

## Uwarunkowania rozwoju przemysłu silnikowego w Polsce<sup>1)</sup>

*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 Poland<sup>1)</sup>

*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 tradycję. Następna dekada 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

<sup>1)</sup> 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].

<sup>1)</sup> 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 by za 5-6 lat przekroczyć 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.

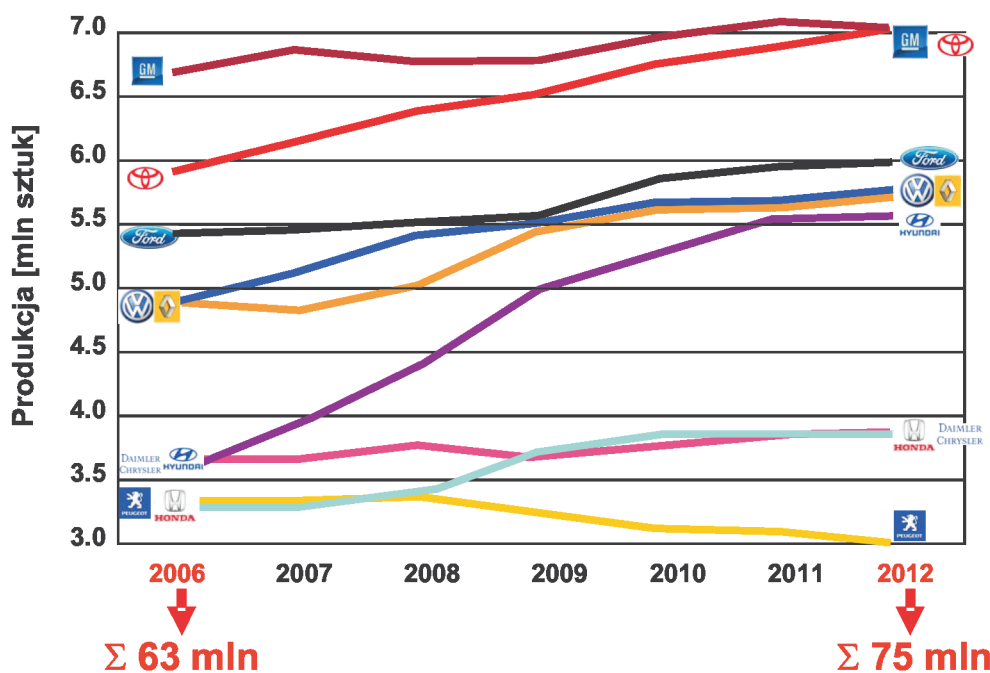
In this context a question arises that concerns the future and further development of engine industry in Poland, the industry that has an important role in Poland's economy. The development results mainly from dynamically growing export and not from internal demand. Therefore, to a larger extent, external 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

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.



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

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

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].

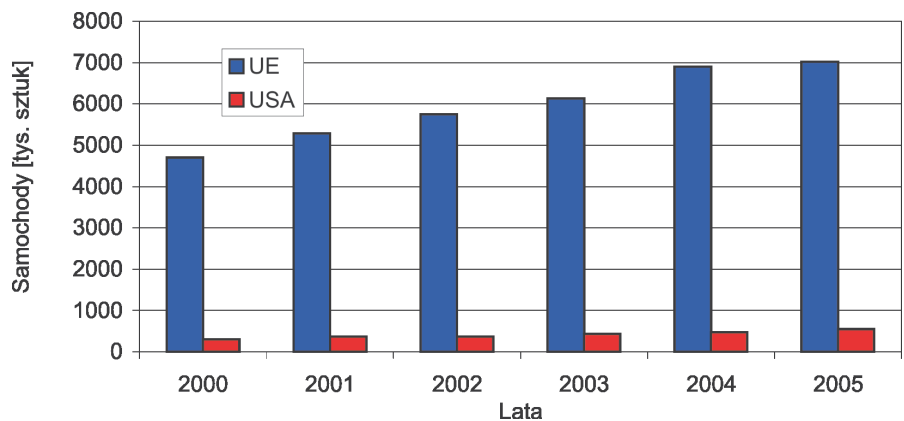
Dynamika wzrostu popularności silników ZS w Unii Europejskiej według danych ACEA [4] uległa w ostatnich latach wyraźnemu osłabieniu. Od roku 2004 udział silników ZS w samochodach osobowych wzrastał rocznie już tylko o około 1 punkt procentowy, podczas gdy we wcześniejszych latach wzrost ten sięgał nawet 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%.

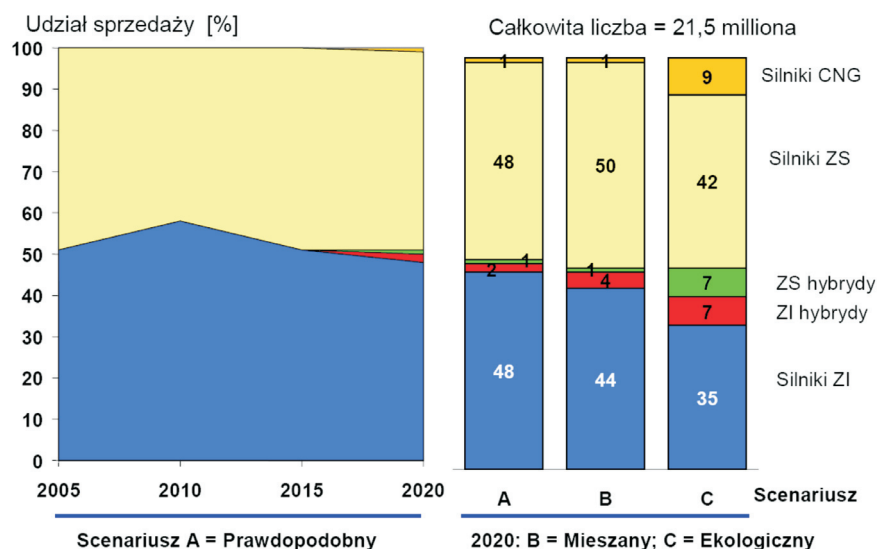
Traditional spark-ignition engines dominate in the USA and the sales of cars with self-ignition engines is still small (Fig. 2). At the same time the sale presents big growth dynamics. Between 2000–2005 it increased by 80%, first of all in the scope of European car companies (Mercedes, BMW, Volkswagen). 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]

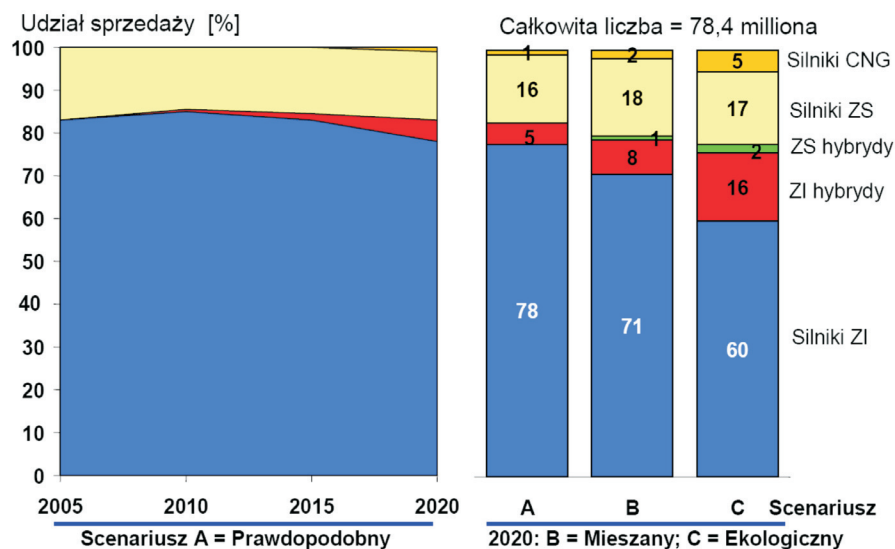
Fig. 2. Sales of cars with self-ignition engines in European Union and the USA [3, 4]



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	
	<p>Spark-ignition, <math>V_{ss} = 5.0 \text{ dm}^3</math>,  <math>N_e = 363 \text{ kW}</math> at 7750 rpm,  <math>M_o = 520 \text{ N}\cdot\text{m}</math> at 6100 rpm,  <math>\epsilon = 12.0</math>,  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 <math>\text{dm}^3/100 \text{ km}</math>.</p>
The best new engine – Volkswagen 1.4 TSI Twincharger*)	
	<p>Spark-ignition, <math>V_{ss} = 1.39 \text{ dm}^3</math>,  <math>N_e = 125 \text{ kW}</math> przy 6000 rpm,  <math>M_o = 240 \text{ N}\cdot\text{m}</math> n range of 1750–4500 rpm,  <math>\epsilon = 10.0</math>,  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 <math>\text{dm}^3/100 \text{ km}</math>.</p>
Lowest fuel consumption – Toyota 1.5 Hybrid Synergy Drive**)	
	<p>Spark-ignition, <math>V_{ss} = 1.497 \text{ dm}^3</math>,  <math>N_e = 57 \text{ kW}</math> at 5000 rpm,  <math>M_o = 111 \text{ N}\cdot\text{m}</math> at 4200 rpm,  <math>\epsilon = 13.0</math>,  4 cylinders, in line,  4 valves/cylinder, variable valve timing,  Electric motor:  power 50 kW with 1200–1540 rpm,  <math>M_o = 400 \text{ N}\cdot\text{m}</math> with 0–1200 rpm,  Vehicle's acceleration 0–100 km/h: 10.9 s,  <math>V_{\max} = 170 \text{ km/h}</math> (concerns the vehicle),  Fuel consumption (concerns the vehicle): 4.3 <math>\text{dm}^3/100 \text{ km}</math>.</p>

\*) otrzymał również tytuł najlepszego silnika w kategorii objętości skokowej od 1,0 do 1,4 dm<sup>3</sup>,

\*\*) otrzymał również tytuł najlepszego silnika w kategorii objętości skokowej od 1,4 do 1,8 dm<sup>3</sup>.

\*) also received the title of the best engine in the category of engine cubic capacity from 1.0 to 1.4 dm<sup>3</sup>,

\*\*\*) also received the title of the best engine in the category of engine cubic capacity from 1.0 to 1.8 dm<sup>3</sup>

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.

**Kompromis/ Compromise**  
+ Toksyczność spalin/ *Combustion gas toxicity*  
– Zużycie paliwa/ *Fuel consumption*



#### Silniki ZI/ Spark-ignition engines

##### Technologie/ Technologies

- Wyeliminowanie przepustnicy/ *Elimination of throttle valve*
- Wtrysk bezpośredni/ *Direct injection*
- Doładowanie/ *Supercharging*
- Downsizing
- Zmniejszenie strat tarcia/ *Decrease of friction losses*
- Nowe strategie sterowania/ *New engine control strategies*
- Sterowany układ chłodzenia/ *Controlled cooling system*

Rys. 5. Technologie rozwojowe silników ZI [17]

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

**Kompromis/ Compromise**  
– Toksyczność spalin/ *Combustion gas toxicity*  
+ Zużycie paliwa/ *Fuel consumption*



#### Silniki ZS/ Compression ignition engines

##### Technologie/ Technologies

- Udoskonalony system wtryskowy/ *Improved injection system*
- Udoskonalony proces spalania/ *Improved combustion system*
- Homogenizacja ładunku/ *Charge homogenisation*
- Turbodoładowanie/ *Turbocharging*
- Downsizing
- Zmniejszenie strat tarcia/ *Decrease of friction losses*
- Nowe strategie sterowania/ *New engine control strategies*
- Sterowany układ chłodzenia/ *Controlled cooling system*
- Udoskonalone oczyszczanie spalin/ *Improvement of exhaust gas aftertreatment*

Rys. 6. Technologie rozwojowe silników ZS [17]

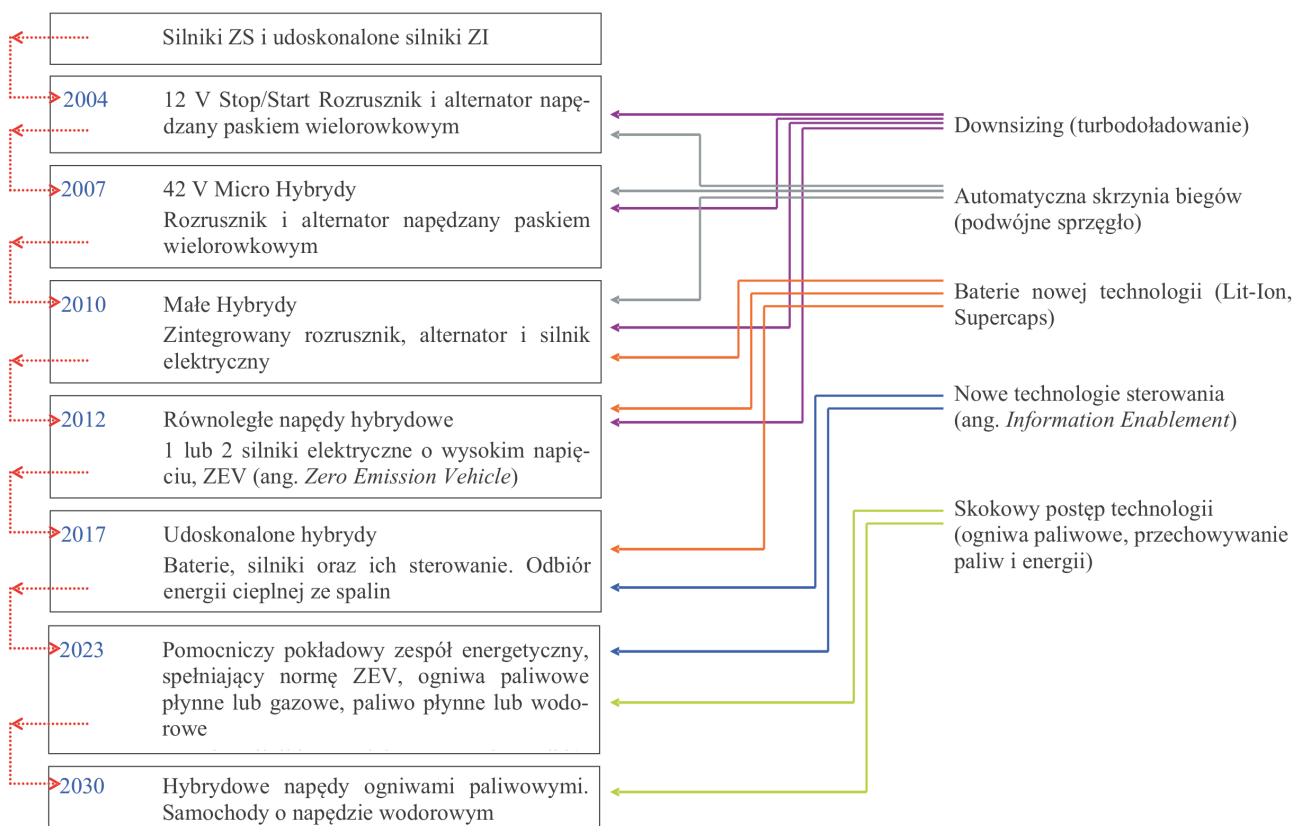
Fig. 6. Development technologies of self-ignition engines [17]

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]

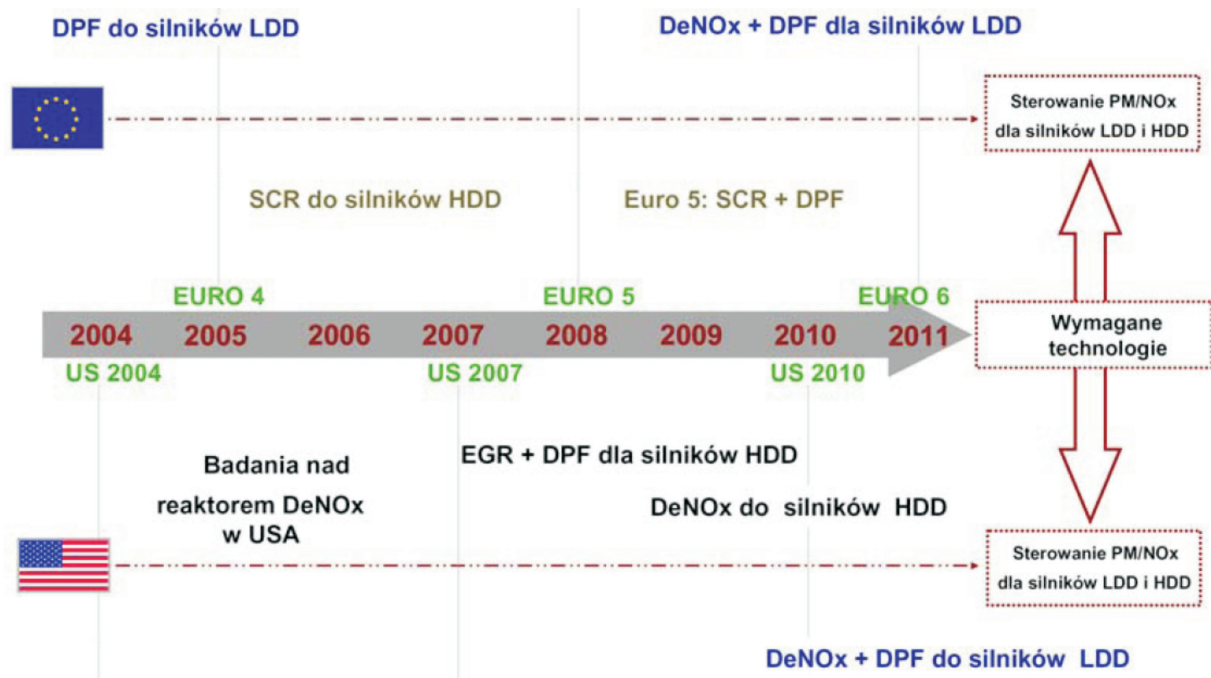
Fig. 7. Development trends in vehicles drive systems [7]

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  $\text{NO}_x$  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  $\text{CO}_2$ . 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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.

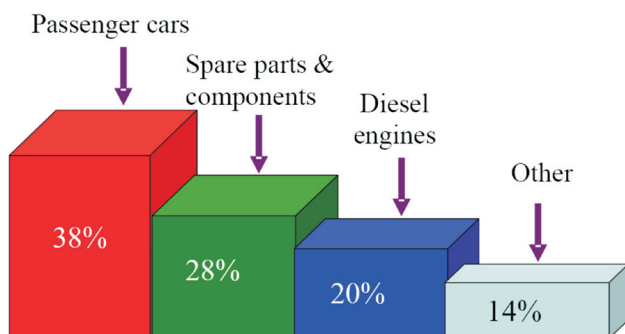
### 3. Position of Poland as a manufacturer of combustion engines

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 Niepołomice. 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.

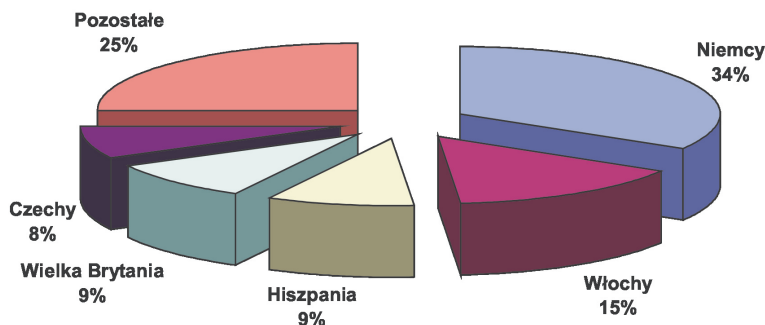


Rys. 9. Struktura eksportu polskiego przemysłu motoryzacyjnego [12]

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

Niezmienne 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 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 dm<sup>3</sup>, leaving behind almost 60 other engines of this type. This engine has the capacity of 1.3 dm<sup>3</sup> 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 wzmaga 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 dm<sup>3</sup>, wyprzedzając prawie 60 innych silników tego typu. Silnik ten ma pojemność skokową 1,3 dm<sup>3</sup> 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.

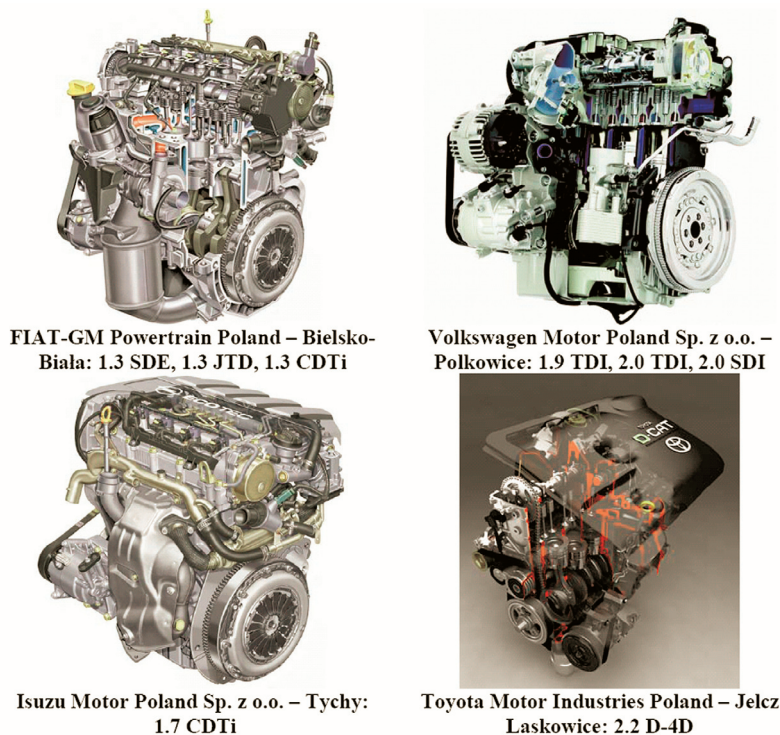
Drugie miejsce na liście producentów silników w Polsce zajmuje Volkswagen. W Polkowicach od 1999 r. produkowane są najbardziej renomowane silniki ZS zasilane pompowtryskiwaczowo – 1,9 TDI, 2,0 TDI i 2,0 SDI. Silniki te produkowane są w wersjach o mocach od 55 do 103 kW i przeznaczone do samochodów Volkswagen: 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<sub>x</sub> 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 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. 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<sub>x</sub> 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.

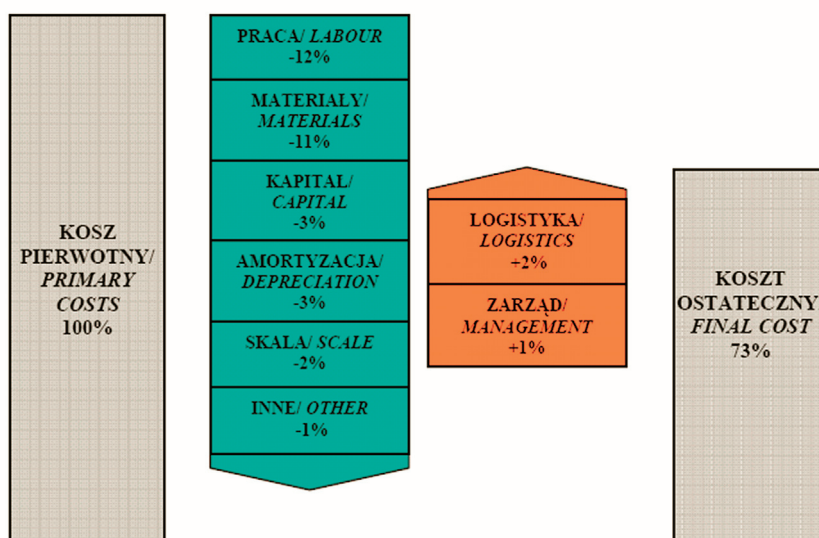
#### 4.2. Lower production costs as compared with most European Union countries

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).

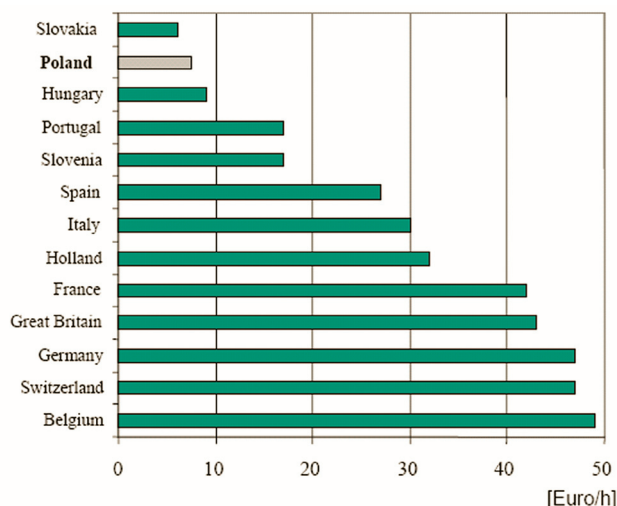
The labour costs have the biggest impact on reducing the production costs and it results from the remuneration differences between Polish and German workers. Currently the differences between Germany and new members of the European Union may be as big as 90% (Fig. 13). The differences shall decrease 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.

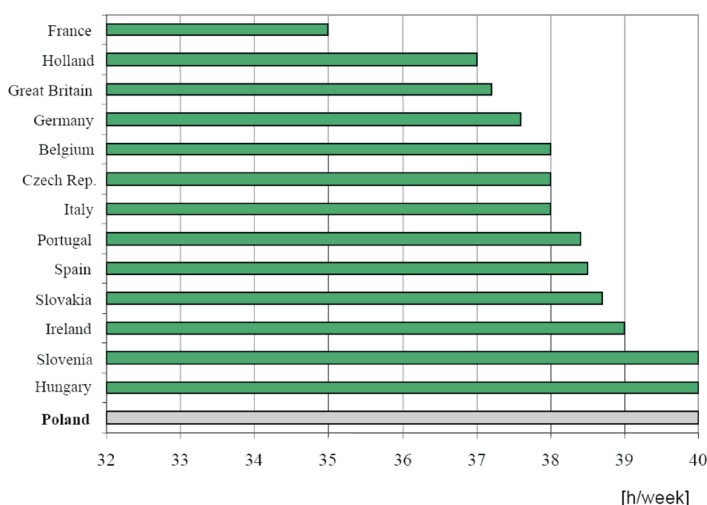
Savings in production costs must be adjusted by higher logistics costs (+2%) and costs related to the management of a new production plant (+1%). Total savings therefore amount to 27%. While analysing costs, the expenditures related to commencement of production in a new country shall be remembered, 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 decyzję 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 employs 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-Biala 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.

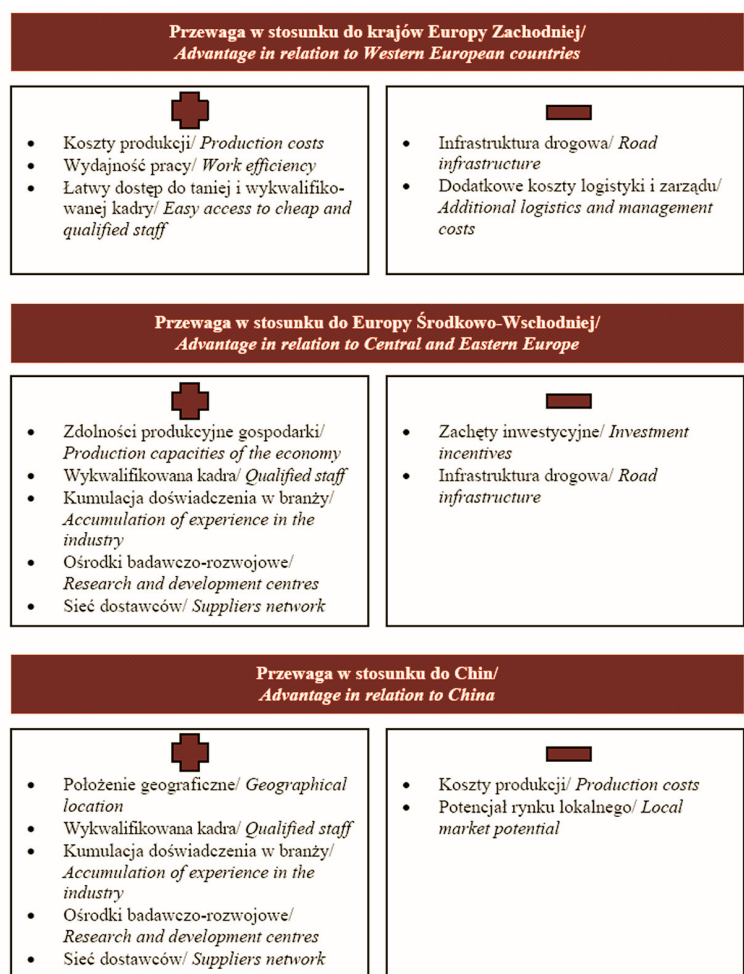
Zdecydowaną wadą Polski w porównaniu do krajów Europy Zachodniej jest niewystarczająca infrastruktura drogowa, brak autostrad oraz zły stan nawierzchni istniejących dróg krajowych. Zła infrastruktura wydłuża czas transportu, a sprawny i szybki transport jest z kolei elementem, który musi rekompensować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

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, Niepołomice and Starachowice, Magneti Marelli Suspension Systems in Bielsko-Biała, Volvo in Wrocław, Dr. Schneider Automotive Poland in Radmierz, Delphi 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.

Artykuł recenzowany

### Skróty i oznaczenia:

BCG	Boston Consulting Group
CNG	sprężony gaz ziemny/ <i>compressed natural gas</i>
Downsizing	zmniejszenie wymiarów z zachowaniem wartości wskaźników operacyjnych silnika
DPF	filtr cząstek stałych/ <i>diesel particulate filter</i>
DPNR	filtr cząstek stałych połączony z absorberem $\text{NO}_x$ / <i>diesel particle <math>\text{NO}_x</math> reduction</i>
EGR	recyrkulacja spalin/ <i>exhaust gas recirculation</i>
HDD	wysilone silniki ZS/ <i>heavy duty diesel</i>

LDD	lekkie silniki ZS/ <i>light duty diesel</i>
$\text{NO}_x$	tlenki azotu/ <i>nitric oxides</i>
PM	cząstki stałe/ <i>particulate matter</i>
ZI	zapłon iskrowy/ <i>spark ignition</i>
ZS	zapłon samoczynny/ <i>compressed ignition</i>
$V_{ss}$	pojemność skokowa silnika/ <i>swept volume</i>
$M_o$	moment obrotowy/ <i>torque</i>
$N_e$	moc silnika/ <i>power engine</i>
$\epsilon$	stopień sprężania/ <i>compression ratio</i>

### 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](http://www.dieselforum.org)
- [4] European Automobile Manufacturers' Association, [www.acea.be](http://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](http://autos.msn.com)).
- [7] Merksiz J.: Engine manufacturing industry in Poland and its circumstances. Referat wprowadzający na II Międzynarodowym Kongresie PTNSS, Kraków 21 maja 2007.
- [8] Merksiz J.: Przemysł silnikowy w Polsce. Silniki Spalinowe [Engine industry in Poland. Combustion Engines], nr 3/2005, Bielsko-Biała 2005.
- [9] Merksiz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych. Silniki spalinowe [Development trends of combustion engines. Combustion Engines], nr 1/2004, Bielsko-Biała 2004.
- [10] Merksiz-Guranowska A., Merksiz 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](http://www.paiiz.gov.pl)
- [12] Polska Izba Motoryzacji, [www.pim.org.pl](http://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 Merksiz – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

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

