

## 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 28<sup>th</sup> 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 umożliwia 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 Toyota,

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 CO<sub>2</sub> made an important contribution to the climate system in the past, but were not the trigger.

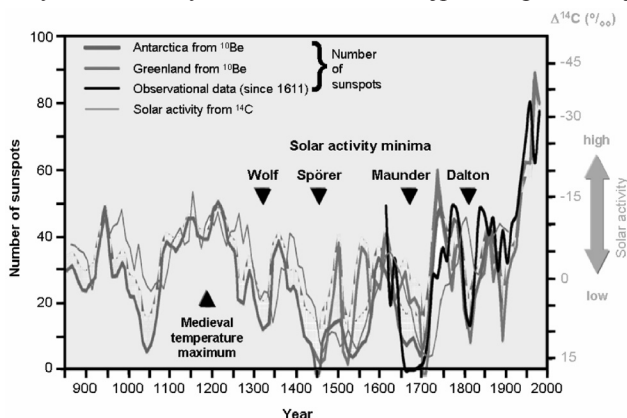


obecnie notuje się najniższe jego stężenie w czasie ostatnich 500 milionów lat (rys. 5). Wartości temperatury także nie są niczym zaskakującym jeśli chodzi o ten sam okres czasu.

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 ( $^{10}\text{Be}$ ) i drewno ( $^{14}\text{C}$ ), 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”.

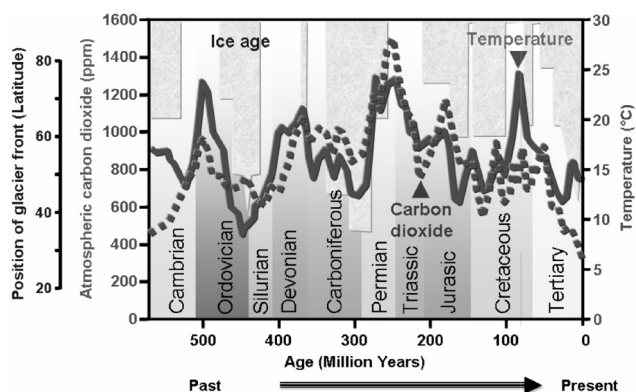
Chociaż dr Brener skonfrontował swoje wcześniejsze twierdzenia z wynikami i wnioskami tegorocznej konferencji IPCC, doszedł do podobnych konkluzji. Bez wątpienia twierdzenia dra Brenera stoją w sprzeczności z opinią innych specjalistów, takich jak na przykład prof. Sausen z Instytutu Fizyki Atmosfery.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

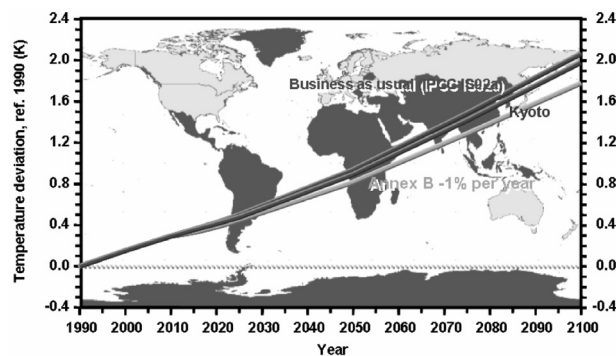


Rys. 5. Epoka lodowcowa z przemieszczającym się lodowcem

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 ( $^{10}\text{Be}$ ) and wood ( $^{14}\text{C}$ ) as well as from direct observations. All methods prove that solar activity reached the highest levels during the 20<sup>th</sup> 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]

istotna 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  $\text{SO}_2$  przez człowieka. Nad oceanami emisja  $\text{SO}_2$  jest ściśle powiązana ze szlakami morskimi statków. Kolor wskazuje na przepływ masy emisji (w gigagramach  $\text{SO}_2$ ).

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  $\text{CO}_2$  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 uwzględnimy chłodzący efekt działania siarki atmosferycznej. Do dzisiaj w sierce upatruje się środka przeciwdziałającego globalnemu ociepleniu. I odwrotnie,  $\text{CO}_2$  można uważać za środek przeciwdziałający ochłodzeniu spowodowanemu 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  $\text{CO}_2$  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?”.

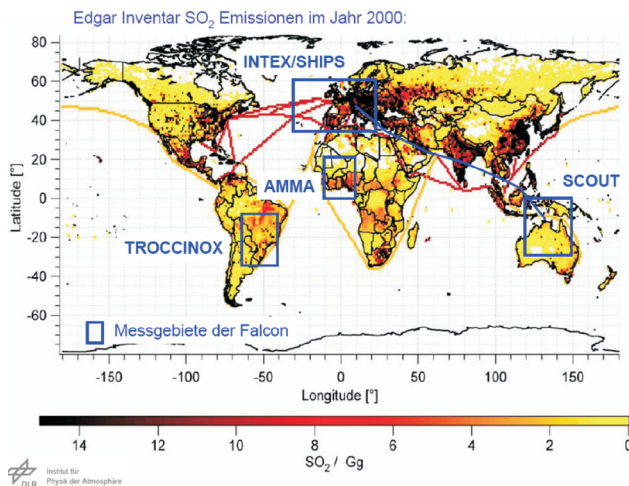
The three temperature scenarios are based on the assumptions “business as usual”, full implementation of the Kyoto Protocol” and “industrialized nations reduce their emissions by 1% per year until 2100”.

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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{SO}_2$  emissions. On the oceans, the  $\text{SO}_2$  emissions are indicated along the main shipping routes. The color indicates the emission mass flow (in Giga-Gramm  $\text{SO}_2$  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. Ogólny światowy rozkład antropogenicznej emisji  $\text{SO}_2$ Fig. 8. Global distribution of anthropogenic  $\text{SO}_2$  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  $\text{NO}_x$  dla poszczególnych krajów i ustanowiła ograniczenia dla  $\text{NO}_x$  mające wejść w życie 2010 roku. Do tej pory Niemcom i Europie udało się w znacznym stopniu ograniczyć emisję  $\text{NO}_x$ . W głównej mierze za spadek emisji odpowiedzialny jest transport drogowy. W przyszłości oczekuje się dalszego spadku poziomu emisji  $\text{NO}_x$ . Jednakże, zgodnie z obecnym trendem, wymagania dla emisji  $\text{NO}_x$  w 2010 r. dla poszczególnych państw nie zostaną spełnione przez większość państw (rys. 10).

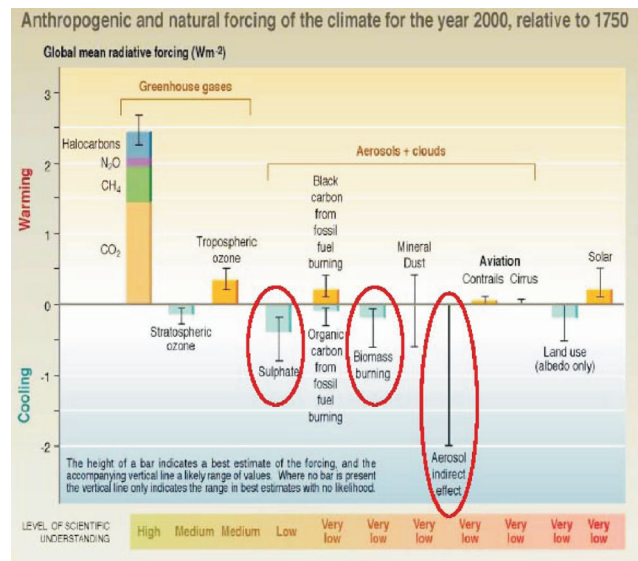
Ograniczenie rocznego limitu na emisję  $\text{NO}_2$  nie będzie przestrzegane w wielu punktach pomiarowych na ulicach europejskich. W zeszłym roku nie zaobserwowano żadnego spadku stężenia  $\text{NO}_2$ , w wielu miejscach natomiast zanotowano jego wzrost, pomimo obniżenia stężenia  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ). Powodem wzrostu  $\text{NO}_2$  jest dodatkowo czynnik lokalny. Jest to wywołane reakcją ozonu i  $\text{NO}_2$  pochodzącego ze spalin wydzielanych w ruchu ulicznym.  $\text{NO}_2$  wzrósł w przeciągu ostatnich lat na skutek wzrastającego stosunku  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  w spalinach samochodowych. W niektórych analizowanych sytuacjach  $\text{NO}_2$  odpowiadał za około 1/3 całego stężenia  $\text{NO}_x$  (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  $\text{NO}_x$  w 2010 r. nadal będzie mały, natomiast w trochę dalszej przyszłości spowoduje znaczący spadek emisji  $\text{NO}_x$ . 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  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  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  $\text{CO}_2$ . 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  limits for the different anthropogenic emitters. One thing is clear:  $\text{CO}_2$  reduction is expensive and endangers thereby competitiveness and working places in relation to those countries who make no effort to reduce  $\text{CO}_2$  emissions.

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

The European Union has limited the national  $\text{NO}_x$  emissions of the EU15 countries (NEC directive) and established air quality limits for  $\text{NO}_2$  which come into effect in 2010.  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  in 2010 will not be achieved in most European countries, Figure 10.

The  $\text{NO}_2$  annual limit value will probably not be met at several measuring stations at busy streets in Europe.  $\text{NO}$  decrease in  $\text{NO}_2$  concentrations or in some cases even an increase was observed at many sites in the last years in spite

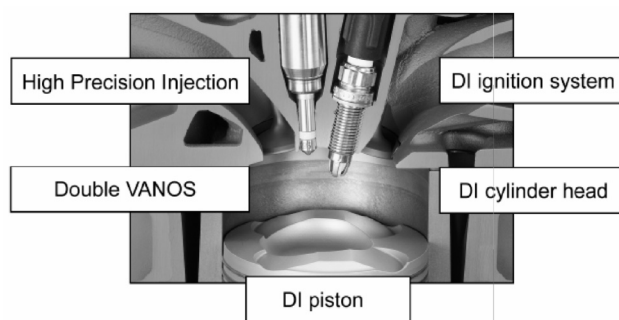




- głowica cylindra wtrysku bezpośredniego z komorą spalania w denku tłoka, centralnie umieszczony wtryskiwacz, świeca zapłonowa po stronie zaworu wylotowego,
- wtrysk o dużej precyzji dawkowania z piezoelektrycznym wtryskiwaczem,
- system zapłonu ze specjalną świecą zapłonową wtrysku bezpośredniego oraz 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 dm<sup>3</sup> z naniesionymi izoliniami stałego jednostkowego zużycia paliwa.

ever, this measure will lead to considerable reductions of NO<sub>x</sub> -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 NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 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

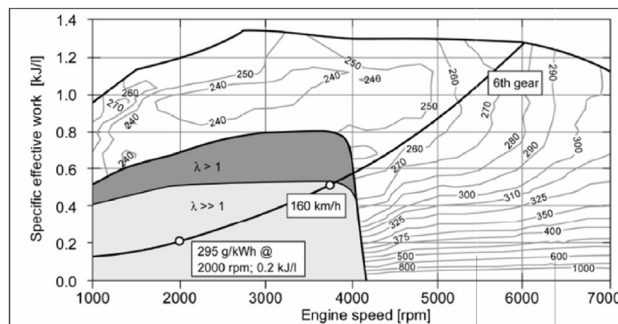
[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kötterschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12 TDI® for the 24h of Le Mans – Victory of an Idea”; 28th International Vienna Motor Symposium, 26-27 April 2007, Vol. 1, Page 186]

silnika oraz położeniem środka ciężkości prototypowego pojazdu Le Mans (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

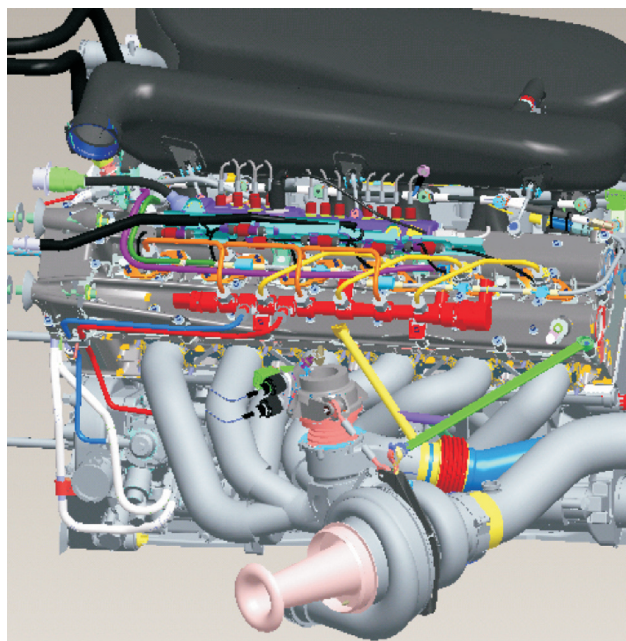
Fig. 13. Fuel consumption and operating modes in the engine map for the new 3 litre six-cylinder engine

[Source: P. Langen, T. Melcher, S. Missy, C. Schwarz, E. 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 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

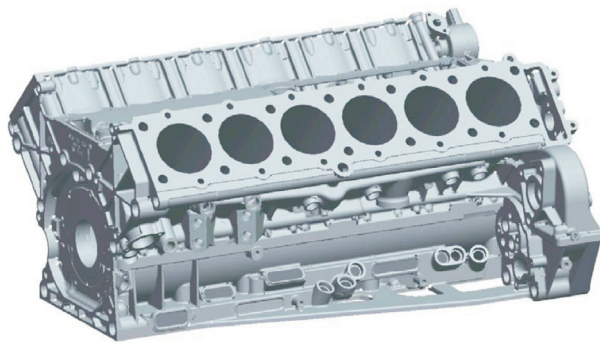


Rys. 15. Ogólny widok silnika V12 TDI

Fig.15. General view of the engine

[Source: U. Baretzky, H. Diel, W. Kötterschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V 12 TDI® 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

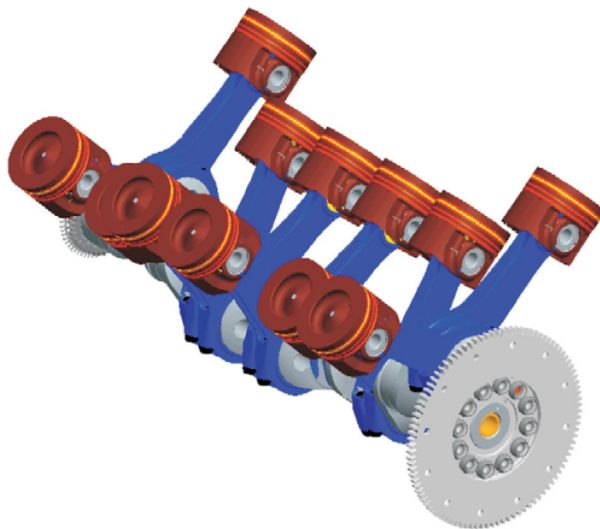
Fig. 16. Cylinder block of the R10 TDI®

[Source: U. Baretzky, H. Diehl, 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. Diehl, 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. Przyłgnie 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.

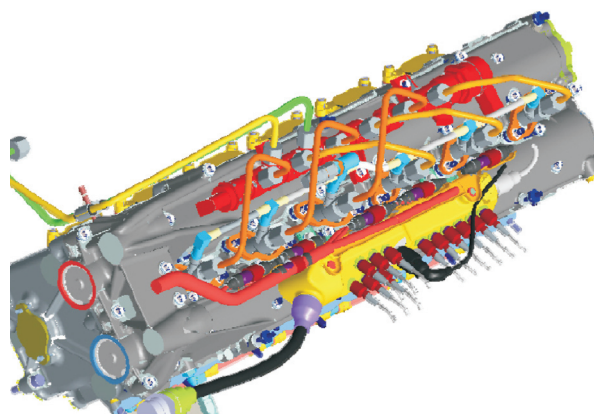
Zmienna geometria łopatek kierownicy turbosprężarki wpływa korzystnie na charakterystykę pełnej mocy dzięki większemu polu pracy turbiny a także w stanach przejściowych (nieustalonych) i niskich wartościach momentu obrotowego, ponieważ wówczas moc przenoszona na turbinę może być kontrolowana. Wtrysk 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 działanie 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 nieodzwrotnie 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

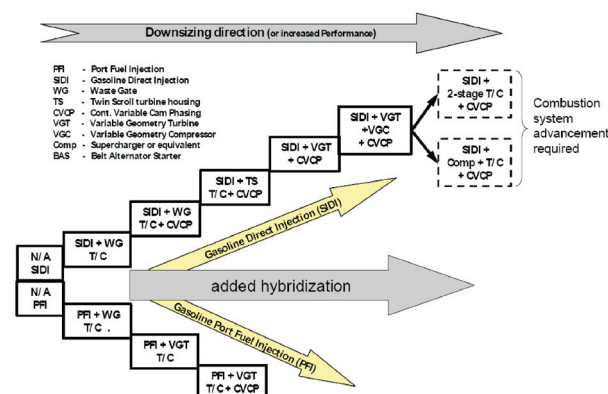
Fig. 18. General arrangement of the cylinder head R10 TDI®

[Source: U. Baretzky, H. Diehl, W. Kötterschek, G. Forbriger, W. Ullrich, W. Hatz: „The V12TDI® for the 24h 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 dyskutowanym 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 ropoposne 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?

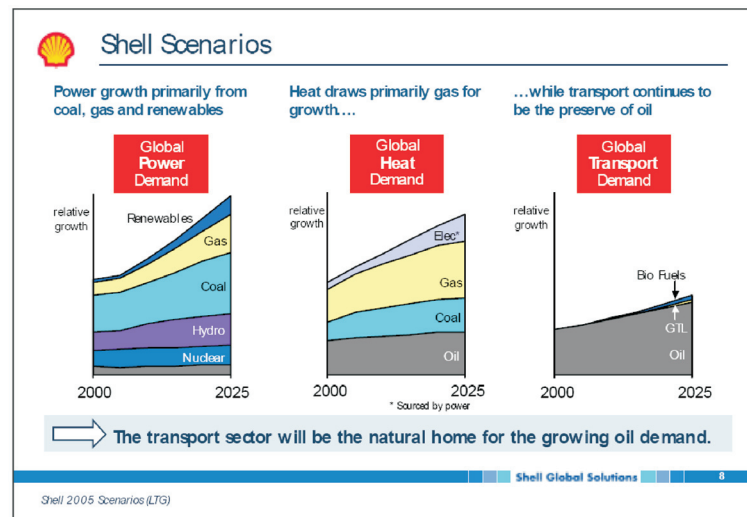
Increasing demand, energy security and climate change concern are the main drivers for the development of alternative fuels. People are increasingly concerned about getting the energy they need as well as the financial and environmental costs. They are worried that they face a future of growing energy 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 28<sup>th</sup> International Vienna Motor Symposium 2007. Your 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”; 28<sup>th</sup> 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] 27<sup>th</sup> International Vienna Motor Symposium 27–28 April 2006, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 622 in two volumes.
- [2] 28<sup>th</sup> International Vienna Motor Symposium 26–27 April 2007, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 639 in two volumes.