

## Zalety ekologiczne i ekonomiczne wykorzystania gazu ziemnego do zasilania pojazdów

*dr inż. Ryszard Wołoszyn*



*Stowarzyszenie NGV Polska*



Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn  
Politechnika Radomska

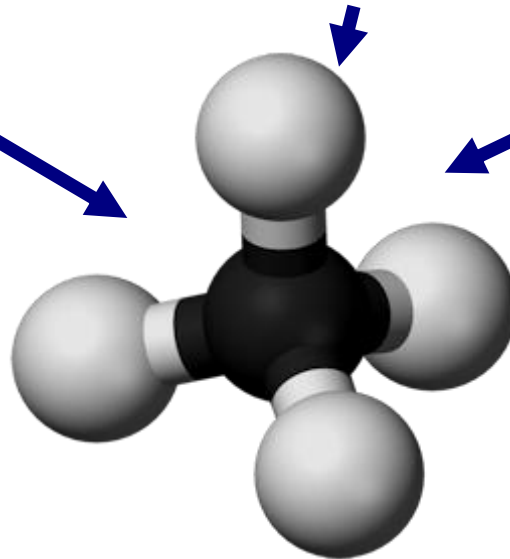
# Blue Corridor 2012



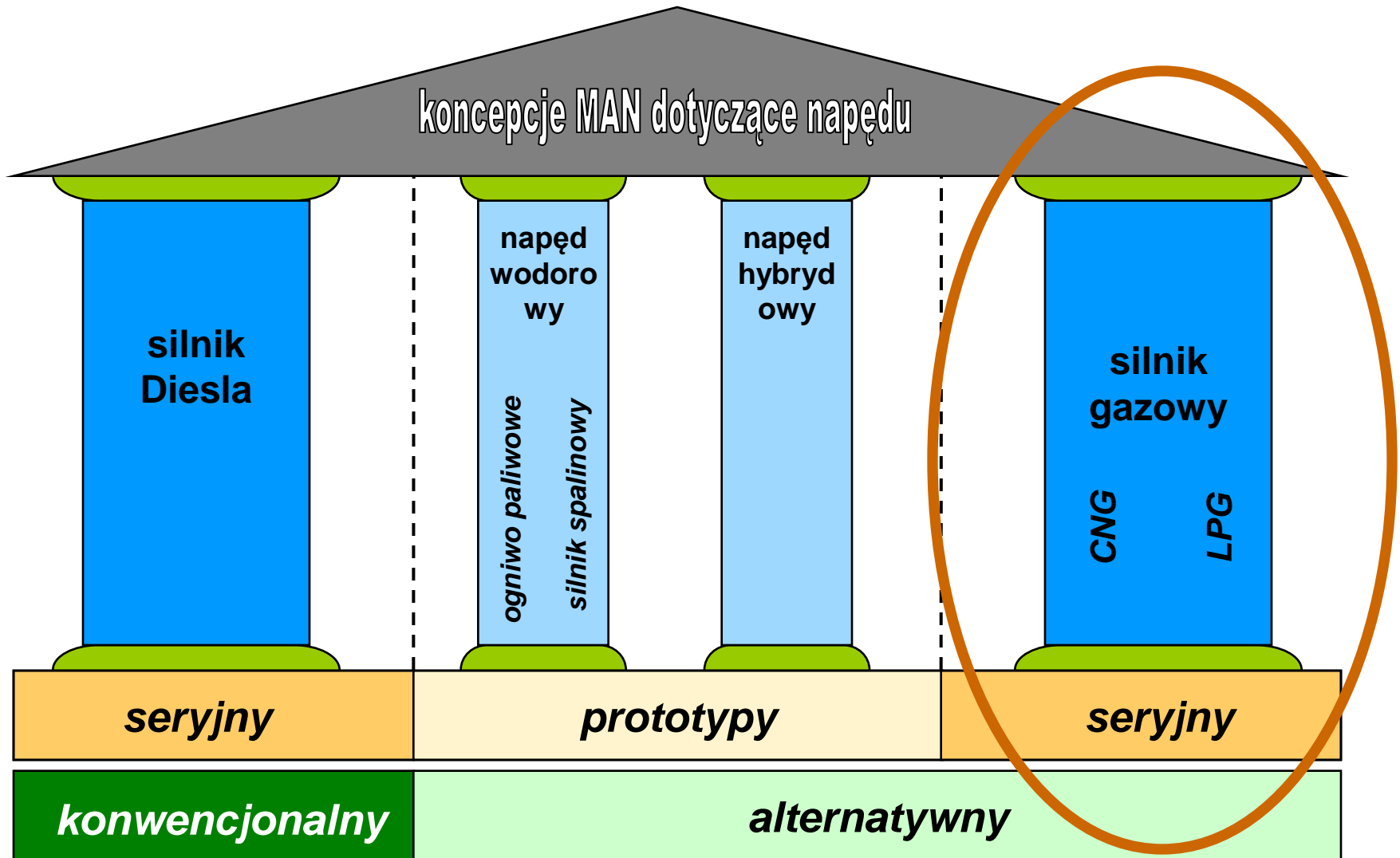
**CNG**  
(83-99% metanu)

**LNG**  
(90-99% metanu)

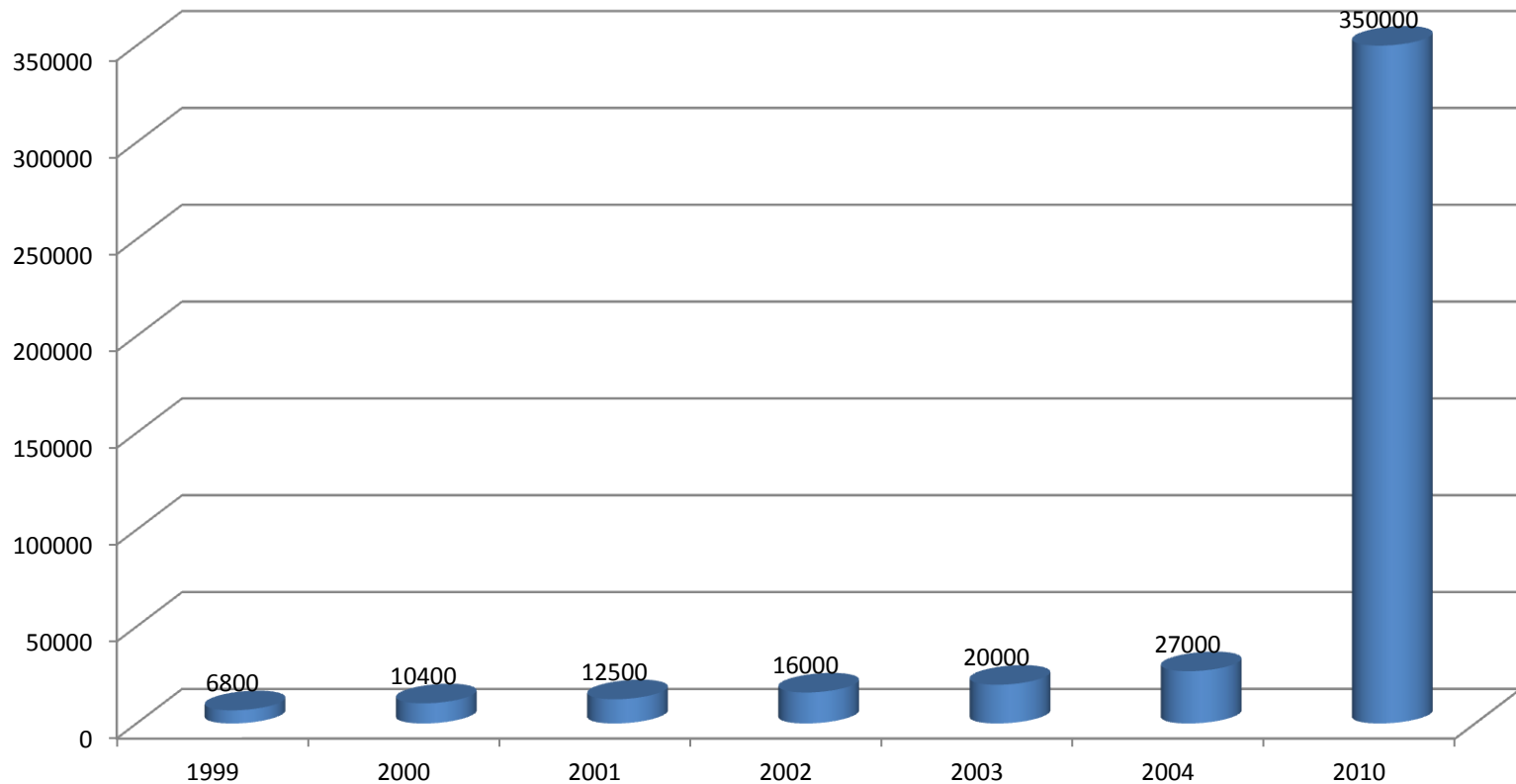
**Biogaz**  
(55-75% metanu)



# Perspektywy- Pozycja napędu na gaz ziemny



# Blue Corridor 2012



Ilość pojazdów zasilanych gazem ziemnym w Niemczech

źródło: Energieagentur NRW

# Czynniki stymulujące poszukiwanie paliw alternatywnych! To głównie:

- ograniczone zasoby paliw płynnych
- coraz bardziej rygorystyczne normy dotyczące emisji substancji szkodliwych

Duże równomiernie rozmieszczone światowe zasoby gazu ziemnego, pozwalają na zaliczenie go do alternatywnych źródeł paliw będącego pomostem pomiędzy paliwami wodorowymi, a konwencjonalnymi.

# Blue Corridor 2012

	BENZYNA	METAN	OLEJ NAPĘDOWY
Wartość opałowa [MJ/kg]	43,3 - 44,0	50	42,0 - 44,0
Wartość opałowa mieszaniny stechiometrycznej [MJ/Nm <sup>3</sup> ]	3,756 - 3,818	3,37	3,745 - 3,922
Zapotrzebowanie powietrza na kg paliwa [kg/kg]	14,9	17,2	14,5
Liczba oktanowa LOM; (cetanowa LC)	LOM = 92-98	LOM = 140	LC = 50-65
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ] w temperaturze 20 C	720 - 750	0,668	800 - 850
Granice palności [% objętości]	1,16 - 7	5-15	0,6-6,5
Temperatura samozapłonu [K]	753 - 823	923	603 - 623

# Gaz ziemny jako paliwo silnikowe

Gaz ziemny to kopalniane paliwo naturalne. Gaz ziemny jest mieszaniną prostych węglowodorów.

Głównym składnikiem palnym gazu ziemnego jest metan  $\text{CH}_4$ , którego zawartość waha się w granicach 90-99%.

Przykładowy skład i parametry g.z. ze stacji tankowania:

$\text{CH}_4$  – 96,6 % objętości                       $\text{C}_2\text{H}_6$  – 1,1 % objętości

$\text{O}_2$  – 0,1 % objętości                       $\text{CO}_2$  – 0,1 % objętości

$\text{N}_2$  – 2,1 % objętości

Wartość opałowa 35 364 kJ/m<sup>3</sup>

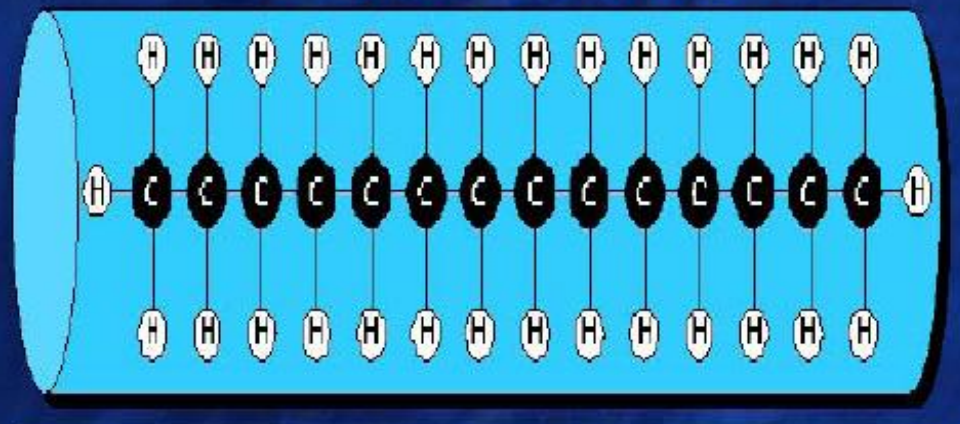
Gęstość względna w pow. 0,570 kg/ m<sup>3</sup>

Gęstość normalna 0,735 kg/m<sup>3</sup>

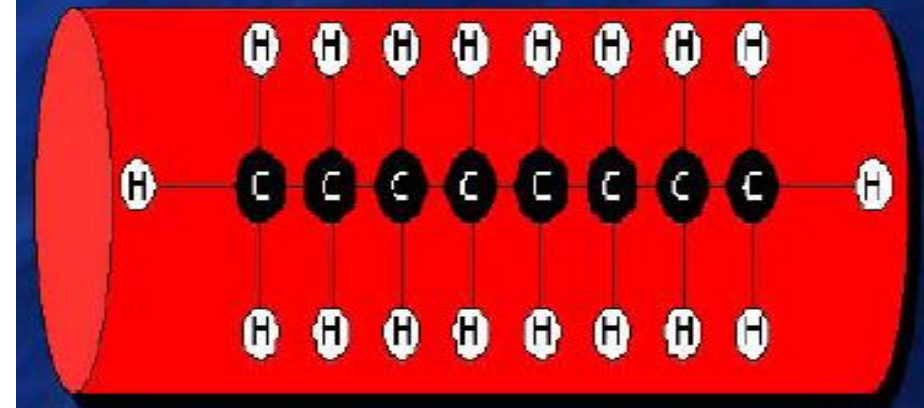
Siarkowódór 0,08 mg/m<sup>3</sup>

# Gaz ziemny jako paliwo silnikowe

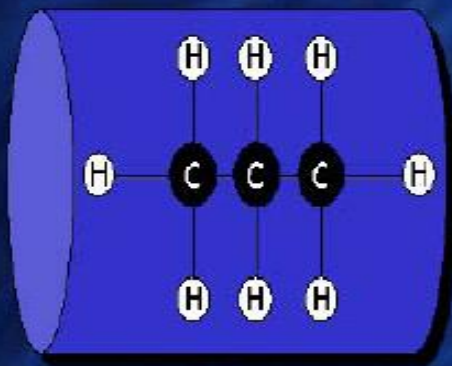
**Diesel  $C_{14}H_{30}$**



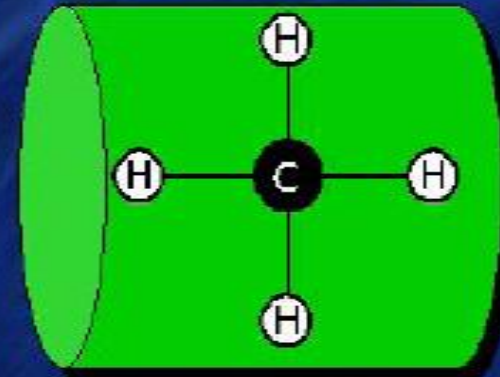
**Gasoline  $C_8H_{18}$**



**Propane (LPG)  $C_3H_8$**

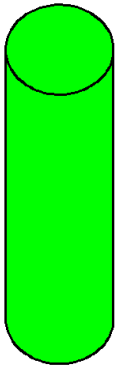


**Methane  $CH_4$**



# Gęstość energetyczna paliwa a masa paliwa i zbiornika

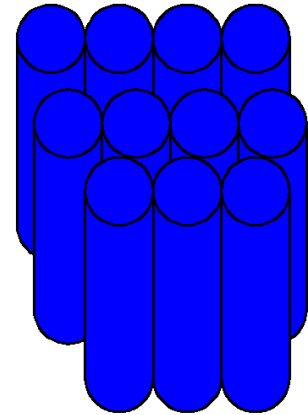
Zbiornik oleju  
napędowego o  
pojemności ok.  
208 litra



Zbiornik gazu LNG  
będący ekwiwalentem  
energetycznym  
zbiornika oleju  
napędowego



Zbiornik gazu CNG  
będący ekwiwalentem  
energetycznym  
zbiornika oleju  
napędowego



Średnica 50,8 cm  
Długość 127 cm  
Waga 250,45 kg

Średnica 63,5 cm  
Długość 160 cm  
Waga 290,45 kg

Średnica 34,3 cm  
Długość 182,9 cm  
Zbiorników – 11szt.  
Waga 1152,3 kg

### *Podstawowe oznaczenia dotyczące gazu ziemnego stosowanego do napędu pojazdów:*

- **NG** – gaz ziemny (Natural Gas)
- **NGV** – pojazdy zasilane gazem ziemnym
- **CNG** – gaz naturalny (ziemny) sprężony (Compressed Natural Gas)
- **LNG** – gaz naturalny (ziemny) skroplony (Liquefied Natural Gas)  
(112K = minus 161,15°C)

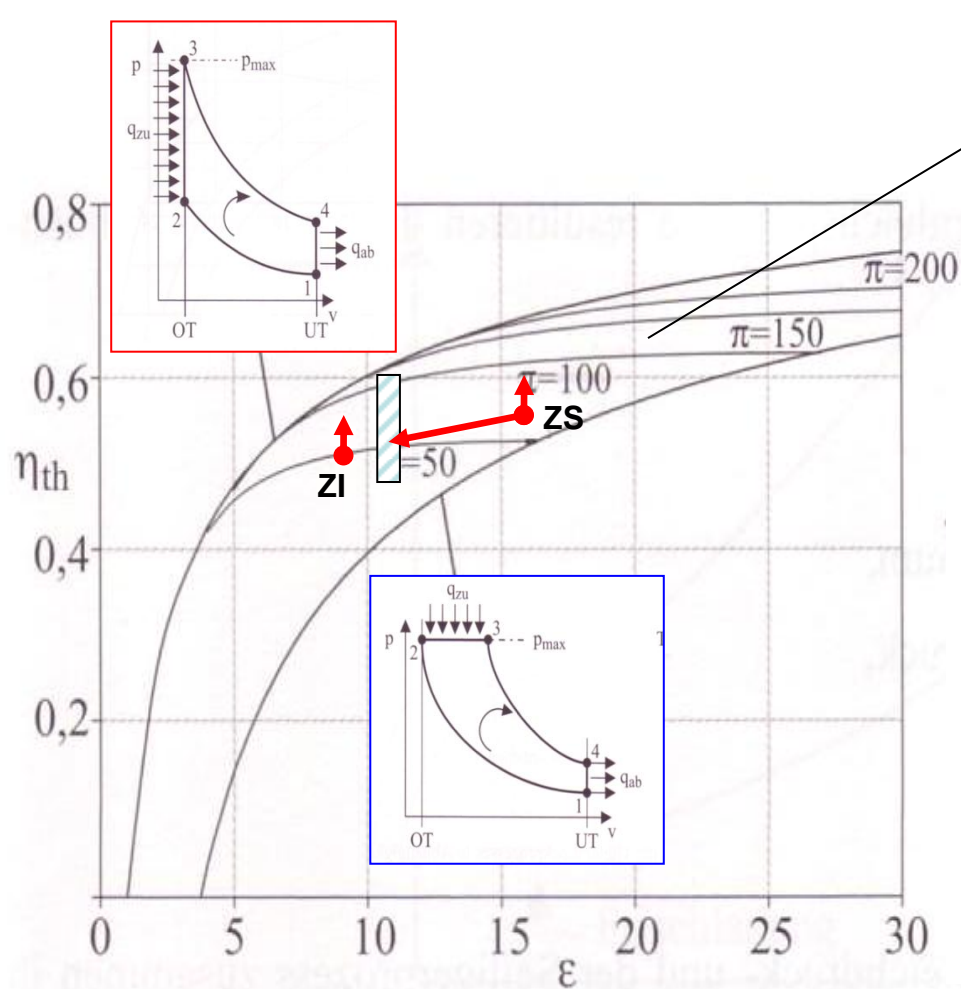
## CNG

- Lżejszy niż powietrze
- Unosi się i nie gromadzi
- Bogate mieszanki palą się wolno
- Samozapłon w temperaturze 600 C
- Nietoksyczny
- Bezwonny (dodawane dodatki)
- Szybko odparowuje

## paliwa ciekłe

- Cięższe niż powietrze
- Opary gromadzą się
- Bogata mieszanka może być wybuchowa
- Opary benzyny i oleju zapalają się w temperaturze ok. 200 C
- Toksyczne (benzyna)
- Silny zapach
- Paruje wolno w temperaturze otoczenia

# Blue Corridor 2012



## Silnik o ZI

1. możliwość spalania mieszanek ubogich,
2. możliwość zastosowania wyższego stopnia sprężania w stosunku do silnika zasilanego benzyną

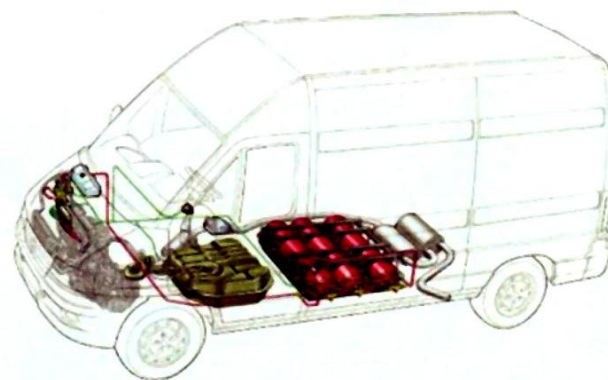
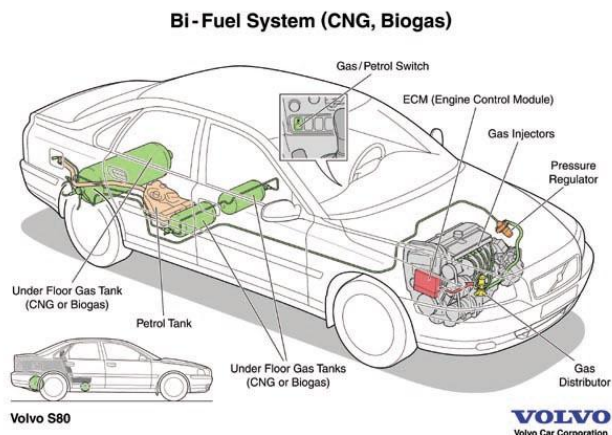
## Silnik o ZS (silnik dwupaliwowy)

1. modyfikacja obiegu w kierunku obiegu Otto (sprawniejszego przy tym samym stopniu sprężania)
2. wyższe ciśnienie maksymalne obiegu

Możliwe są zmiany sprawności teoretycznego obiegu porównawczego silnika o ZI i silnika o ZS przystosowanego do zasilania gazem ziemnym

# Blue Corridor 2012

Wielu światowych potentatów produkujących pojazdy drogowe ma na dzień dzisiejszy w swej ofercie handlowej pojazdy zasilane CNG.



12 -09-2012, Międzynarodowa Konferencja CNG i LNG w Polsce



**Zbiorniki CNG na dachu**



**Dystrybutor wolnego tank. CNG**



**Zbiorniki LNG w ramie**

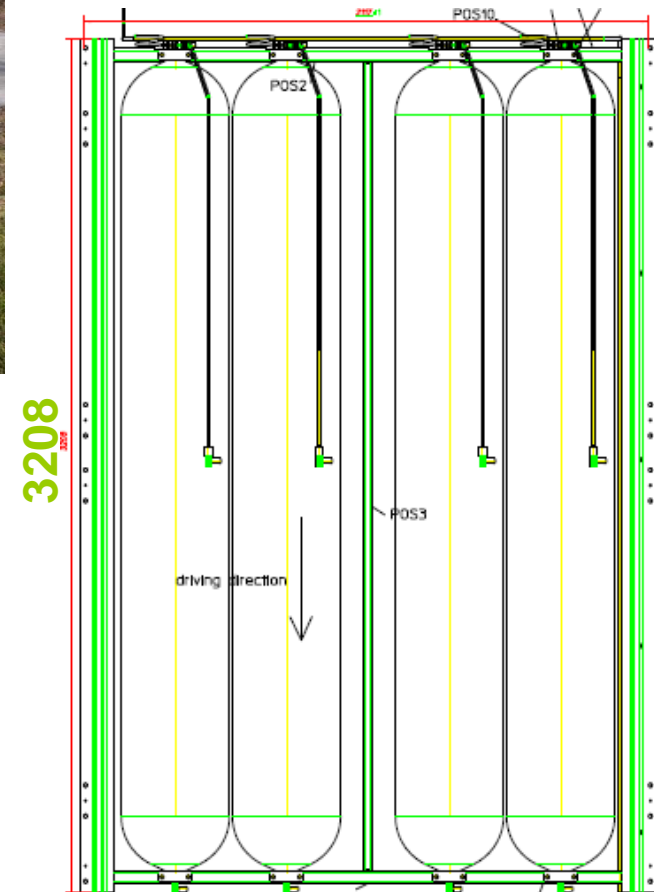
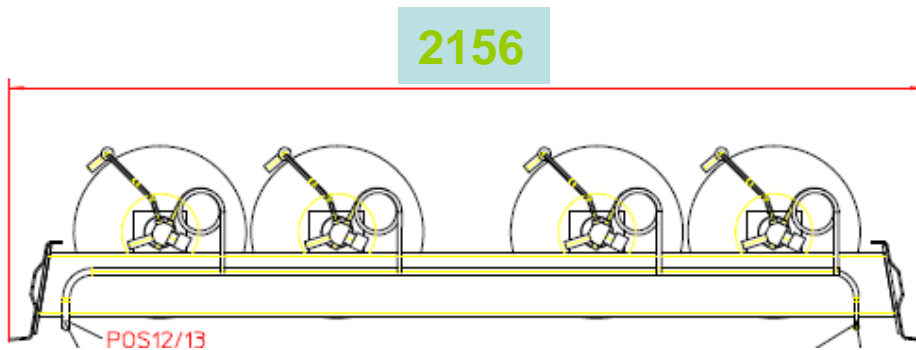


**Zbiorniki CNG w ramie**

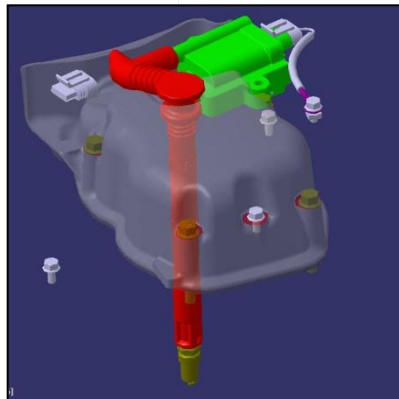
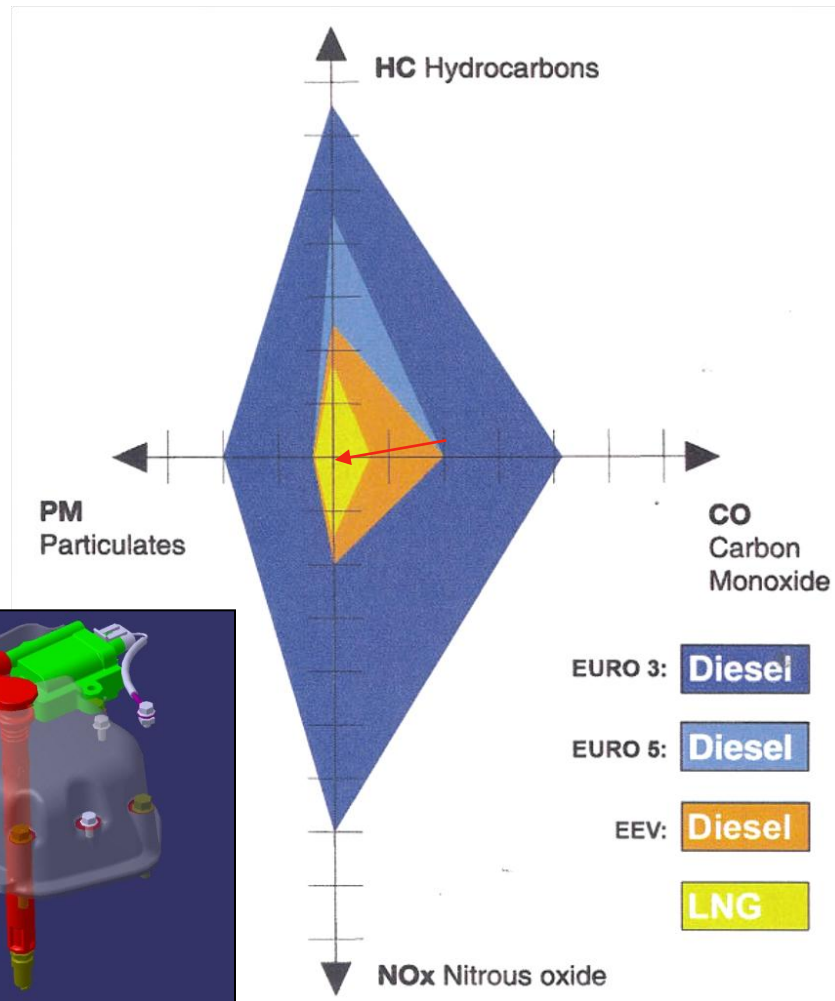
# Blue Corridor 2012



**Butle gazowe Scania Omni**  
**4 x 320l=1280 l**  
**Zbiorniki aluminiowe**



# Blue Corridor 2012



Możliwa poprawa emisji silnika wynikająca z zastosowania paliwa gazowego (Scania 124L przystosowana do zasilania LNG )

# Sposoby przystosowania silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym do zasilania gazem ziemnym i olejem napędowym

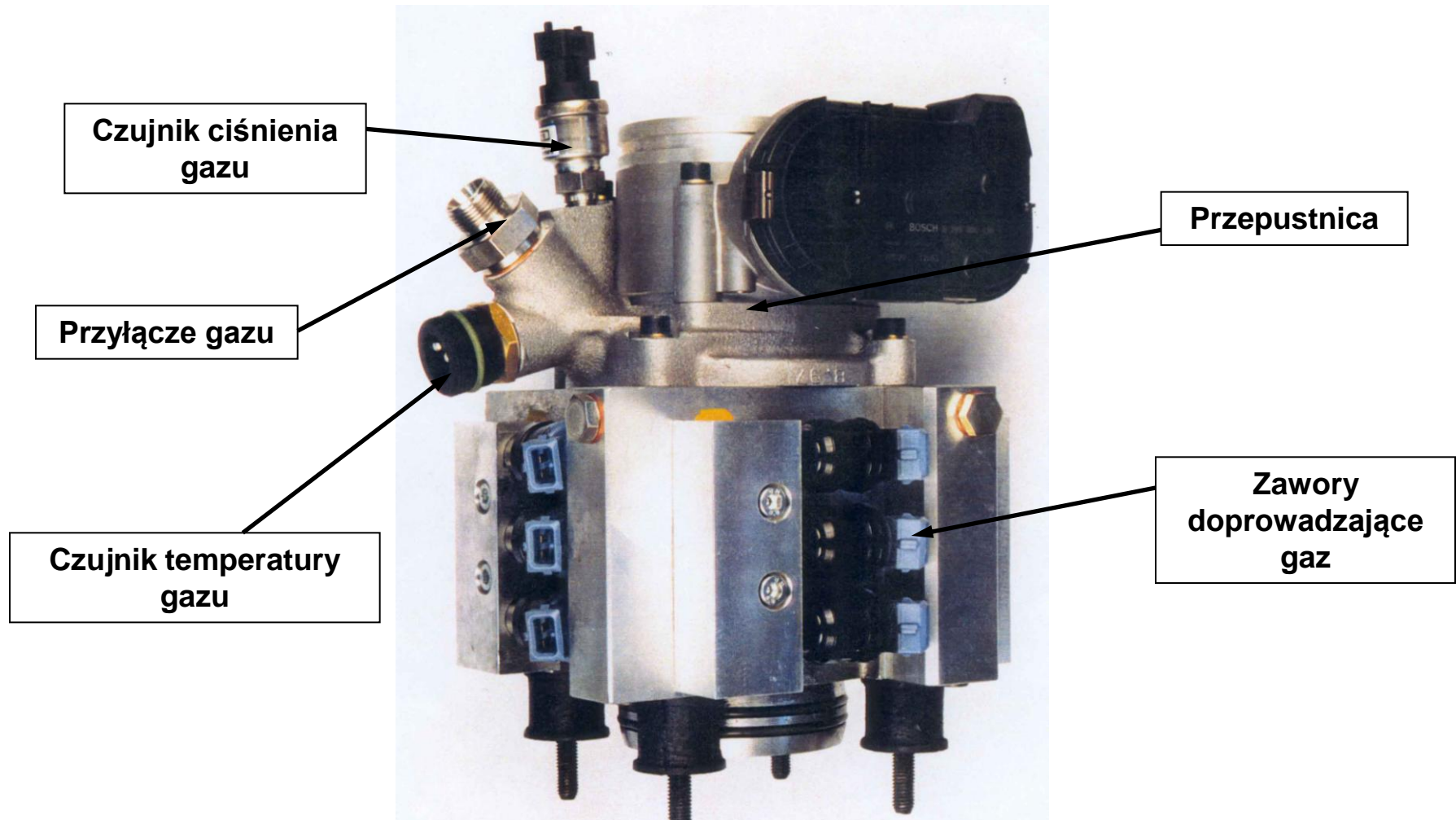
- 1 Silnik przygotowany fabrycznie
- 2 Zamiana jednopaliwowego układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym olejem napędowym na układ dwupaliwowy umożliwiający zasilanie silnika gazem ziemnym zapalany pilotującą dawką oleju napędowego

# Elementy składowe układu do zasilania gazem ziemnym



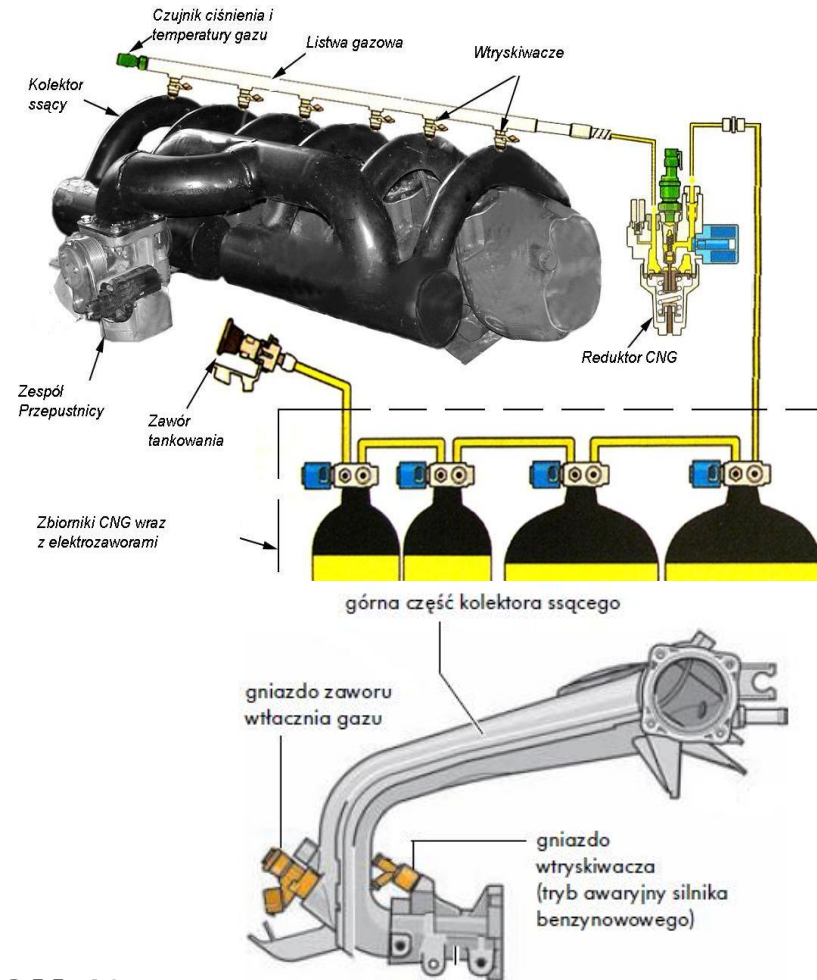
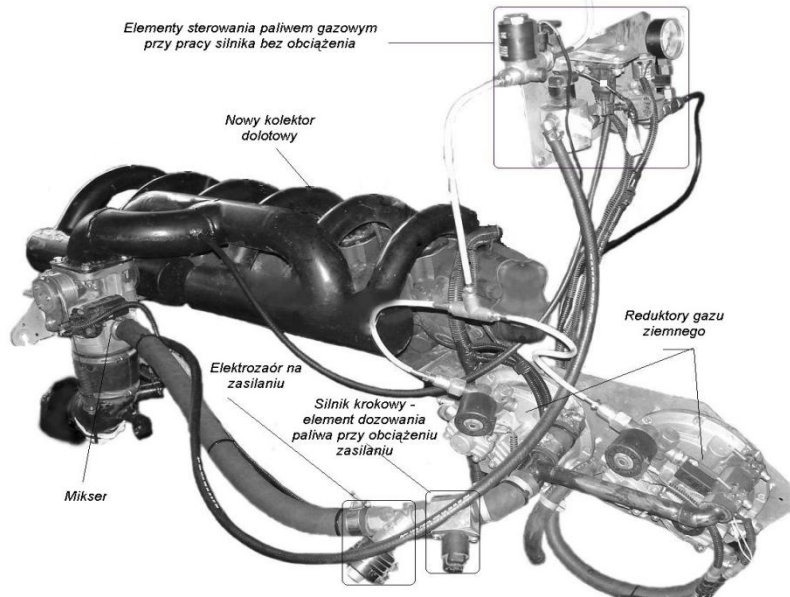
Zestawy do adaptacji małych i średnich silników do zasilania gazem ziemnym składające się z typowych elementów

## *Jednostka mieszająca gaz w silnikach na gaz ziemny E 2866 DUH03 i E 2876 LUH02*



# Blue Corridor 2012

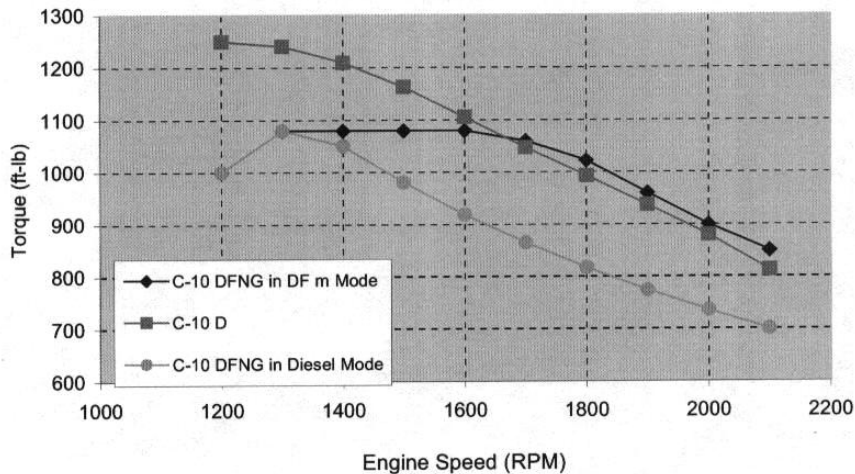
## Sposoby dostarczenia paliwa gazowego przy konwersji nie doładowanego silnika o zapłonie samoczynnym do wersji dwupaliwowej wykonane w Politechnice Radomskiej



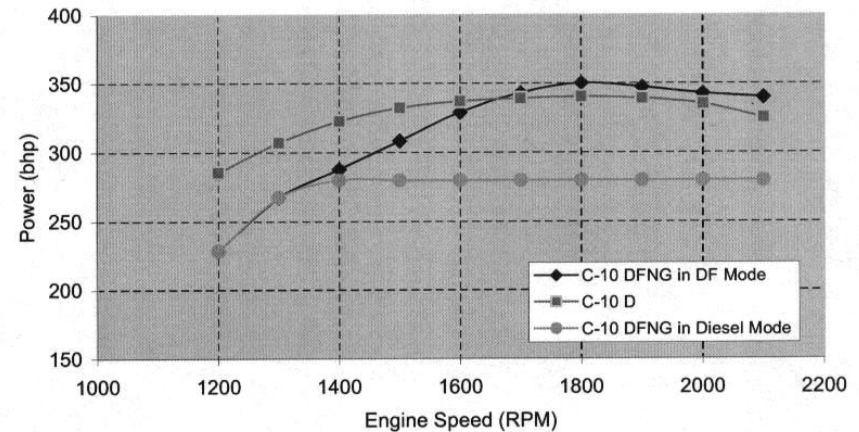
Schematy układu zasilania i sterowania silnika OM 427 w wersji IVI oraz I

## 1 Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany fabrycznie

1997 C-10 DFNG and C-10 D  
Torque (ft-lb) versus RPM

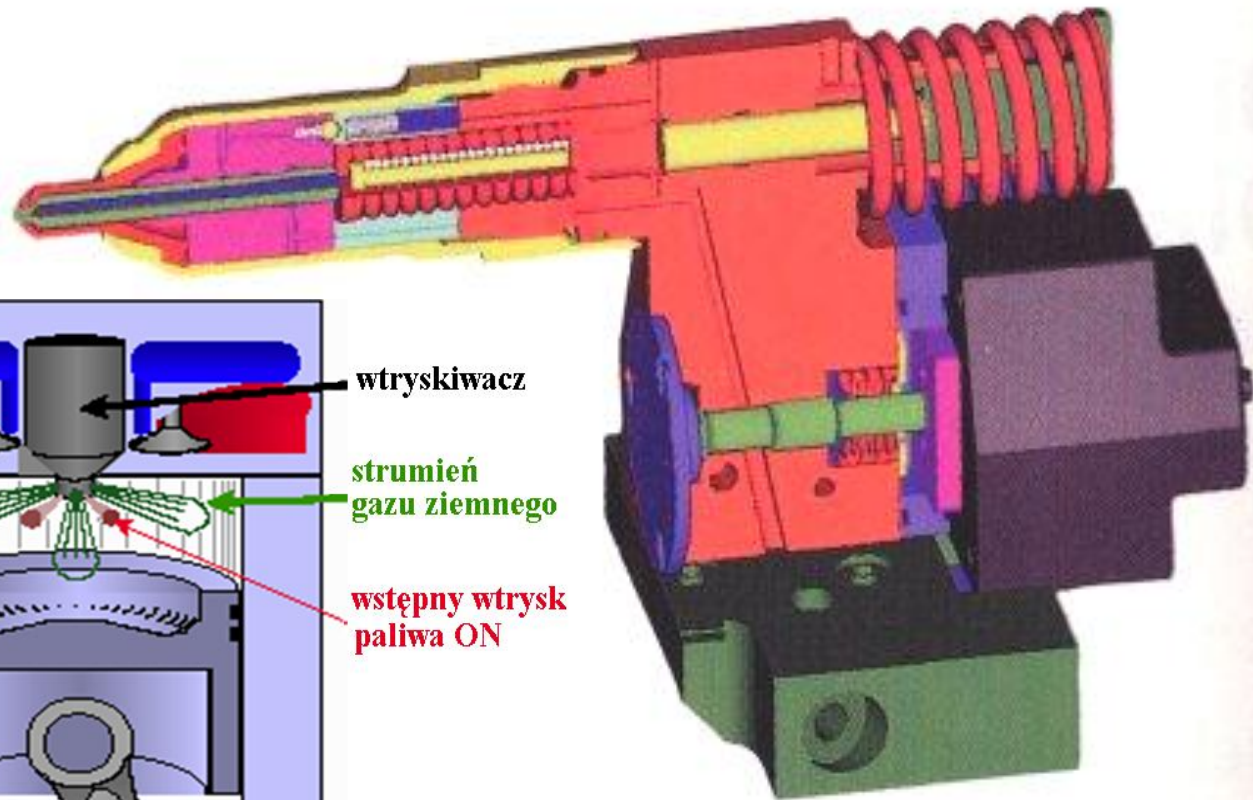
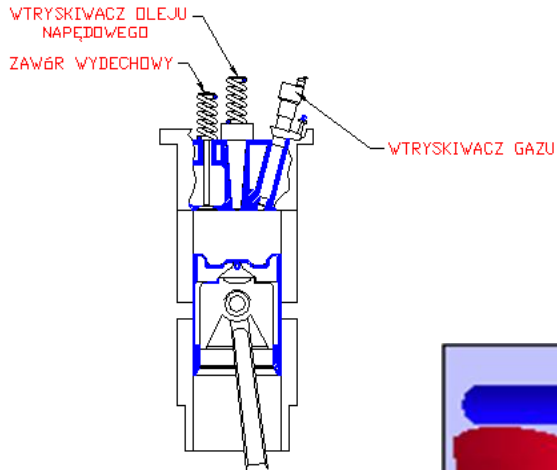


Caterpillar C-10 DFNG and C-10 D  
Horsepower (bhp) versus RPM



CATERPILLAR  
C-10 DFNG

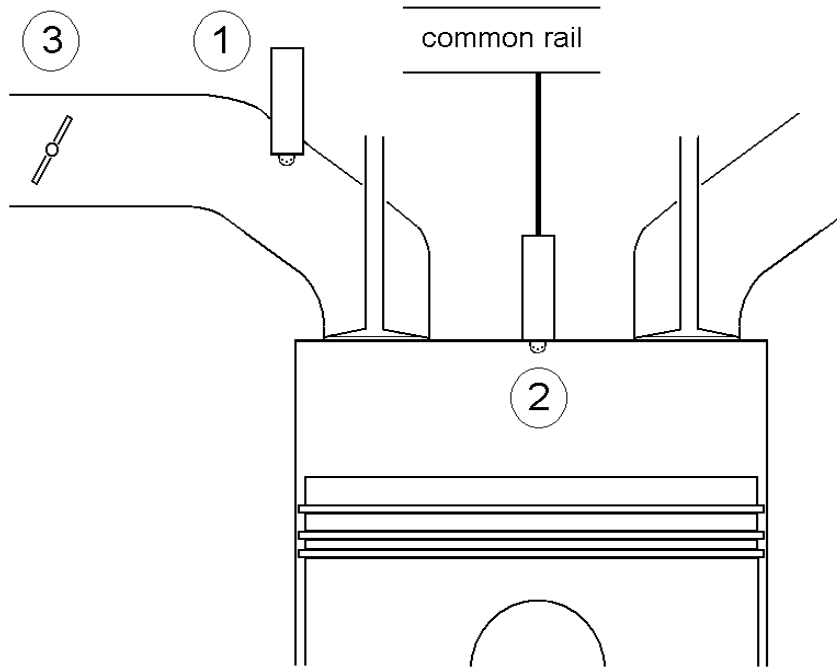
## Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany fabrycznie



Układ dwupaliwowy (realizacja zasilania oparta o dwa wtryskiwacze ON i CNG)

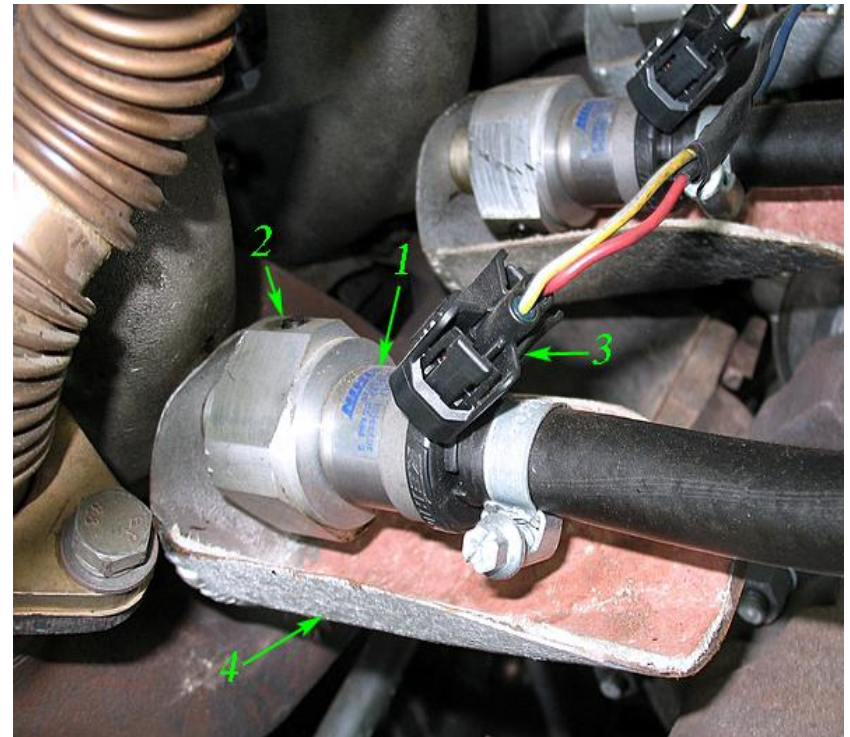
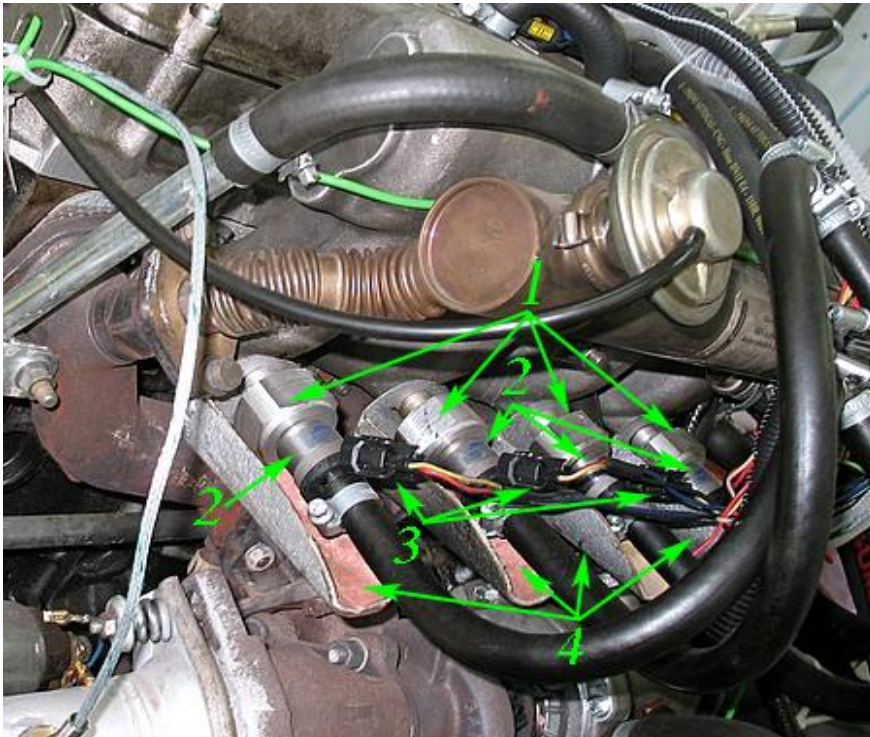
Układ dwupaliwowy w opracowaniu MAN i Westport HPDI (wtrysk bezpośredni o wysokim ciśnieniu).

## 2 Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany w Politechnice Radomskiej



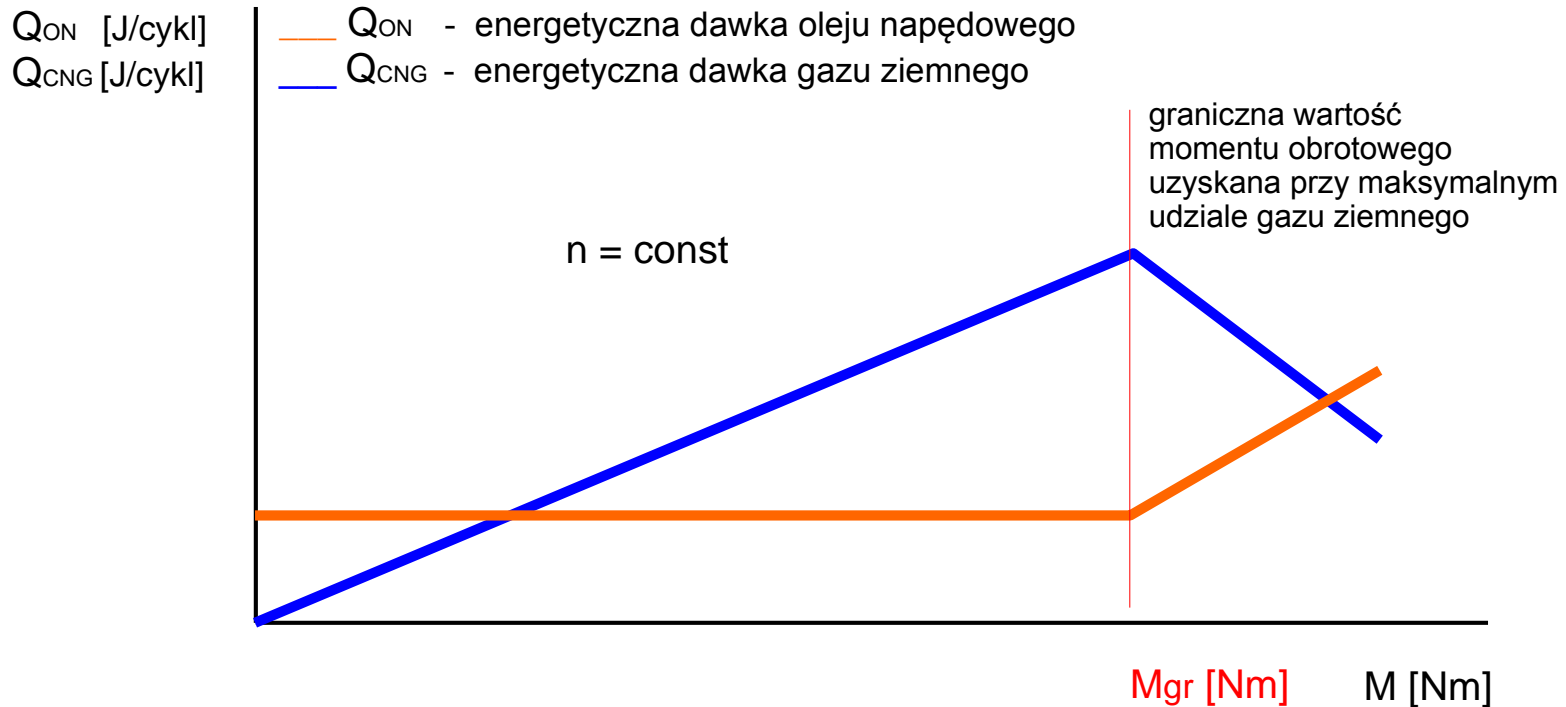
Wykonana adaptacja i stanowisko hamowniane do badań silnika ADCR (z układem wtrysku common rail) adoptowanego do zasilania dwupaliwowego gazem ziemnym i olejem napędowym

## 2 Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany w Politechnice Radomskiej



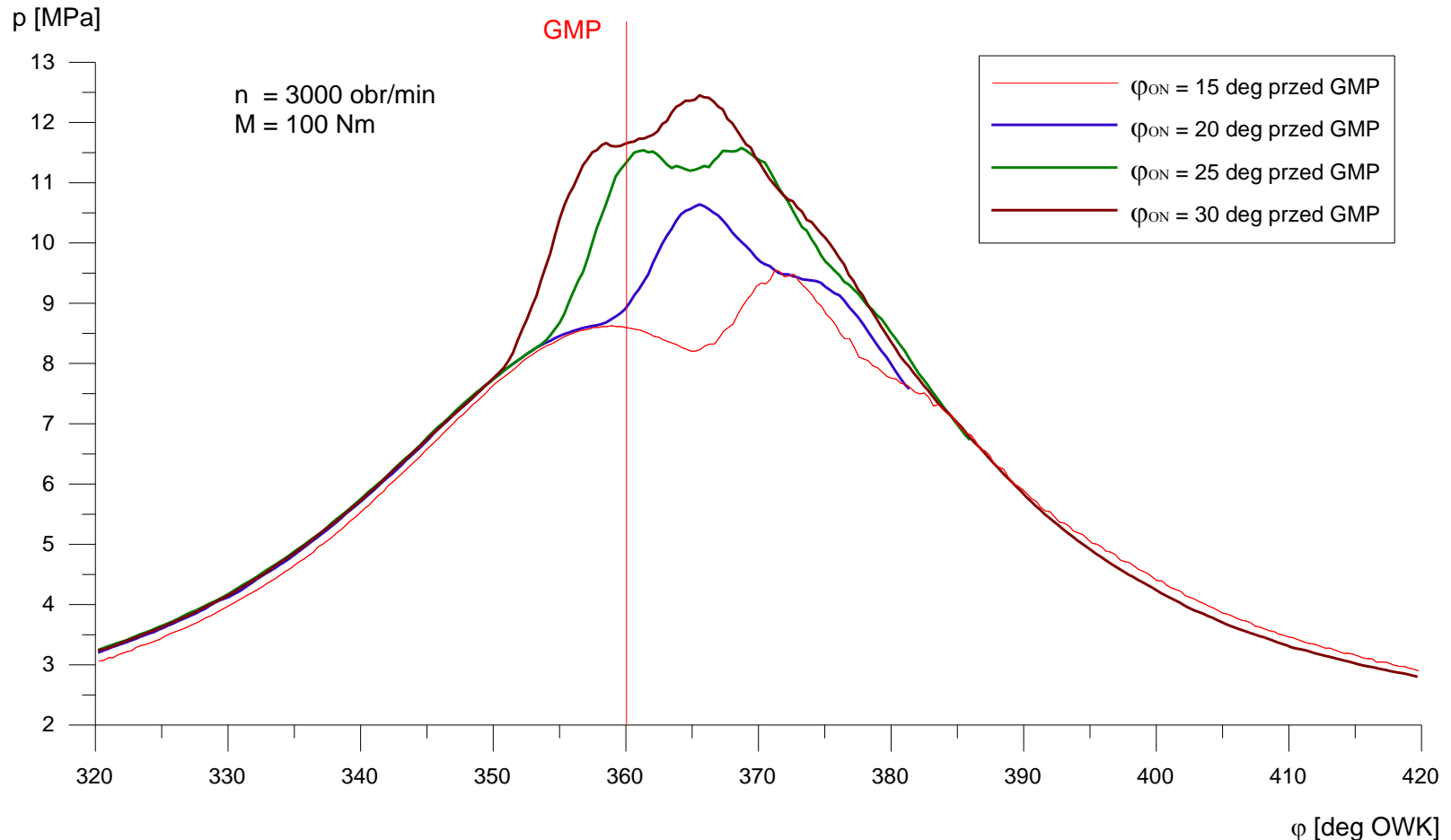
Fragment układu zasilania silnika ADCR adoptowanego do zasilania dwupaliwowego gazem ziemnym i olejem napędowym

## 2 Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany w Politechnice Radomskiej



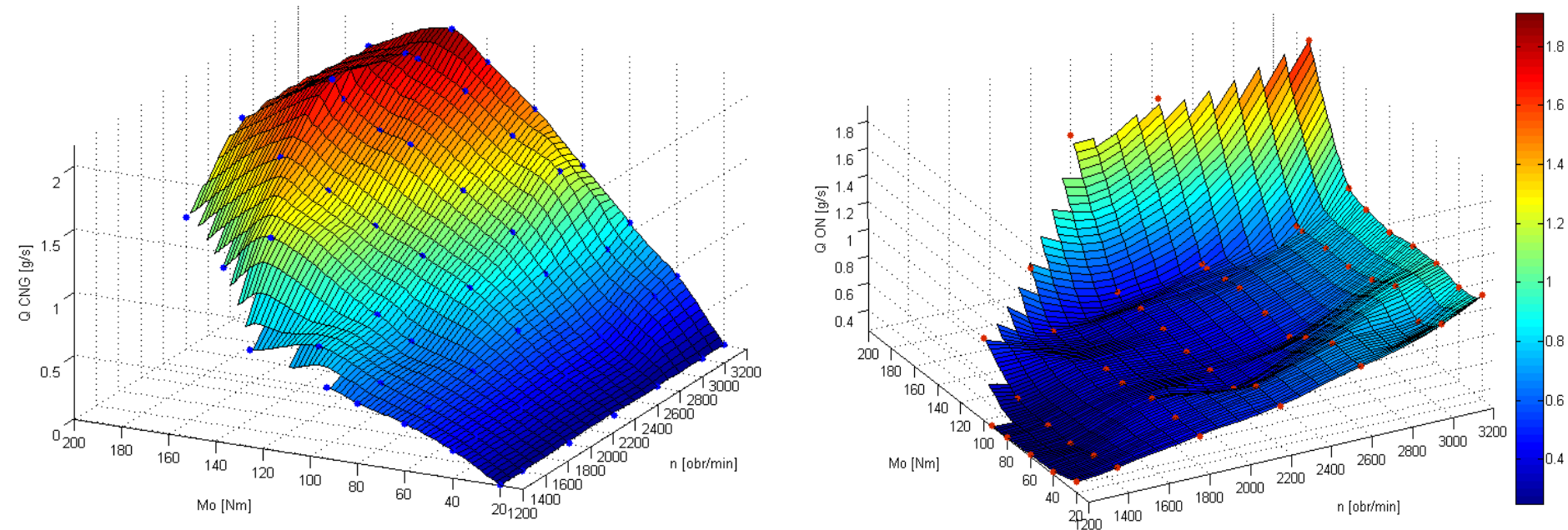
Przyjęta koncepcja doboru wielkości dawek energetycznych oleju napędowego i gazu ziemnego w funkcji obciążenia dla stałej prędkości obrotowej silnika zasilanego dwupaliwowo

# Blue Corridor 2012



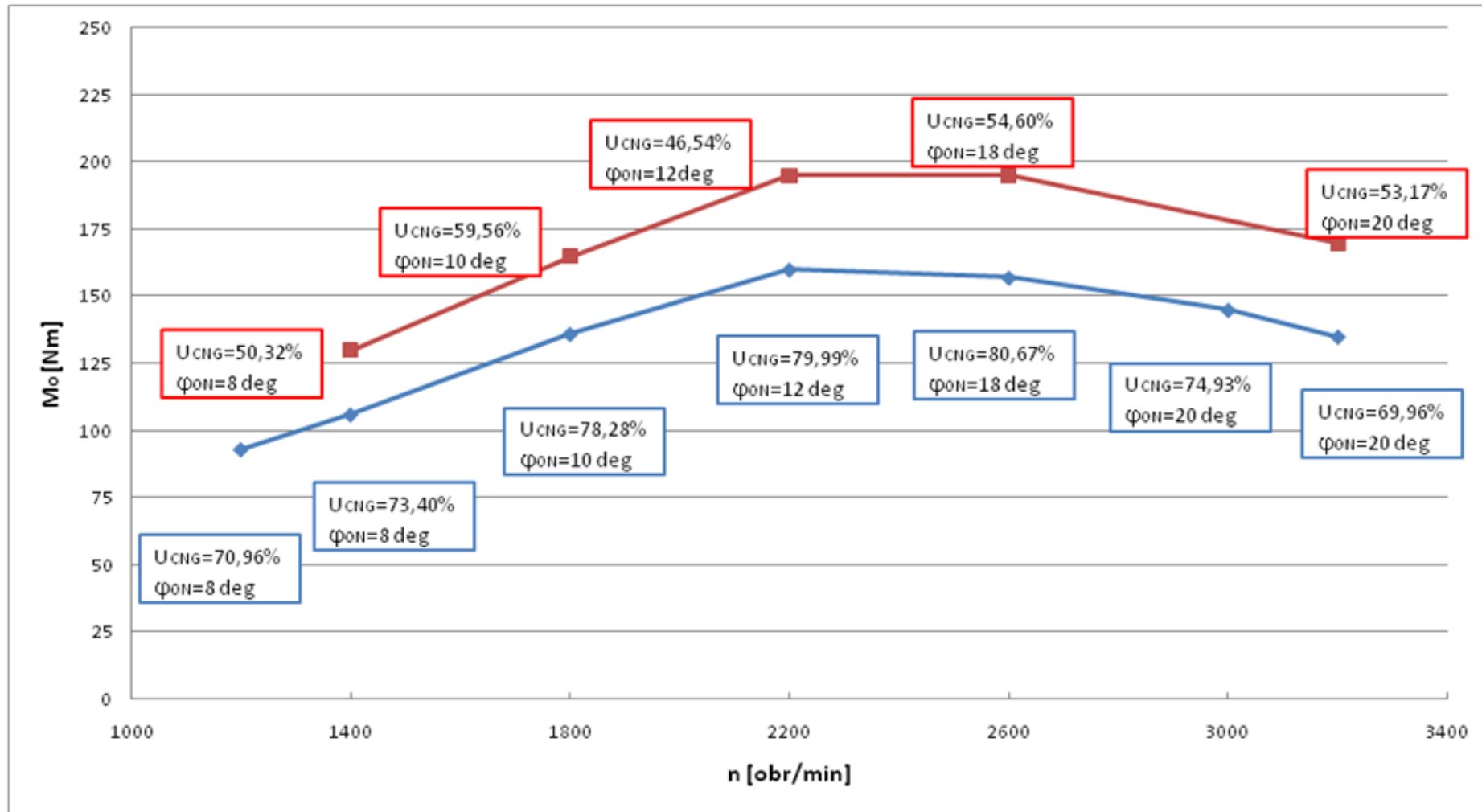
Zarejestrowany przebieg ciśnienia w komorze spalania silnika ADCR zasilanego dwupaliwowo w funkcji kąta obrotu wału korbowego dla czterech wartości kąta wtrysku oleju napędowego ( $n=3000$  obr/min,  $M=100$  Nm,  $U_{CNG}=75\%$ )

## 2 Dwupaliwowy silnik zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym przygotowany w Politechnice Radomskiej



Dawka gazu ziemnego i oleju napędowego w funkcji momentu i prędkości obrotowej dobrana w czasie badań silnika ADCR

# Blue Corridor 2012



Charakterystyki zewnętrzne silnika ADCR adoptowanego do dwupaliwowego zasilania gazem ziemnym i olejem napędowym



GTL Diesel  
uogólniona formuła -  $C_{16}H_{34}$

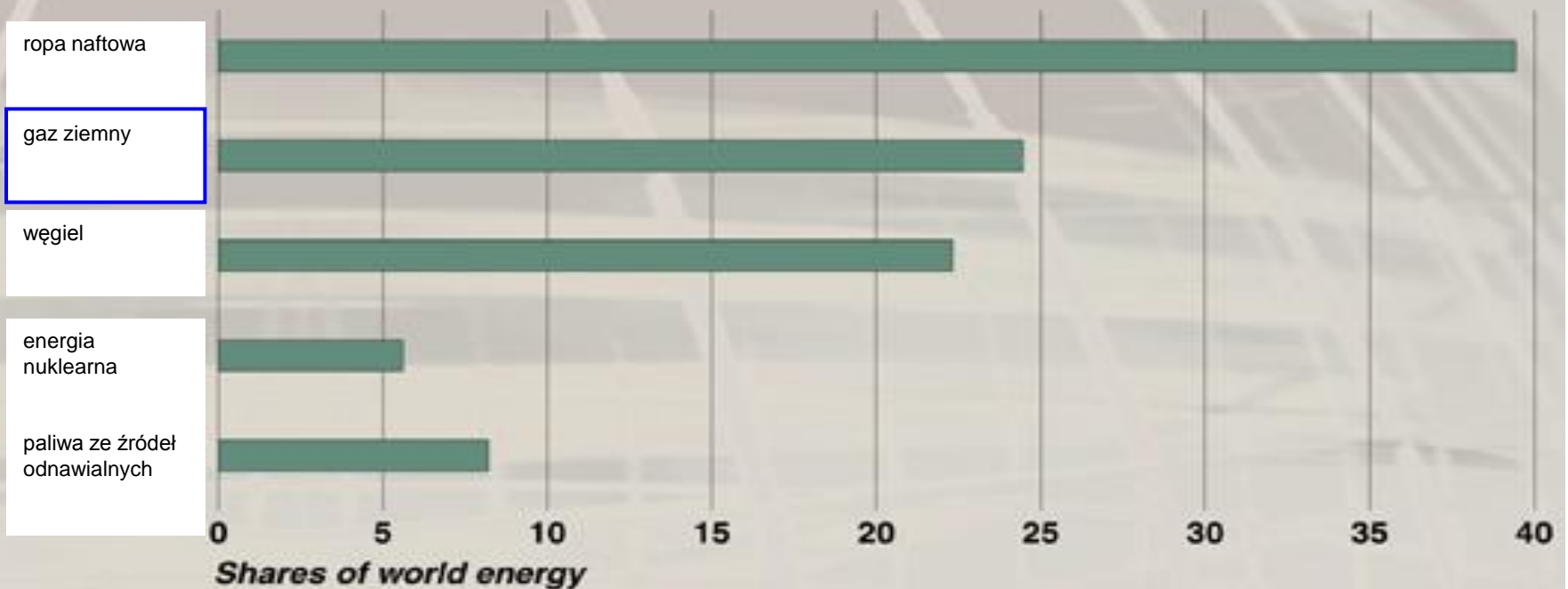


Volvo Technology Transfer podpisało umowę o przerobieniu biogazu na olej napędowy z firmą Nordvästra Skånes Renhållningsbolag (NSR) w Helsinborgu która ma wytwarzać 15 mln litrów oleju napędowego rocznie

Wysokiej jakości olej napędowy GTL jako niekonwencjonalne wykorzystanie gazu ziemnego lub biogazu do produkcji paliwa ciekłego

# Blue Corridor 2012

Prognoza dotycząca udziału poszczególnych źródeł energii w światowej gospodarce w roku 2020



**Polska posiada kontrakt na dostawy gazu ziemnego z dużym zapasem i po uwzględnieniu budowy terminalu LNG będziemy mieli zabezpieczone duże ilości tego paliwa.**

## Podsumowanie:

1. Gaz ziemny stanowi ważną alternatywę dla paliw konwencjonalnych, a dodatkową zaletą tego paliwa jest możliwość uzyskania go w procesach fermentacji na wysypiskach odpadów i w gospodarstwach rolniczych
2. Możliwe jest utrzymanie, a nawet poprawa sprawności silnika spalinowego w wyniku zastosowania gazu ziemnego jako paliwa
3. Możliwe jest spełnienie bardzo wysokich standardów związanych z ochroną środowiska na skutek ograniczenia emisji składników toksycznych spalin
4. Konieczne są prace nad jeszcze bardziej efektywnym zastosowaniem gazu jako paliwa silnikowego (np. HCCI)





Dziękuję za uwagę

dr inż. Ryszard Wołoszyn

Prezes Stowarzyszenia NGV Polska