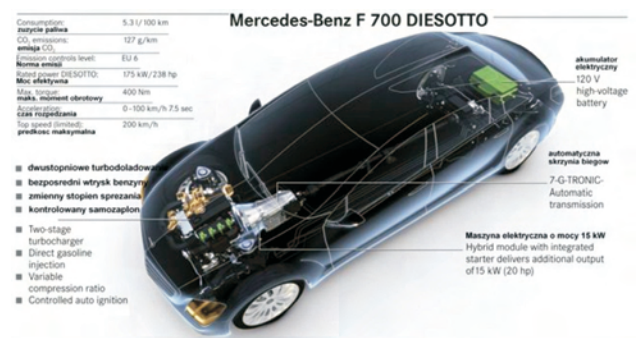
Rys. 2. Porównanie rozwoju reakcji spalania mieszanki od zapłonu iskrowego ze spalaniem wywołanym samozapłonem w silniku DiesOtto

i zachodzi w znacznie niższej temperaturze niż przy rozchodzeniu się płomienia zainicjowanego wyładowaniem iskrowym. Najważniejszymi efektami wynikającymi z takiego przebiegu procesu spalania ubogiej mieszanki jest duża sprawność oraz radykalne zmniejszenie emisji tlenków azotu.

Czas przejścia z zakresu pracy silnika przy samozapłonie na zakres pracy z zapłonem iskrowym odbywa się w czasie jednego obiegu.

W układzie wylotowym silnika DiesOtto umieszczono klasyczny, utleniająco-redukujący reaktor katalityczny, którego działanie gwarantuje spełnienie wymagań normy Euro 6. W zakresie pracy silnika na biegu jałowym oraz z dużą prędkością obrotową i dużym obciążeniem działa on jak w klasycznym silniku z wtryskiem pośrednim pracującym na mieszance stechiometrycznej, przy czym w silniku DiesOtto wysokociśnieniowy wtrysk benzyny zapewnia lepsze przygotowanie mieszanki. Przy małym i średnim obciążeniu reaktor katalityczny spełnia rolę reaktora utleniającego, natomiast ze względu na niską temperaturę spalania objętościowego ubogiej mieszanki z dużym udziałem recykulowanych spalin, tworzenie się tlenków azotu praktycznie nie występuje (rys. 2).

Silnik DiesOtto współpracuje z maszyną elektryczną o mocy 15 kW, która mieści się w obudowie skrzyni biegów. Pełni ona kilka funkcji, m.in. rozrusznika silnika spalinowego, który jest często wykorzystywany z uwagi na zastosowanie tzw. systemu „Stop and Go”, w którym silnik spalinowy jest wyłączany przy dłuższej pracy na biegu jałowym. Podczas ruszania pojazdu z miejsca silnik spalinowy jest zawsze wspomagany przez maszynę elektryczną, pracującą w tym wypadku jako silnik, podobnie jak przy szybkim przyspieszaniu pojazdu. Podczas hamowania oraz przy toczeniu się pojazdu maszyna elektryczna odzyskuje energię, ładując akumulatory elektryczne.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów układu napędowego w samochodzie Mercedes Benz F 700

Silnik DiesOtto jest przeznaczony do dużych samochodów osobowych, dla których dotychczas właściwym źródłem napędu były silniki 6- lub 8-cylindrowe o dużej objętości skokowej. Analiza osiągnięć pojazdu wyposażonego w nowy rodzaj silnika wskazuje, że pod żadnym względem nie odbiegają one od dotychczas stosowanych jednostek napędowych, natomiast jest on zdecydowanie lepszy pod względem zużycia paliwa i emisji toksycznych składników

spalin. Wynika to z zastosowanych nowoczesnych środków technicznych. Koncepcja silnika czterocylindrowego o małej objętości skokowej lecz zwiększonej koncentracji mocy przyczyniła się do zmniejszenia strat mechanicznych. Współpraca z maszyną elektryczną pozwoliła na stosowanie systemu „Start and Go”, odzysk energii hamowania i wspomaganie silnika spalinowego w obszarach, w których wymagana jest większa moc. Zaawansowane technicznie systemy: zmiennego stopnia sprężania, turbodoładowania i układu rozrządu stworzyły możliwość zastosowania w praktyce nowego systemu spalania objętościowego, który przyniósł dalsze zwiększenie sprawności silnika. Ważnym elementem było wprowadzenie elektronicznych systemów sterujących, które po raz pierwszy pozwoliły na znaczącą kontrolę przebiegu procesu spalania, dzięki czemu emisja toksycznych składników spalin spełniła wymagania normy Euro 6.

Silnik DiesOtto z firmy Mercedes Benz jest pierwszą, nowatorską jednostką napędową, która pod względem



Rys. 4. Silnik DiesOtto zabudowany w koncepcyjnym samochodzie Mercedes Benz F700

osiągów, zużycia paliwa oraz emisji toksycznych składników spalin może stanowić wyznacznik rozwoju przyszłej generacji źródeł napędu pojazdów samochodowych.

Zdjęcia: materiały prasowe Mercedes Benz

Marek BRZEŻAŃSKI

Aktualności

Silniki ZI

Udoskonalone silniki Forda

Podczas Salonu Samochodowego 2007 we Frankfurcie, Ford zaprezentował nowe wersje wybranych modeli pod nazwą Ford EConetic, charakteryzujące się wyjątkowo małą emisją CO₂. Jednostka napędowa to silnik Duratorq TDCi o mocy 109 KM i pojemności 1,6 dm³ ($N_1 = 50,1 \text{ kW/dm}^3$, $N_c = 20,4 \text{ kW/cyl}$) wyposażony w filtr cząstek stałych. Przebiegowe zużycie paliwa jest oceniane na 4,3 dm³/100 km, co odpowiada średniej emisji CO₂ o wysokości 115 g/km.

Europejski Ford jest liderem w sektorze technologii Flexifuel, wykorzystującej odnawialne źródła energii w postaci biomasy. Niektóre modele Forda mogą być napędzane paliwem E85 (mieszanka składająca się w 85% z bioetanolu i w 15% z benzyny) lub czystą benzyną, bądź dowolną mieszanką tych dwóch paliw w jednym zbiorniku, co stanowi alternatywę wobec konwencjonalnego napędu benzynowego. Ford oferuje także wybrane modele przystosowane do pracy na LPG (gaz ciekły) i CNG (sprężony gaz ziemny).

Oprac. na podst. www.ford.com, www.motogazeta.pl

Silnik GM V8 bez układu dolotowego

Firma GM wyprodukowała nowy silnik ZS V8 o pojemności skokowej 4,5 dm³, który będzie produkowany od 2009 roku w fabryce Tonawanda. Nowa jednostka rozwija moc 310 KM (230 kW) i moment obrotowy 705 N·m ($N_1 = 51 \text{ kW/dm}^3$, $N_c = 29 \text{ kW/cyl}$, $p_{e,max} = 1,97 \text{ MPa}$); będzie zastosowana w samochodach ciężarowych i dostawczych. Blok

silnika został skonstruowany na podstawie bloku V8 silnika ZI, głowice zostały wykonane ze stopów aluminium. Silnik wyposażono w turbosprężarkę VGT, chłodzony EGR, system *common rail* wraz z wtryskiwaczami sterowanymi piezoelektrycznie (ciśnienie wtrysku 2000 bar) i specjalny system oczyszczania spalin. Wszystkie rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w nowej jednostce napędowej pozwoliły spełnić kalifornijskie normy emisji LEV2 oraz Tier 2 Bin 5.



Oprac. na podst. *Automotive Engineering*, październik 2007

Mitsubishi Lancer X

Firma Mitsubishi wyprodukowała X wersję Lancera z napędem 4WD. Nowa jednostka napędowa oznaczona jako 4B11 to silnik ZI, 4-cylindrowy, 16 zaworowy DOHC o pojemności skokowej 2,0 dm³. Turbodoładowany silnik rozwija moc 280 KM i moment obrotowy równy 422 N·m ($N_1 = 103 \text{ kW/dm}^3$, $N_c = 52,5 \text{ kW/cyl}$, $p_{e,max} = 2,65 \text{ MPa}$). W porównaniu do poprzednika silnik jest o ok. 12 kg lżejszy; zostało to osiągnięte dzięki wykonaniu bloku cylindrowego ze stopów aluminium. W silniku zastosowano system ciągłej zmiany czasu otwarcia zaworów dolotowych i wylotowych MIVEC (*continuously variable valve timing technology*).

Oprac. na podst. www.all4engineers.com

DiesOtto firmy Mercedes

Mercedes opublikował niedawno pierwsze zdjęcia i informacje dotyczące nowego silnika o nazwie DiesOtto. Stanowi on połączenie silnika ZS i ZI. Ma dużą moc i wysoki moment obrotowy, małą pojemność skokową i małe wartości jednostkowego zużycia paliwa.

Przedstawiając nowy silnik Mercedes próbuje udowodnić, że po przeszło stu latach od spopularyzowania silników spalinowych istnieją jeszcze ich dalsze możliwości rozwojowe.

Wprawdzie na rynku są już dostępne silniki ZS, które poziomem czystości spalin są zbliżone do jednostek ZI, jednak nowe możliwości wiążą się z połączeniem zalet obu tych rodzajów silników w jednej konstrukcji; ma to spełniać prezentowany przez Mercedesa, zasilany benzyną silnik DiesOtto. Nazwa pochodzi od nazwiska twórcy silnika ZS Rudolfa Diesla oraz wynalazcy czterosurowego silnika benzynowego Nikolausa Otto.

Przedstawiona jednostka została wyposażona w cztery cylindry. Paliwo jest wtryskiwane bezpośrednio do komory spalania. Rozwiązanie takie spotykane jest częściej w silnikach ZS. Tutaj zmniejszono jednak stopień sprężania i zastosowano zasilanie standardową benzyną bezołowiową, a nie jak w przypadku podobnego rozwiązania opatentowanego przez firmę Volkswagen, paliwa syntetycznego.



W silniku DiesOtto zastosowano aparat zapłonowy pracujący w dwóch trybach. Podczas rozruchu silnika lub pracy przy maksymalnym obciążeniu mieszanka benzyny i powietrza jest zapalana klasyczną świecą iskrową. Przy niskich i średnich prędkościach obrotowych silnik korzysta z trybu samozapłonu wspomaganego przez świece żarowe. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie niskiej temperatury pracy oraz, co najważniejsze, niskiej emisji szkodliwych składników spalin.

Poza wspomnianym wtryskiem bezpośrednim w silniku o pojemności 1,8 dm³ wprowadzono także piezowtryskiwacze, system zmiennych faz rozrządu, turbodoładowanie i moduł odpowiadający za zmianę stopnia sprężania.

Nowy silnik Mercedesa rozwija moc równą 238 KM i moment obrotowy 400 N·m ($N_1 = 97 \text{ kW/dm}^3$, $N_c = 44 \text{ kW/cyl}$, $p_{e,max} = 2,8 \text{ MPa}$).

Oprac. na podst. www.daimler.com

Ekologiczny silnik Ferrari

Firma Ferrari, która znana jest ze swoich wyczynowych silników o zapłonie iskrowym nie przejmowała się dotychczas kwestiami ekologii. Postępujący rozwój techniki, a przede wszystkim przepisy rządowe sprawiły, że Ferrari zmuszone jest zmienić taktykę.

Jednym z rozwiązań zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin ma być bezpośredni wtrysk paliwa. Zastosowany on jednak zostanie w modelu F430 coupe nie wcześniej niż za dwa lata. Producent rozpoczął już bliską współpracę z firmą Bosch, która brała duży udział w opracowaniu nowoczesnych silników FSI dla firmy Audi.

Władze Ferrari poinformowały, że wraz z zastosowaniem innych nowości ta technologia spowoduje wzrost mocy maksymalnej silnika o ok. 10% i zmniejszenie przebiegowego zużycia paliwa i emisji szkodliwych substancji o 40%.

Bezpośredni wtrysk paliwa zastosowany w ośmiocylindrowych silnikach Ferrari o pojemność skokowej 4,3 dm³ nie będzie jedyną zmianą. W silnikach tych zostanie także zmieniona szyna z wtryskiwaczami, zostaną zastosowane nowe kanały dolotowe, głowica, zawory oraz wiele innych elementów. Dyrektor techniczny Ferrari Roberto Fedeli poinformował niedawno prasę o tym, że rozpoczął się okres istotnej modernizacji silników, lecz jej wprowadzanie zajmie kilka lat. Wprowadzenie bezpośredniego wtrysku benzyny stanowi rewolucję w silnikach porównywalną z zastąpieniem zasilania gaźnikowego układami wtryskowymi MPI.



Oprac. na podst. www.motogazeta.pl

Nowe silniki do Chevroleta Corvette

Nowa jednostka napędowa LS9 to turbodoładowany wielocylindrowy silnik spalinowy V8 o zapłonie iskrowym i pojemności skokowej 6,2 dm³. Moc maksymalna wynosi ok. 650 KM ($N_c = 478 \text{ kW}$, $N_1 = 77 \text{ kW/dm}^3$, $N_c = 60 \text{ kW/cyl}$).

W porównaniu do aktualnego modelu Z06, nowa wersja będzie dużo lżejsza ze względu na zastosowanie elementów z włókna węglowego. Produkcja nowego Corvette rozpocznie się w połowie 2008 roku.

Oprac. na podst. www.corvette-engines.com

Nowy silnik firmy Mahle

Firma Mahle mieszcząca się w Stuttgarcie (Niemcy) zaprezentowała nowy silnik o pojemności skokowej 1,2 dm³, w którym został zastosowany *downsizing*. Silnik składa się z 3 cylindrów i dwóch zespołów doładowujących dzięki czemu osiąga moc 163 KM ($N_c = 120 \text{ kW}$, $N_1 = 100 \text{ kW/dm}^3$).



$N_c = 40$ kW/cyl). Zmniejszając dwukrotnie objętość skokową w porównaniu do silnika o pojemności $2,5$ dm³ osiągnięto 20% obniżenie przebiegowego zużycia paliwa.

W silniku zastosowano kute tłoki, dwa wały rozrządu, cztery zawory na cylinder, wtrysk bezpośredni, chłodzony EGR, wałki wyrównowazujące i wiele innych nowych rozwiązań technicznych.

W celu zmniejszenia zużycia paliwa konstruktorzy zmniejszyli tarcie w parach kinematycznych. Pierścienie tłokowe zostały wykonane ze specjalnego materiału DLC-coated (*DiamondLikeCarbon*), tłoki poruszają się po materiale zwanym NIKASIL (wykorzystywanym do tej pory w silnikach firmy BMW i Porsche, itd.). Inżynierowie wprowadzili także specjalną turbosprężarkę VFT (*Variable Flow Turbine*) stosowaną w silnikach ZS z maksymalną mocą do 150 kW.

Firma Mahle wykonała nowy elektromagnetyczny zawór EGR. Zawór ten jest odporny na działanie wysokich temperatur.

Oprac. na podst. www.greencarcongress.com



Silniki o ZS

Nowe silniki TDI Audi

W połowie 2008 roku Audi wprowadzi do produkcji serijnej udoskonalone silniki ZS. Nowe silniki TDI łączą dobre wskaźniki pracy z małym zużyciem paliwa i małą emisją substancji szkodliwych. Silniki będą przygotowane do spełnienia wymagań proponowanej obecnie normy Euro 5.

Nową generację silników TDI rozpoczyna silnik V6 o pojemności skokowej $3,0$ dm³, mocy 240 KM i momencie obrotowym 550 N·m ($N_c = 177$ kW, $N_l = 59$ kW/dm³, $N_c = 29,5$ kW/cyl, $p_{e,max} = 2,3$ MPa).

Do najnowszej generacji silników TDI włączony został cały pakiet nowoczesnych rozwiązań. Są to: nowy system *Piezo Common Rail* z ciśnieniem wtrysku 2000 bar, układ recyrkulacji spalin o dużej sprawności oraz zoptymalizowane turbodoładowanie. Wyjątkowym rozwiązaniem są zastosowane po raz pierwszy przetworniki ciśnienia w komorze spalania, które umożliwiają precyzyjną regulację i możliwość sterowania procesem spalania w silniku.

Nowa generacja silników TDI będzie wyposażona także w system *ultra low emission*, który redukuje emisję tlenków azotu aż o 90%. System ten wykorzystuje dodatek AdBlue (roztwór mocznika), który jest wtryskiwany w minimalnej ilości przed katalizatorem DeNOx.

Oprac. na podst. www.vw.com, www.motogazeta.pl

Nowy silnik ZS V6 Hyundai

Firma Hyundai wyprodukowała nową, sześciocylindrową jednostkę napędową o zapłonie samoczynnym. Badania i

powstanie tej jednostki napędowej zajęło konstruktorom 26 miesięcy i kosztowało ok. 222 miliony dolarów. Jest to silnik widlasty V6 z kątem między cylindrami równym 60° , o pojemności skokowej $V_{ss} = 2959$ cm³, wyposażony w 24 zaworowy; zastosowano stopień sprężania 17,3. Silnik rozwija moc 240 KM przy prędkości obrotowej 3800 obr/min i moment obrotowy 460 N·m w zakresie 1700–3500 obr/min ($N_c = 177$ kW, $N_l = 60$ kW/dm³, $N_c = 29,5$ kW/cyl, $p_{e,max} = 1,95$ MPa). Blok silnikowy został wykonany w technologii SinterCast (CGI), co spowodowało 45% wzrost sztywności i obniżenie wagi tego elementu. Silnik wyposażono w piezo-elektryczne wtryskiwacze oraz w system turbodoładowania z pełnym elektrycznym sterowaniem.

Oprac. na podst. *Automotive Engineering*, wrzesień 2007

Nowy silnik ZS Fiata

Nowa jednostka jest tworzona na bazie dotychczasowej konstrukcji silnika JTD M. Zgodnie z nową tendencją zapoczątkowaną przez firmę BMW, inżynierowie Fiata mają wyposażyć modernizowaną jednostkę napędową ZS w dwie turbosprężarki. Mniejsza turbosprężarka ze względu na małe siły bezwładności i wyżej przebiegającą granicę pompowania będzie pracować przy małych prędkościach obrotowych (lepszy przebieg M_o); druga turbosprężarka, większa, będzie wytwarzać wysokie ciśnienie przy dużych prędkościach obrotowych (zasada doładowania zakresowego). Taka konstrukcja zapewni wartość maksymalnego momentu obrotowego 300 N·m przy 1250 obr/min i moc ok. 188 KM ($N_c = 138$ kW, $N_l = 110,6$ kW/dm³, $N_c = 34,6$ kW/cyl, $p_{e,max} = 2,37$ MPa). Fiat zapowiada, że silniki będą spełniać restrykcyjne normy emisji Euro 5. Ich produkcja rozpocznie się w tym roku, a do pierwszych modeli trafią w 2008 roku.

Oprac. na podst. www.fiat.com

Silniki ZS z technologią GTL

Firma Mercedes testuje nowe silniki ZS z zasilaniem *Gas-To-Liquid* (GTL). Paliwem dla tych jednostek napędowych nie będzie konwencjonalny olej napędowy, tylko taki, który pochodzi z gazu ziemnego.

Nowe jednostki napędowe zamontowane zostały w modelach klasy M. Prawdopodobnie nowe paliwo jest przygotowywane przez koncern Shell. Pojazdy wyposażone w zasilanie tego typu będą testowane na drogach RPA. Pomoc w rozwoju technologii zaoferowała tamtejsza firma petrochemiczna Sasol, będąca w ścisłej współpracy z amerykańskim gigantem Chevron.

Przewiduje się, że technologia GTL będzie w niedalekiej przyszłości bardzo ważna dla rozwoju motoryzacji ze względu na wyczerpujące się złoża ropy naftowej i występujące jeszcze znaczne rezerwy gazu ziemnego.

Paliwo tworzone technologią GTL posiada większą liczbę cetanową niż konwencjonalny olej napędowy używany w silnikach ZS. W standardowym paliwie wynosi ona LC = 51. Olej napędowy tworzony w technologii GTL będzie wykazywać liczbę cetanową na poziomie 70.

Oprac. na podst. www.motogazeta.pl

Książki silnikowe

Books on combustion engines

ZASILANIE SILNIKÓW AUTOBUSÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ SPRĘŻONYM GAZEM ZIEMNYM

Grzegorz Budzik

Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, rok wyd. 2006, s. 111.

W pracy przedstawiono aspekty związane z zasilaniem silników autobusów komunikacji miejskiej sprężonym gazem ziemnym. Opisano ekologiczne zalety stosowania tego paliwa do zasilania silników. Przeprowadzono analizę finansową, która obejmuje nie tylko oszczędności związane z korzystniejszą ceną gazu ziemnego, ale również zwiększone koszty poniesione na inwestycje w autobusy CNG oraz budowę infrastruktury. Przedstawiono również wybrane modele autobusów dostępne na rynku polskim, szczególnie te eksploatowane w MPK Rzeszów i MZK Przemysł. W monografii opisano najnowsze rozwiązania techniczne układów zasilania i sterowania silników zasilanych sprężonym gazem ziemnym.

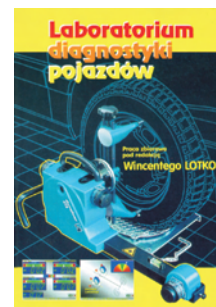


LABORATORIUM DIAGNOSTYKI POJAZDÓW

Wincenty Lotko (red.)

Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, rok wyd. 2005, s. 263.

Książka zawiera ćwiczenia laboratoryjne z zakresu diagnostyki pojazdów ze wspomaganiami komputerowym, diagnostyki układu zapłonowego silnika, procesów wtrysku i spalania paliwa (w tym w warunkach nieustalonych), pompy wtryskowej, pomiarów hałasu silnika, elektronicznego wtrysku benzyny, szczelności komór spalania, zastosowaniu wibroakustyki w diagnostyce silnika, oceny amortyzatorów, układu hamulcowego, oświetlenia pojazdu i geometrii zawieszenia kół. Wszystkie zagadnienia zawierają wprowadzenie do tematu, opis wyposażenia diagnostycznego i współczesne metodyki badań diagnostycznych pojazdów.

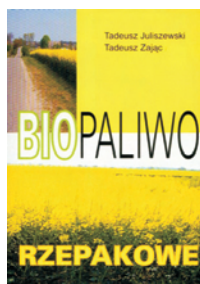


BIOPALIWO RZEPAKOWE

Tadeusz Juliszewski, Tadeusz Zając

Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, rok wyd. 2007, s. 180.

Książka adresowana jest przede wszystkim do rolników i inwestorów, rozważających decyzję o podjęciu produkcji biopaliwa na skalę nieprzemysłową, a także wszystkich zainteresowanych zagadnieniami produkcji paliw alternatywnych. W książce przedstawiono technologię uprawy rzepaku i sposób wytwarzania biopaliwa rzepakowego (metyloestru oleju rzepakowego). Technologia produkcji polega na transestryfikacji oleju roślinnego przy zastosowaniu alkoholu (metanolu), w obecności katalizatora (wodorotlenku potasu). Opis tłoczenia oleju, przygotowania składników reakcji chemicznej, transestryfikacji, a także sposobów zagospodarowania produktów ubocznych pozwala poznać uwarunkowania produkcji biopaliwa.

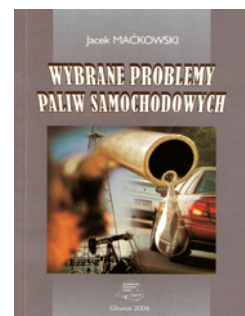


WYBRANE PROBLEMY PALIW SAMOCHODOWYCH

Jacek Maćkowiak

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, rok wyd. 2006, s. 241.

W książce przedstawiono podstawowe zagadnienia dotyczące paliw tlenowych (lotność, skład frakcyjny oraz prężność par). Zaprezentowano zapłon paliw alkoholowych (początek spalania, przebieg zapłonu) oraz wpływ układu zasilania na ich spalanie. Przedstawiono zagadnienia dotyczące wartości opałowej, liczby oktanowej (czynniki eksploatacyjne wpływające na LO oraz modelowanie procesów prowadzących do samozapłonu) i cetanowej paliw tlenowych (dodatki cetanowe, biopaliwa, paliwa syntetyczne oraz eter dwumetylowy). Omówiono emisję aldehydów z silników ZI zasilanych paliwami tlenowymi (przebieg spalania, wpływ konstrukcji silnika i parametrów eksploatacyjnych na proces spalania). Zwrócono uwagę na paliwa do ogniw paliwowych, przedstawiając głównie charakterystykę wodoru oraz metanolu.



ŁOŻYSKA MECHANIZMU KORBOWEGO TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

Anna Krzymień

Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, rok wyd. 2007, s. 205.

Książka zawiera podstawowe wiadomości na temat łożyskowania mechanizmu korbowego tłokowych silników spalinowych. Przedstawiono dane o podstawowych procesach tarcia, omówiono materiały łożyskowe i budowę panwi łożyskowych wraz z charakterystycznymi cechami ich konstrukcji. Przedstawiono charakterystykę olejów silnikowych wraz z podstawową ich klasyfikacją i zakresem zastosowania; omówiono układy smarowania łożysk mechanizmu korbowego. Zamieszczono mechanizm pracy hydrodynamicznych łożysk ślizgowych wraz z opisem metod obliczeniowych i algorytmów komputerowych. Przedstawiono najczęstsze rodzaje uszkodzeń i przyczyny ich powstania. Wyjaśniono warunki poprawnego rozwiązania i prawidłowej eksploatacji łożysk silnikowych. Zaprezentowano kilka przykładów obliczeniowych wybranych łożysk mechanizmu korbowego silnika spalinowego.

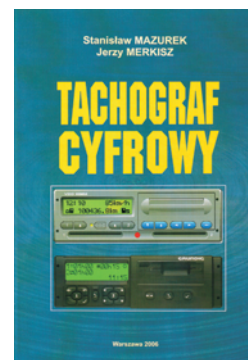


TACHOGRAF CYFROWY

Jerzy Merkisz, Stanisław Mazurek

Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, rok wyd. 2006, s. 156.

W publikacji przedstawiono uwarunkowania prawne, budowę, działanie, kalibrację i diagnostykę tachografu cyfrowego. Zaprezentowano strukturę funkcjonalną systemu tachografu cyfrowego, wymagania techniczno-organizacyjne stacji instalacyjno-kalibracyjnych oraz bezpieczeństwo informatyczne systemu. Przedstawiono systemy szkoleń w zakresie eksploatacji i obsługi tachografu cyfrowego. Podsumowaniem są zagadnienia rozwoju systemu tachografu cyfrowego i integracja z siecią pokładową pojazdu, z systemem GPS oraz systemami zarządzania flotą.



POKLADOWE URZĄDZENIA REJESTRUJĄCE W SAMOCHODACH

Jerzy Merkisz, Stanisław Mazurek, Jacek Pielecha
Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, rok wyd. 2007, s. 256.

W książce podjęto problem rejestracji parametrów ruchu pojazdu, zwłaszcza samochodu. Ważność problemu wynika m.in. z potrzeby jednoznacznego określenia przyczyn wypadku drogowego. Autorzy zaprezentowali nowe metody odtwarzania wybranych parametrów ruchu, opisali główne założenia dotyczące urządzeń rejestrujących, wyszczególnili źródła danych oraz scharakteryzowali uniwersalny rejestrator pokładowy wykonany w technologii mikroelektronicznej. Podali przykłady wykorzystania informacji z rejestratora do odtwarzania dwu- i trójwymiarowej trajektorii ruchu pojazdów, a także oceny dynamiki i komfortu jazdy. W pracy zaprezentowano możliwości wykorzystania informacji z rejestratorów w systemach diagnostycznych samochodów i nakreślono możliwe kierunki rozwoju systemów transmisji danych w pojazdach.



ALTERNATYWNE ZASILANIE SAMOCHODÓW BENZYNĄ ORAZ GAZAMI LPG I CNG. BADANIA PORÓWNAWCZE DYNAMIKI ROZPĘDZANIA I EMISJI SPALIN

Kazimierz M. Romaniszyn
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, rok wyd. 2007, s. 178.

W pracy przedstawiono historię i teraźniejszość systemów zasilania gazami tłokowych silników spalinowych, opisano cechy benzyn i gazów oraz sklasyfikowano systemy zasilania gazami.

Przedstawiono wpływ zasilania gazem LPG oraz CNG na dynamikę rozpędzania samochodów (wyposażonych w silniki gaźnikowe oraz wtrysk MPI). Dokonano analizy emisyjności tych pojazdów w układzie modalnym, tzn. opisując zużycie paliwa oraz emisyjność jako funkcję prędkości i przyspieszenia wału korbowego silnika.



Doktoraty Doctorates

Dr inż. Maciej BAJERLEIN

Analiza wybranych wielkości termodynamicznych procesu spalania w silniku o zapłonie samoczynnym przy zasilaniu olejem napędowym z rozpuszczonymi spalinami

Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz – Politechnika Poznańska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda – Politechnika Rzeszowska, dr hab. inż. Krzysztof Wisłocki – prof. nadzw. Politechniki Poznańskiej. Stopień naukowy doktora nauk technicznych nadała Rada Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej w dniu 4 września 2007 r.

W pracy przedstawiono zagadnienie analizy wybranych wielkości termodynamicznych procesu spalania w silniku o zapłonie samoczynnym zasilanym olejem napędowym z rozpuszczonymi spalinami. Problematyka dotyczy technicznej weryfikacji koncepcji wspomaganie procesu rozpylania paliwa spalinami rozpuszczonymi w oleju napędowym.

Na wstępie dokonano wprowadzenia w zagadnienia będące przedmiotem rozważań i badań eksperymentalnych, przedstawiając je w świetle ogólnej problematyki ekologicznej silników spalinowych. Szczegółowo przeanalizowano procesy zachodzących w cylindrze silnika ZS (wtrysk paliwa, jego rozpylenie, parowanie, procesy przedpłomienne oraz przebieg przemian energii) jako ugruntowanie formułowania spodziewanych efektów oddziaływania na skutki tych procesów przez rozpuszczanie spalin w wtryskiwanym oleju napędowym.

Weryfikację koncepcji poprawy procesu spalania z wykorzystaniem spalin rozpuszczonych w oleju napędowym przeprowadzono w trzech etapach badań. Badania współczynnika rozpuszczalności i ściśliwości spalin w oleju napędowym, pozwoliły określić wartości parametrów uzyskania ciekłego roztworu oraz ustalić gabaryty sekcji tłoczących pompy wysokiego ciśnienia. Badania wizualizacyjne wtrysku paliwa wykazały zmiany zachodzące w parametrach rozpylenia strugi paliwa, wynikające z wydzielających się z paliwa spalin. Wprowadzenie spalin do oleju napędowego w dużym stopniu zmienia koncentrację paliwa w przekroju poprzecznym strugi, co ma istotne znaczenie w aspekcie „poprawnego” procesu spalania. Badania silnikowe wykonano na dwóch stanowiskach silnikowych, podczas których mierzono wartości ciśnienia w cylindrze oraz wartości stężenia szkodliwych składników spalin przy zasilaniu silnika olejem napędowym i olejem napędowym z rozpuszczonymi spalinami. W rozdziałach dotyczących badań opisano wykorzystany aparat badawczy, w skład którego wchodzi wykonany na potrzeby przeprowadzonych badań system elektronicznego sterowania układem badawczym Common Rail.

Przeanalizowano wyniki badań na podstawie których dokonano oceny porównawczej zmian zachodzących w procesach spalania realizowanych w silnikach o zapłonie samoczynnym z wtryskiem bezpośrednim paliwa w zależności od stężenia dwutlenku węgla oraz ilości spalin rozpuszczonych w oleju napędowym.

Podsumowaniem pracy są wnioski dotyczące wyników badań oraz sformułowanie kierunków dalszych prac, wskazujących możliwości wykorzystania weryfikowanej koncepcji.

Nagroda im. Profesora Zygmunta Szlachty Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych dla Autora Wyróżnionej Rozprawy Doktorskiej

Dla uczczenia pamięci Profesora Zygmunta Szlachty¹⁾ Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych ustanowiło coroczną nagrodę Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych dla autora wyróżnionej rozprawy doktorskiej w.

W celu wzięcia udziału w konkursie o Nagrodę im. Profesora Zygmunta Szlachty za mijający rok kalendarzowy promotorzy rozpraw lub kierownicy jednostek, które nadały stopień (np. dziekan lub dyrektor jednostki badawczo-rozwojowej), powinni złożyć do dnia 31 stycznia roku następnego dokumentację rozpraw doktorskich, zawierające elementy wymienione w punkcie 7 zasad przyznawania nagrody.

Zasady przyznawania nagrody

1. Nagroda Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych dla Autora Wyróżnionej Rozprawy Doktorskiej została ustanowiona w celu uczczenia pamięci Profesora Zygmunta Szlachty.
2. Nagrodę przyznaje corocznie Zarząd PTNSS na wniosek Komisji Nagrody.
3. Komisja Nagrody zostaje mianowana przez Zarząd ze swego składu. Komisja składa się z trzech członków, w tym Przewodniczącego mianowanego przez Zarząd.
4. Przedmiotem Nagrody przyznawanej za dany rok kalendarzowy są rozprawy doktorskie z dziedziny silników spalinowych, na których podstawie nadano w danym roku kalendarzowym stopień naukowy doktora nauk technicznych.
5. Nagroda jest w postaci dyplomu oraz ma charakter finansowy. O wysokości Nagrody decyduje corocznie Zarząd w formie uchwały.
6. Dokumentację rozprawy doktorskiej stanowiącą podstawę do rozpatrywania kandydatury do Nagrody składa promotor rozprawy lub kierownik jednostki, która nadała stopień (np. dziekan lub dyrektor jednostki badawczo-rozwojowej).
7. Dokumentacja rozprawy doktorskiej, stanowiącą podstawę do rozpatrywania kandydatury do Nagrody, zawiera:
 - egzemplarz rozprawy doktorskiej,
 - recenzje rozprawy, pochodzące z jej przewodu doktorskiego,
 - uchwałę Rady Wydziału lub Rady Naukowej, która nadała stopień doktora.
8. Coroczny termin składania dokumentacji rozpraw doktorskich, stanowiących podstawę do rozpatrywania kandydatury do Nagrody mija 31 marca następnego roku dotyczącego rozpatrywanych rozpraw, zwanego rokiem przyznawania Nagrody.
9. Miejscem składania dokumentacji rozpraw doktorskich stanowiących podstawę do rozpatrywania kandydatury do Nagrody jest siedziba Towarzystwa.
10. Komisja rozpatruje kandydatury do Nagrody na podstawie dostarczonej dokumentacji i opinii opracowanej przez samodzielnego pracownika naukowego wyznaczonego przez Komisję.
11. Ostatecznym terminem sformułowania przez Komisję wniosku o przyznaniu Nagrody jest 30 kwietnia roku przyznawania Nagrody.
12. Ostatecznym terminem przyznania przez Zarząd Nagrody jest 30 czerwca roku przyznawania Nagrody.
13. Nagroda jest wręczana w zależności od organizowanych imprez Towarzystwa na: Walnym Zebraniu Towarzystwa, Zebraniu Zarządu lub imprezie naukowej (konferencja, seminarium) organizowanej przez Towarzystwo, w okresie od 1 października do 31 grudnia roku przyznawania Nagrody, albo też na innej ważnej uroczystości uczelni (instytutu) doktoranta.
14. Nagrodę wręcza Prezes Towarzystwa lub członek Zarządu Towarzystwa wyznaczony przez Zarząd w drodze uchwały.

¹⁾ Wspomnienie o Profesorze – Silniki Spalinowe 1/2005 (120) s. 70.

Konferencje 2008

3–5 stycznia 2008; 8th ISHMT-ASME Heat and Mass Transfer Conference, Hyderabad, Andhra Pradesh, Indie.
jntuceh.ac.in/hmtc



4–5 lutego 2008; Global Fuels Conference, London, Wielka Brytania.
www.propubs.com/gfc



9–11 stycznia 2008; 5th International Mobility Conference on Emerging Automotive Technologies, Global & Indian Perspectives, New Delhi, Indie.
www.sae.org/events/siimc



12–13 lutego 2008; VI Konferencja Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych, Kielce, Polska.
www.tu.kielce.pl/konferencje



3–6 lutego 2008; National Biodiesel Conference & Expo 2008, Orlando, USA.
www.biodieselconference.org



12–13 lutego 2008; AUTOREG2008, Steuerung und Regelung von Fahrzeugen und Motoren, Baden-Baden, Niemcy.
www.vdi.de/autoreg2008



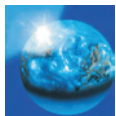
13–14 lutego 2008; 2008 Hybrid Vehicle Technologies Symposium, San Diego, USA.
www.sae.org/events/training/symposia/hybrid/



23–25 kwietnia 2008; V Konferencja LOGITRANS, Szczyrk, Polska.
www.logitrans.edu.pl



19–20 lutego 2008; 5th International Exhaust Gas and Particulate Emissions Forum, Ludwigsbuurg, Niemcy.
www.forum-emissions.com



24–25 kwietnia 2008; 29th International Vienna Motor Symposium, Vienna, Austria.
www.oevk.at



20–21 lutego 2008; 5th Symposium Hybrid Vehicles and Energy Management, Braunschweig, Niemcy.
www.iav.com/eng/4_events



27–29 kwietnia 2008; 2008 HEI (The Health Effects Institute) Annual Conference, Philadelphia, USA. www.healtheffects.org



20–22 lutego 2008; Clean Heavy Duty Vehicle Conference, San Diego, USA.
www.calstart.org



12–14 maja 2008; 4th International Symposium on Large Lithium Ion Battery Technology and Application (LLIBTA), Tampa, USA.
www.advancedautobat.com/LLIBTA



27–29 lutego 2008; Traffic and Transport 2030, International Congress and Workshop, Darmstadt, Niemcy.
www.tu-darmstadt.de/verkehrsforschung/tt2030/



12–14 maja 2008; 4th International Symposium on Large Ultracapacitor Technology and Application (UCAP), Tampa, USA.
www.advancedautobat.com/UCAP



10–13 marca 2008; 23rd International Conference & Exhibition for the LNG, LPG and Natural Gas Industries, Bangkok, Tajlandia.
www.gastech.co.uk



12–16 maja 2008; 8th International Advanced Automotive Battery and Ultracapacitor Conference, Tampa, USA.
www.advancedautobat.com/AABC



11–12 marca 2008; Advanced Microsystems for Automotive Applications 2008, Berlin, Niemcy. www.amaa.de



20–22 maja 2008; Fuel Cell 2008, Fuel Cell Technology and Business Conference & Exhibition, Long Beach, USA.
www.fuelcell-magazine.com/FC_2008



13–14 marca 2008; 12. Międzynarodowe Forum Gazowe 2008, Warszawa, Polska.
www.forumgazowe.pl



21–23 maja 2008; JSAE Annual Congress and Exposition, Yokohama, Japonia.
www.jsae.or.jp



30 marca–1 kwietnia 2008; Hydrogen Expo US and the NHA Annual Hydrogen Conference, Sacramento, USA.
www.hydrogenexpo.com



26–28 maja 2008; XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Badania Symulacyjne w Technice Samochodowej, Sućciec, Polska
symulacje@pollub.pl



31 marca–2 kwietnia 2008; Advanced Charging and Downsizing of Combustion Engines, Stuttgart, Niemcy.
www.iqpc.com



27–30 maja 2008; International Congress of Heavy Vehicles, Road-Trains and Urban Transport, Minsk, Białoruś.
truck2008.bntu.by



2–3 kwietnia 2008; 4th European Conference on Alternative Energies for the Automotive Industry, Poitiers, Francja.
www.sia.fr/en/evenements.html



28–29 maja 2008; International Conference on Diesel Engines, Rouen, Francja.
www.sia.fr/en/evenements.html



14–17 kwietnia 2008; SAE 2008 World Congress, Detroit, USA.
www.sae.org



3–6 czerwca 2008; V Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwa i Niezawodności KONBIN, Wrocław, Polska.
www.konbin.itwl.pl



21–23 kwietnia 2008; LNG San Antonio 2008, San Antonio, USA.
cwlng.com/sanantonio



4–6 czerwca 2008; 5th International Styrian Noise, Vibration & Harshness Congress: Optimising NVH in Future Vehicles, Graz, Austria. www.accgraz.com



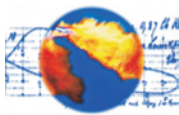
22–24 kwietnia 2008; The KSAE International Conference of the 30th Commemorative, Seoul, Korea.
www.ksae.org



9–13 czerwca 2008; ASME Turbo Expo 2008, Berlin, Niemcy.
asmeconferences.org/TE08



10–11 czerwca 2008; 8. Internationales Symposium für Verbrennungsdiagnostik, Baden-Baden, Niemcy.
www.verbrennungsdiagnostik.com



15–19 czerwca 2008; 17th World Hydrogen Energy Conference, Brisbane, Australia.
www.whec2008.com



16–17 czerwca 2008; 17th International Symposium Transport and Air Pollution, Graz, Austria.
vkm-thd.tugraz.at



16–18 czerwca 2008; ASME 6th Annual Fuel Cell Science, Engineering & Technology Conference, Denver, USA.
www.asmeconferences.org/FuelCell08



17–18 czerwca 2008; Transmissions in Vehicles, Friedrichshafen, Niemcy.
www.vdi.de



19–20 czerwca 2008; 2nd Conference „MinNOx – Minimization of NO_x Emissions Through Exhaust Aftertreatment”, Berlin, Niemcy.
www.iav.com/eng/4_events



23–25 czerwca 2008; 2008 SAE International Powertrains, Fuels and Lubricants Congress, Shanghai, Chiny.
www.sae.org/events/pfl



29 czerwca–9 lipca 2008; 19th World Petroleum Congress, Madrid, Hiszpania.
www.19wpc.com/congress.php



8–10 lipca 2008; Tribology 2008: Surface Engineering of Automotive Powertrains for Environmentally Friendly Transport, London, Wielka Brytania.
www.imeche.org/events



9–11 lipca 2008; HEAT TRANSFER 2008, Tenth International Conference on Advanced Computational Methods and Experimental Measurements in Heat Transfer, Maribor, Słowenia.
www.wessex.ac.uk/conferences/2008/heat08



28–31 lipca 2008; International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems 2008 (COMODIA-2008), Sapporo, Japonia.
www.e-convention.org/comodia/



3–8 sierpnia 2008; 32nd International Symposium on Combustion, Montreal, Kanada.
combustion2008.mcgill.ca

Combustion2008

1–3 września 2008; Urban Transport 2008, 14th International Conference on Urban Transport and the Environment in the 21st Century, Malta.
www.wessex.ac.uk/conferences/2008/urban08



11–12 września 2008; 20th International AVL Conference 'Engine & Environment', Niemcy.
www.avl.com



14–19 września 2008; FISITA 2008 World Automotive Congress, Munich, Niemcy.
www.fisita2008.com/



15–17 września 2008; ISMA2008 International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgia.
www.isma-isaac.be



16–19 września 2008; Thiesel 2008 Conference on Thermo- and Dynamic Processes in Diesel Engines, Valencia, Hiszpania.
www.cmt.upv.es



17–18 września 2008; SIMEA: Automotive Engineering International Symposium, Brazylia.
www.aea.org.br



22–24 września 2008; AIR POLLUTION 2008, Sixteenth International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution, Skiathos, Grecja.
www.wessex.ac.uk/conferences/2008/air08



25 września 2008; PetroTrend – Forum Paliwowe, Warszawa, Polska.
www.petrotrend.pl



29 września–1 października 2008; 7th International Workshop on Catalytic Combustion 2008, Zurich, Szwajcaria.
iwcc7.web.psi.ch



6–9 października 2008; 9th International Symposium on Advanced Vehicle Control, Kobe, Japonia.
www.intergroup.co.jp/avec08



7–9 października 2008; International Conference V.I.S.I.O.N., Vehicle and Infrastructure Safety Improvement in Adverse Conditions and Night Driving, Rouen, Francja.
www.sia.fr/en/evenements.html



7–9 października 2008; SAE Commercial Vehicle Engineering Congress and Exhibition, Rosemont, USA.
www.sae.org



15–16 października 2008; Automotive Electronics in Focus, Baden-Baden, Niemcy.
www.vdi-wissensforum.de



20–22 października 2008; Convergence® 2008, Detroit, USA.
www.ctea.org/event



22–23 października 2008; International Conference and Trade Fair on Hydrogen and Fuel Cell Technologies, Hamburg, Niemcy.
www.h2expo.com



27–31 października 2008; 2008 Fuel Cell Seminar & Exposition, Phoenix, USA.
www.fuelcellseminar.com



29–30 października 2008; 24th VDI/VW Conference 'Intergrated Safety & Driver Assistance Systems', Wolfsburg, Niemcy.
www.vdi-wissensforum.de



2–6 listopada 2008; 9th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization (9th APISCEU), Beijing, Chiny. www.apisceu9.org.cn



4–7 listopada 2008; International Conference on Sustainable Automotive Technologies, Port Douglas, Australia.
www.icsat2008.com



6–7 listopada 2008; Innovative Powertrain Systems, Dresden, Niemcy.
www.vdi-wissensforum.de



16–20 listopada 2008; 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America's 2008 Annual Meeting & Exposition, New York, USA.
www.itsa.org/worldcongress.html



26–27 listopada 2008; Numerical Calculation and Simulation in Vehicle Engineering, Baden-Baden, Niemcy.
www.vdi-wissensforum.de



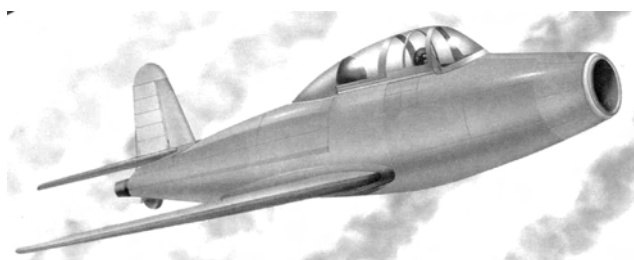
Errata

W poprzednich numerach Silników Spalinowych zostały zauważone błędy redakcyjne.

Nr 4/2006 (127), artykuł: T. Opara. Historia i tendencje rozwojowe napędów lotniczych.

Na rysunkach 13 i 14, s. 9–10, pokazano samolot Me-262 Schwalbe, a nie jak podpisano na rys. 13 samolot Gloster Meteor; obydwie samoloty różnią się sposobem podwieszenia silników: Gloster Meteor ma silniki w gondolach skrzydłowych, a Me-262 w gondolach podskrzydłowych.

Prototyp samolotu Gloster Meteor z 1941 r. (właściwy rys. 13) pokazano poniżej:



Dzięki uprzejmości naszego czytelnika pana dr inż. Stanisława Bruskiego możemy pokazać dwa inne zdjęcia obu samolotów:



Samolot Gloster Meteor



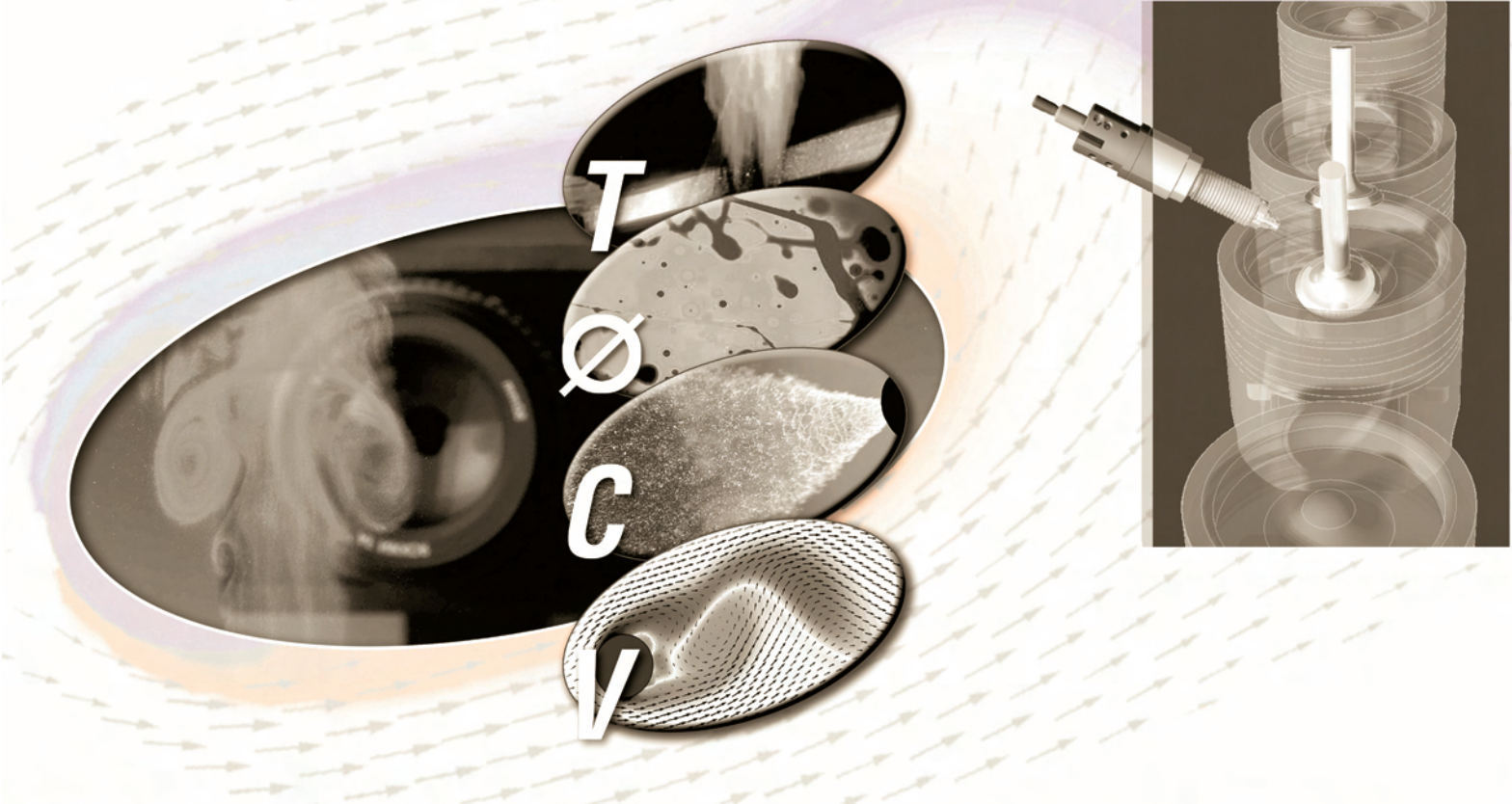
Samolot Messerschmitt Me-262

Nr 1/2005 (120), artykuł: A. Fryś. Lotnicze silniki o zapłonie samoczynnym Centurion 1,7 i 4,0.

W streszczeniu do artykułu redakcja błędnie umieściła słowo *awionika*, zamiast słowa *awiacja*.

Autorów obu artykułów i Czytelników naszego pisma redakcja przeprasza za powstałe błędy. Dziękujemy jednocześnie za informowanie nas o zauważonych pomyłkach i brakach. Jesteśmy zawsze wdzięczni za wszelkie uwagi, które mogą wpłynąć na podniesienie jakości i rangi naszego pisma. Z odpowiednią uwagą przyjmujemy także sugestie dotyczące tematów i problemów zasługujących na szersze omówienie w Silnikach Spalinowych.

Intelligent Imaging Systems

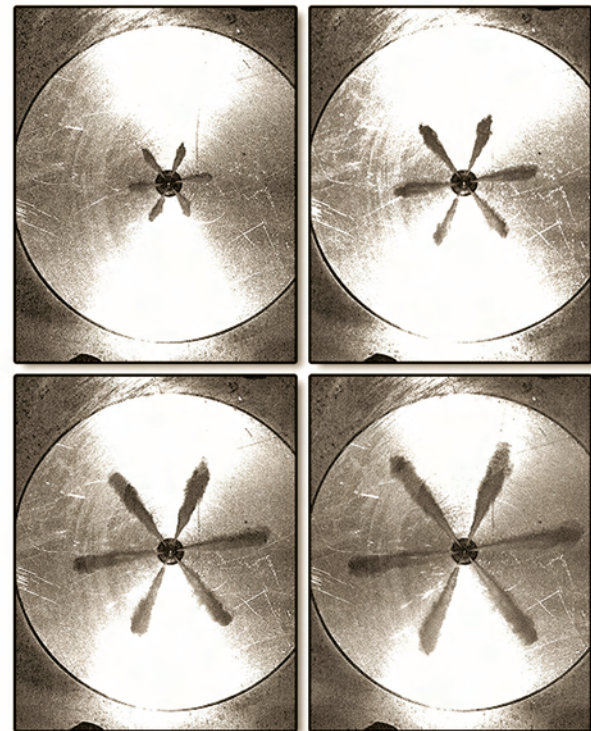


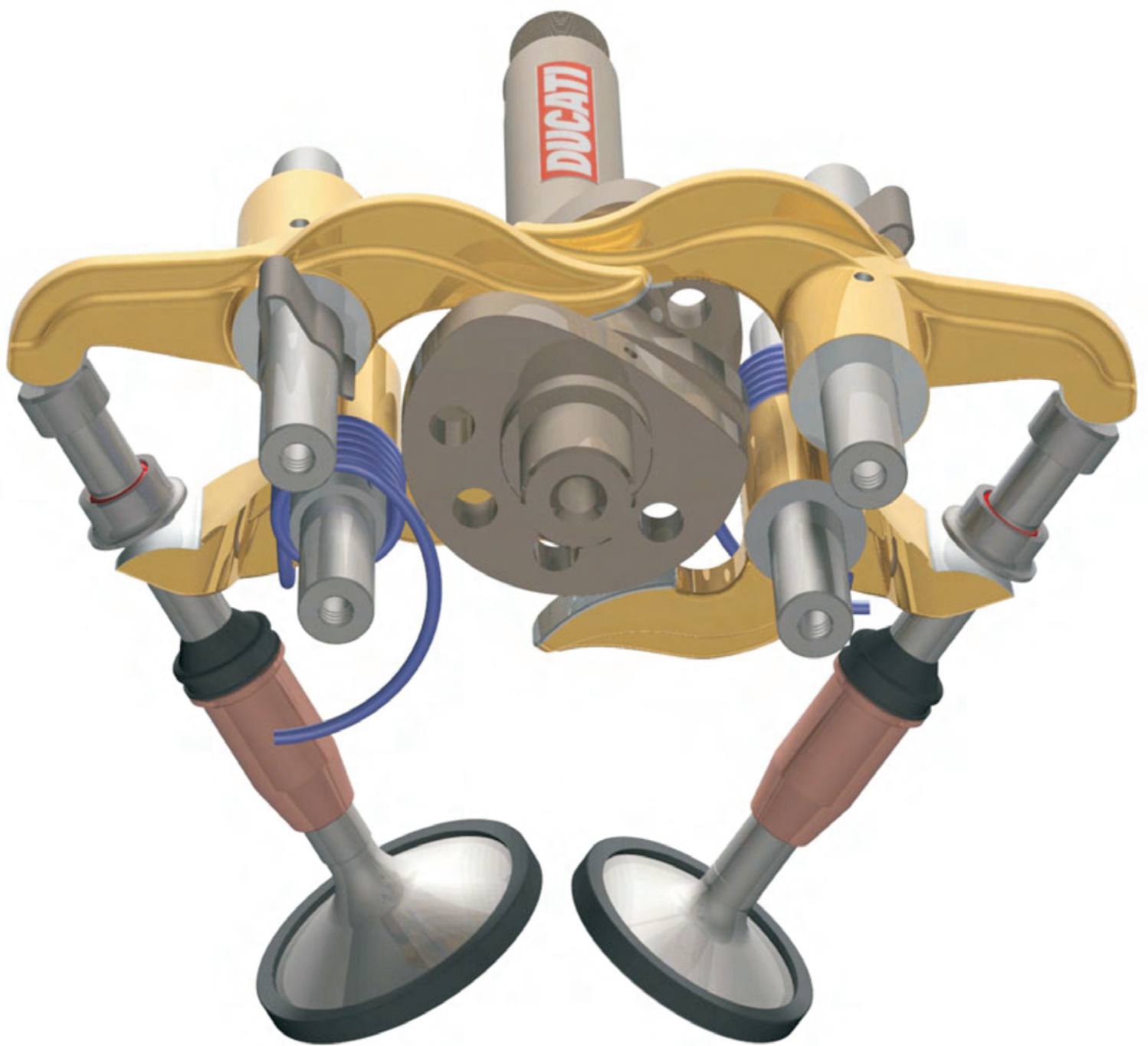
Laser Imaging Systems

Flow and Combustion Research
Spray Visualization and Geometry
Particle Sizing
Material- and Surface Inspection

Sensoric Systems

Determination of Gas Composition
Crank Angle Resolved Measurement
of Fuel and Exhaust Gas Densities
Soot Volume Fraction
Thermometry





Wydawca:

Polskie
Towarzystwo
Naukowe
Silników
Spalinowych

ISSN: 0138-0346

ISSN 0138-0346



9 770138 034000



Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych
Polish Scientific Society of Combustion Engines

O Towarzystwie

Cele
Statut
Regiony

Władze

Zarząd
Komisja Rewizyjna

Członkowie

Założyciele
Honorowi
Zwyczajni
Wspierający

Kontakt

Kontakt

Członkostwo

Wniosek

Z życia PTNSS

Zebrania Zarządu
Zebrania Członków
Inicjatywy
Komunikaty

Konferencje

Konferencje PTNSS
Konferencje inne
Konferencje opisy

Kontakt	Prenumerata	Skład-osobowy	Koncepcja wyd.	Współpraca
Zgłoszenia	Zapowiedź	Bieżący numer	<u>Archiwum</u>	

Pod każdą ze stron tytułowych jest link do spisu artykułów.



www.ptnss.pl