

# GAZ ZIEMNY JAKO PALIWO DO NAPIĘDU POJAZDÓW

## NATURAL GAS AS A VEHICLE FUEL

*W artykule przedstawiono podstawowe pojęcia i właściwości gazu ziemnego jako paliwa. Omówiono sposoby magazynowania gazu w pojeździe i pokazano przykładowe rozwiązania techniczne w pojazdach zasilanych gazem ziemnym.*

**Słowa kluczowe:** gaz ziemny, paliwo, magazynowanie gazu

*In the article there are presented basic notions and peculiarities of natural gas as a fuel. There are also shown methods of natural gas storing in vehicles and some example technical solutions in vehicles with natural gas-feed systems.*

**Keywords:** naturalgas, vehicle fuel, gas storing

### 1. Wstęp

Systematyczny wzrost liczby pojazdów na świecie, a szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich jest przyczyną zwiększania się ilości zanieczyszczeń komunikacyjnych. Od wielu lat prowadzone są prace mające na celu znalezienie taniego ekologicznego paliwa do napędu pojazdów, stymulowane coraz bardziej rygorystycznymi normami dotyczącymi emisji substancji szkodliwych. Obowiązujące kolejne limity granicznych emisji zanieczyszczeń z silników pojazdów zostały przedstawione na rys. 1.

Proponowane limity przewidziane dla norm Euro 4 i Euro 5 drastycznie ograniczają emisje substancji szkodliwych, a tym samym zmuszają producentów do wyposażania pojazdów w silniki „czystsze” ekologicznie.

W skład emisji zanieczyszczeń wchodzi nie tylko spaliny silnikowe, ale także dodatkowe związki powstałe na skutek:

- efektu „oddychania” zbiorników paliwowych,

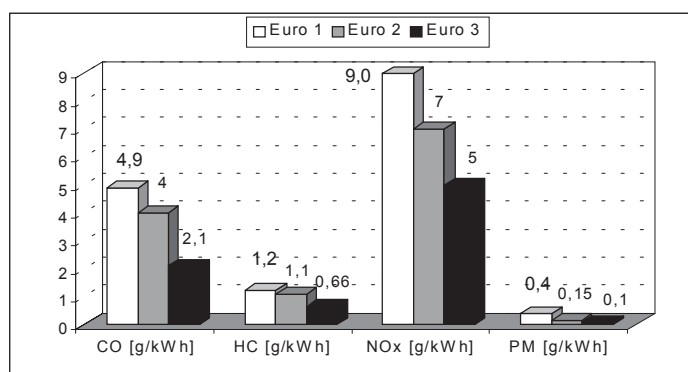
- emisji po wyłączeniu silnika (stygnięcie),
- emisji ze zbiorników paliwa w czasie jazdy i napełniania.

Całkowita emisja spalin produkowanych przez pojazdy (ogólnie więc motoryzację) stała się zagrożeniem dla społeczeństwa i środowiska. Ograniczenie emisji związków toksycznych stało się więc kluczowym problemem, który wymusza poszukiwanie paliw dających „czyste” spaliny.

### 2. Terminologia dotycząca gazu w zasilaniu pojazdów

**Jednostkowa objętość gazu** - ilość suchego gazu zawarta w objętości 1 m<sup>3</sup> w warunkach normalnych tj. temperatura 0°C, ciśnienie 1,013bar, gęstość powietrza - 1,293 kg/m<sup>3</sup>.

**Wartość opałowa** - ilość ciepła, którą można uzyskać z jednostkowej objętości gazu (MJ/m<sup>3</sup>) podczas jego całkowitego spalania w warunkach normalnych



Rys. 1. Emisja toksycznych składników spalin dla silników z zapłonem samoczynnym w odniesieniu do obowiązujących kolejnych norm Euro (Euro 2 - od roku 1996, Euro 3 - od roku 2000, Euro 4 - od roku 2005, Euro 5 - od roku 2008)  
 Fig. 1. Emission of toxic components in exhaust-gases of Diesel engines in comparison with successive obligatory EURO standards (Euro 2 – since 1996, Euro 3 – since 2000, Euro 4 – since 2005, Euro 5 – since 2008)

przy założeniu, że powstająca woda jest odprowadzana w składzie gazów spalinowych w postaci pary.

Wg PN-87/C-96001 gaz ziemny wysokometanowy najwyższej grupy GZ50 ma min. wartość opałową 34,0 MJ/m<sup>3</sup> przy zawartości metanu >90%.

**Osuszanie gazu** - usuwanie z surowego gazu ziemnego pary wodnej w celu obniżenia temperatury punktu rosy.

**Jednostki energii / ciepła:**

1MJ = 0,278kWh = 238,8kcal

1kWh = 3,6MJ = 860kcal

**Jednostki ciśnienia:**

1bar = 0,1MPa = 1,02at = 0,987atm.

Zastosowanie CNG (gaz ziemny sprężony) jako paliwa silników spalinowych wymaga głębokiego osuszenia gazu do punktu rosy - 30°C w celu całkowitego zabezpieczenia instalacji gazowej w pojeździe. Proces ten jest konieczny, ponieważ w wyniku redukcji ciśnienia gaz ulega znacznemu ochłodzeniu (ok. 3°C/10 bar), co przy niskiej temperaturze zimą może spowodować wydzielanie się hydratów (krystaliczne połączenia węglowodorów i wody) bądź lodu i przerwanie dopływu gazu do silnika. Zawartość wody w gazie nie powinna przekraczać 10 mg/m<sup>3</sup>.

W Polsce w sieci przesyłowej gazu ziemnego występują następujące ciśnienia:

- powyżej 0,4MPa (max 6,3MPa, a obecnie zwiększono do 10MPa) - gazociągi magistralne wysokiego ciśnienia,
- 0,005 – 0,4MPa - gazociągi zasilające średniego ciśnienia,
- poniżej 0,005MPa – gazociągi zasilające niskiego ciśnienia.

Pojazdy zasilane gazem ziemnym są na całym świecie określane terminem NGV (Natural Gas Vehicles).

**Podstawowe pojęcia dotyczące gazu:**

- gaz ziemny – NG (Natural Gas),
- gaz ziemny sprężony – CNG (Compressed Natural Gas),
- gaz ziemny skroplony – LNG (Liquefied Natural Gas) (temp. 112K – minus 161,15°C)
- gaz płynny (propan-butan) – LPG (Liquefied Petroleum Gas).

### 3. Gaz ziemny NG (Natural Gas)

Gaz ziemny to kopalniane paliwo naturalne. Podstawowym składnikiem gazu ziemnego jest metan.

Przykładowy skład i parametry gazu ziemnego ze stacji tankowania w Warszawie są następujące:

- CH<sub>4</sub> – 96,6 % objętości
- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 1,1 % objętości
- O<sub>2</sub> – 0,1 % objętości
- CO<sub>2</sub> – 0,1 % objętości
- N<sub>2</sub> – 2,1 % objętości

- Ciepło spalania – 39 302 kJ/m<sup>3</sup>
- 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>
- Liczba Wobbego – 52 057 kJ/m<sup>3</sup>
- Siarkowodór – 0,08 mg/m<sup>3</sup>
- Siarka tiolowa – 0,15 mg/m<sup>3</sup>
- Temperatura punktu rosy – 8°C.

Ostatnie lata to burzliwy rozwój nowoczesnych technologii wykorzystujących gaz ziemny, między innymi, do zasilania silników pojazdów. Gaz ziemny jako paliwo silnikowe jest wykorzystywany w postaci:

- gazu ziemnego sprężonego CNG,
- gazu ziemnego skroplonego LNG.

Szerokie zastosowanie gazu ziemnego w gospodarce narodowej (wykorzystanie go również jako paliwa w silnikach pojazdów) umożliwi poprawę stanu naszego środowiska, m.in. dzięki ograniczeniu emisji dwutlenku węgla (gaz cieplarniany) i innych związków emitowanych przy stosowaniu paliw płynnych.

### 4. Gaz ziemny sprężony CNG (Compressed Natural Gas)

Gaz ziemny do zasilania pojazdów to paliwo naturalne nie wymagające do zastosowania w silnikach żadnej obróbki technologicznej oprócz osuszenia i sprężania. W produkowanych obecnie pojazdach zasilanych gazem ziemnym jest on głównie magazynowany w postaci sprężonej. Wadą tego systemu jest mała gęstość zmagazynowanej energii w jednostce objętości (pomimo znacznego sprężenia gazu do ciśnienia ok. 20 MPa), co wymaga zastosowania zbiorników o dużej pojemności i dużej masie. Wszystkie silniki o zapłonie iskrowym (silniki z zapłonem samoczynnym – po modernizacji i zmianach konstrukcyjnych) mogą być przystosowane do jego spalania.

Sprężony gaz ziemny jest magazynowany w zbiornikach odpowiednio umocowanych w samochodzie. Jednorazowe tankowanie zbiorników średniej wielkości (w zależności od tzw. pojemności wodnej) pozwala na przebieg około 300 km.

Zbiorniki zajmują więc więcej miejsca niż tradycyjny bak, ale korzyści są niebagatelne. Czołowi producenci pojazdów wprowadzili na rynek już ponad 100 modeli pojazdów. W eksploatacji jest ok. 1,5 mln pojazdów zasilanych gazem ziemnym.

### 5. Gaz ziemny skroplony LNG

Zastosowanie skroplonego gazu ziemnego, który obok wodoru wymieniany jest jako przyszłościowe paliwo alternatywne, pozwala na wyeliminowanie wad związanych z gęstością magazynowanej energii, masą zbiorników oraz problemami związanymi z wysokimi

ciśnieniami występującymi w systemach CNG. Podczas skraplania gaz ziemny zostaje oziębiony do temp.  $-161,15^{\circ}\text{C}$ . Objętość redukuje się przy tym 630 razy. Dzięki temu "gęstość energii" skroplonego gazu ziemnego jest bardzo wysoka. Jedna czwarta gazu ziemnego, którym handluje się na skalę światową jest transportowana właśnie w tym stanie. Skraplanie gazu ziemnego wiąże się z bardzo dokładnym jego oczyszczeniem z dwutlenku węgla, azotu, propanu-butanu, wilgoci itp. Jest to już bardzo czyste paliwo o liczbie oktanowej 130. Po powtórnej zmianie na postać gazową pozostaje bardzo niewiele zanieczyszczeń, gaz jest suchy - pozbawiony wilgoci. Gaz ziemny skroplony (LNG) z uwagi na niskie temperatury wymaga zbiornika kriogenicznego. Pierwsza ogólnodostępna stacja paliwowa LNG została uruchomiona w 1995 r. w Bloomfield w USA. Tankowanie odbywa się podobnie do tankowania paliw tradycyjnych. Niemcy np. posiadają już instalacje w których skrapla się gaz ziemny po to, żeby zasilać nim stacje tankowania gazem ziemnym. Zależnie od wyposażenia stacji paliw mogą być w nich tankowane zarówno zwykłe pojazdy na gaz ziemny (tzw. CNG 200 bar), jak też pojazdy na gaz ziemny skroplony (LNG – pod niewielkim ciśnieniem, ale wymagające zbiornika kriogenicznego).

## 6. Gaz ziemny jako paliwo silnikowe

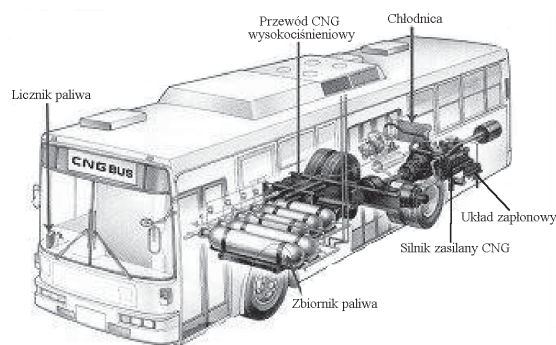
Gaz ziemny jest paliwem nie wymagającym, poza oczyszczeniem i odsiarczeniem, przeróbki chemicznej. Gaz wysokometanowy ze względu na swe właściwości fizyko-chemiczne jest określany jako dobre, ekologiczne paliwo silnikowe.

Gaz ziemny jest ogólnodostępny, a więc nie ma potrzeby jego magazynowania, jest tańszy od paliw płynnych, po uzdatnieniu pozbawiony substancji korozyjnych, posiada wszystkie niezbędne właściwości paliwa silnikowego, które decydują między innymi o łatwym rozruchu silnika w niskich temperaturach i żywotności silnika. Paliwo to jest lżejsze od powietrza – stosunek jego gęstości do gęstości powietrza wynosi 0,55-0,58 w zależności od składu. W przypadku nieszczelności układu zasilania gazem ziemnym w pojeździe ulatnia się on do atmosfery, podczas gdy paliwo płynne rozlewa się po powierzchni, a mieszanina propanu i butanu (cięższa od powietrza) gromadzi się nad powierzchnią ziemi.

Przykładowe rozmieszczenie elementów instalacji gazowej w autobusie i samochodzie osobowym pokazano na rys. 2 i rys. 3.

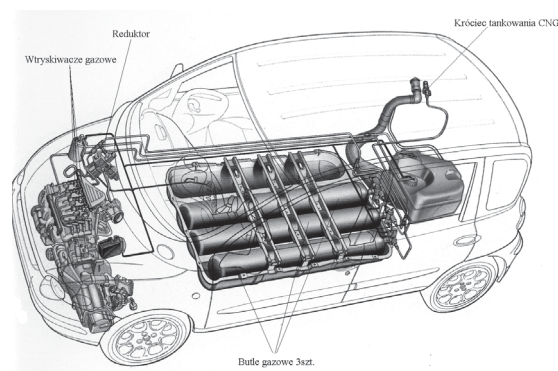
## 7. Podsumowanie

Szybko i dynamicznie rozwijającym się rynkiem paliw w świecie staje się gaz ziemny z uwagi na jego zalety ekologiczne, ekonomiczne i bezpieczeństwo



Rys. 2. Przykładowe rozmieszczenie dodatkowych elementów autobusu przystosowanego do zasilania gazem ziemnym

Fig. 2. Natural gas-feed bus. Example location of additional elements



Rys. 3. Przykładowe rozmieszczenie dodatkowych elementów samochodu osobowego przystosowanego do zasilania gazem ziemnym i benzyną (Fiat Multipla Bipower-testowany w Zakładzie Elektroniki Samochodowej Politechniki Radomskiej przy współpracy z Zakładem Napędów Gazowych i Maszyn Tłokowych Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa)

Fig. 3. Example location of additional elements in a passenger car with natural gas- and gasoline-feed systems (Fiat Multipla Bipower – under testing at the Department of Automotive Electronics of Radom University of Technology in cooperation with the Department of Natural Gas Drives and Piston Machines of Institute of Oil and Gas Mining)

użytkowania. Najbardziej zaangażowanymi krajami wykorzystującymi sprężony gaz ziemny (CNG) do zasilania pojazdów są USA, Kanada, Australia, Nowa Zelandia, Argentyna, a w Europie Włochy, Rosja, Francja, Niemcy, Szwecja. Na gazie ziemnym jeżdżą autobusy miejskie, taksówki, mikrobusy, samochody dostawcze czy pojazdy komunalne oczyszczania miasta oraz samochody osobowe. Czołowi producenci samo-

Tab. 1. Porównanie niektórych parametrów dla wybranych paliw alternatywnych

Tab. 1. Comparison of some parameters for chosen alternative fuels

Analizowany parametr	CNG	LNG	LPG
Stosunek zmagazynowanej w gazie energii do benzyny	3,94 do 1 25% przy 20 MPa	1,55 do 1 66 %	1,36 do 1 74 %
Gęstość gazu w fazie ciekłej	160 g/l przy 20 MPa	422g/l	520g/l

Tab. 2. Porównanie wybranych właściwości paliw silnikowych

Tab. 2. Comparison of chosen peculiarities of engine fuels

Analizowany parametr	Gaz ziemny wysokometanowy	Gaz płynny LPG	Benzyna silnikowa	Olej napędowy
Liczba oktanowa	115-130	125	90-98	25
Ciepło spalania [MJ/kg]	53,9	49,8	46,7	44,8
Temperatura samozapłonu	630-640	500	320-360	550-600
Granice samozapłonu w powietrzu (% obj. paliwa w powietrzu)	5-15	1,8-9,0	1,4-7,6	0,6-5,0

chodów i autobusów oferują już dzisiaj w swojej ofercie handlowej szeroką gamę nowych pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Wiele firm oferuje także możliwość przebudowy i dostosowania pojazdów użytkowych do zasilania gazem ziemnym.

Wdrażane i uruchamiane są ciągle nowe projekty, głównie z myślą o ochronie środowiska, zwłaszcza w wielkich aglomeracjach miejskich i ośrodkach wypoczynkowych. Realizowane są również na świecie projekty badawcze mające na celu wykorzystanie gazu ziemnego jako ekologicznego i taniego paliwa do napędu pojazdów, których przykładem jest program NGVeuropa realizowany w krajach Unii Europejskiej.

Poszukiwania różnych paliw zastępczych prowadzone są głównie z uwagi na malejące światowe zasoby paliw płynnych, oraz potrzeby ograniczenia emisji substancji szkodliwych z pojazdów, poprzez stosowanie paliw mniej szkodliwych dla środowiska. Jednym z paliw spełniającym te wymogi jest gaz ziemny, którego udokumentowane światowe złoża są wielokrotnie większe od zasobów ropy naftowej. Do czasu zastosowania skroplonego wodoru na masową skalę gaz ziemny będzie, jak przypuszczam, podstawową alternatywą dla benzyn i olejów napędowych.

## 8. Literatura

- [1] Rudkowski M.: *Zastosowanie gazu ziemnego jako paliwa w autobusach – stacje tankowania*. Ogólnopolski miesięcznik „Autobusy” 9/2002.
- [2] Chaczijan A.S., Kuzniecowa W.E., Wodejko W.F., Sziszłow I.G., Chamidullin R.CH., Gekow S.A.: *Badanie silników zasilanych gazem ziemnym dla ich zastosowania w transporcie i napędzie prądnic*. Eksploatacja silników spalinowych. Politechnika Szczecińska. Zeszyt nr 4. Szczecin 2001.
- [3] Cupiał K., Dużyński A., Grzelka J.: *Silnik gazowy a środowisko naturalne*. V Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Silniki gazowe 2000 konstrukcja – badania – eksploatacja”. Częstochowa 2000.
- [4] Lejda K., Jaworski A.: *LNG Alternatywne paliwo przyszłościowe dla autobusów miejskich*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK. Nr 70. Kraków 1999 rok..
- [5] Wołoszyn R.: *Wykorzystanie gazu naturalnego (ziemnego) w układach zasilania silników – wybrane zagadnienia*. Ogólnopolski miesięcznik „Autobusy”, nr 1-12/2001.
- [6] Karpiński R., Skibiński F.: *Praktyczny aspekt pojęcia – pojazd ekologiczny w odniesieniu do pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 tony*. III Konferencja Badania Techniczne Pojazdów w Świetle Obowiązujących Przepisów – 2002” ITS Warszawa, Mikołajki 2002.

**Dr inż. Ryszard Wołoszyn**

Politechnika Radomska  
Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn  
Zakład Elektroniki Samochodowej  
tel/fax: (0...48) 361 76 30  
e-mail:wołosz@kiux.man.radom.pl