

## **WYKORZYSTANIE GAZU ZIEMNEGO DO NAPĘDU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

### **I. WSTĘP**

Zasadniczymi pytaniami, na które należy poszukiwać odpowiedzi dla zagadnienia opisanego tytułem niniejszej pracy są:

- Czy gaz ziemny może być paliwem do napędu pojazdów?
- Jeśli tak, to jakie są kluczowe czynniki sukcesu takiego przedsięwzięcia?

Na pierwsze z postawionych pytań odpowiedź jest pozytywna i wielokrotnie udowodniona w praktyce. W różnych krajach, w tym również w Polsce, jeżdżą pojazdy napędzane gazem ziemnym, często od wielu lat. Są to nie tylko samochody osobowe, autobusy, czy wózki widłowe. Podjęto również próby wykorzystania gazu ziemnego do napędu kutrów czy lokomotyw. Jako paliwo stosowano gaz ziemny w postaci sprężonej (do ok. 200 bar) lub skroplonej.

Aby odpowiedzieć na drugie z postawionych powyżej pytań należy rozpatrzyć problem w czterech zasadniczych aspektach:

- Jakie skutki dla gazownictwa może przynieść stosowanie na szerszą skalę paliwa w postaci gazu ziemnego?
- Jakie korzyści będzie to przynosić użytkownikom (zarówno firmom transportowym, jak i korzystającym z transportu)?
- Czy aktualne rozwiązania techniczne dotyczące pojazdów napędzanych gazem ziemnym gwarantują spełnianie oczekiwań w zakresie bezpieczeństwa, ekologii oraz wysokiej jakości użytkowej pojazdów?
- Czy proponowane rozwiązania mają uzasadnienie ekonomiczne?

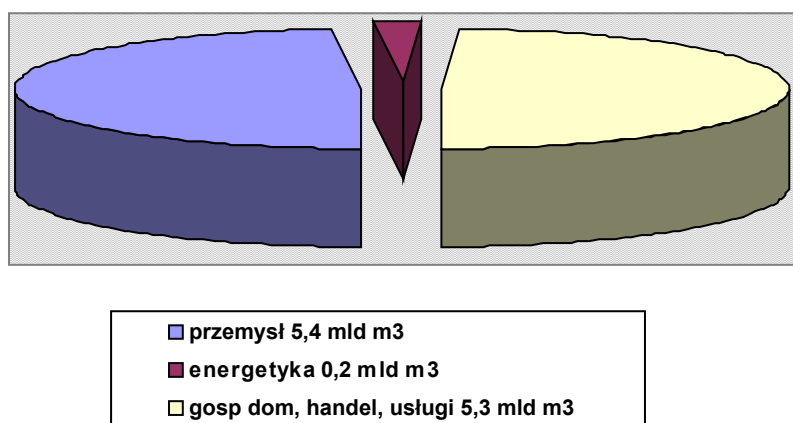
Niniejsze opracowanie stanowi próbę udzielenia odpowiedzi na powyższe kwestie.

## 2. CZYNNIKI PRZEMAWIAJĄCE ZA ROZWOJEM CNG

### *Korzyści zastosowania gazu ziemnego w pojazdach mechanicznych — z punktu widzenia gazownictwa*

Nowy segment rynku, jakim w wielu krajach staje się dla gazownictwa paliwo do napędu samochodów jest segmentem bardzo atrakcyjnym, ponieważ stwarza nowe możliwości wzrostu sprzedaży gazu ziemnego bez znaczących inwestycji.

Przykład: zapotrzebowanie na gaz ziemny dla 100 autobusów miejskich jest porównywalne z zapotrzebowaniem na gaz miejscowości o ok. 20-30 tys. mieszkańców. W tym drugim przypadku oznacza to konieczność budowy kosztownej infrastruktury dystrybucyjnej.

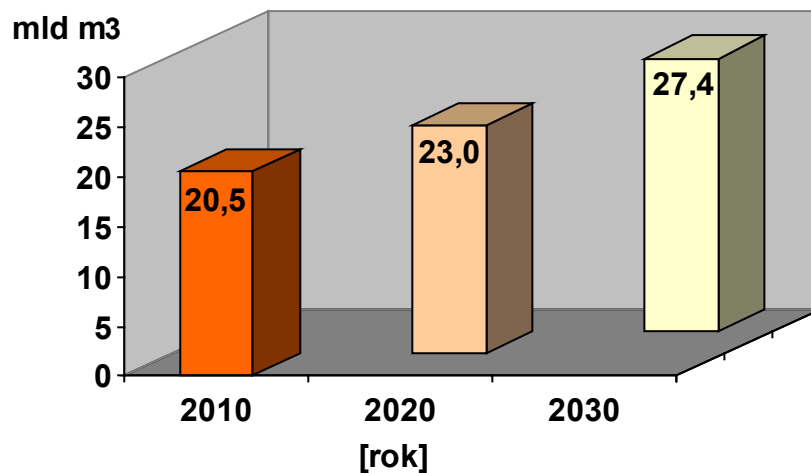


Rys. 1. Zużycie gazu ziemnego w Polsce w roku 1999 wg odbiorców

W dotychczasowych rozważaniach w Polsce na temat możliwości wykorzystania sprężonego gazu ziemnego do napędu pojazdów mechanicznych bardzo często ograniczano się do rozpatrywania takich rozwiązań dla pojazdów komunikacji masowej. A dlaczego nie mogą mieć takiego napędu inne pojazdy komunalne (tak jak np. w miastach państw UE), lokomotywy - tam gdzie nie ma trakcji elektrycznych, czy wreszcie samochody osobowe (już obecnie produkowane przez fabryki samochodów w Niemczech, Włoszech, Szwecji, Argentynie i innych krajach). To znaczenie poszerza grupę potencjalnych odbiorców

gazu, stwarzając korzystną sytuację dla dystrybutorów gazu.

Ilość gazu, którą Polska posiada, i która została zakontraktowana w dostawach z Rosji i Norwegii (a w przyszłości być może także od innych dostawców) gwarantuje pełne pokrycie zapotrzebowania w dającej się przewidzieć przyszłości.



*Uwaga: przedziały zapotrzebowania są związane ze scenariuszami intensywności rozwoju gospodarczego Polski*

**Rys. 2. Prognoza zapotrzebowania na gaz ziemny [mld m<sup>3</sup>]<sup>1</sup>**

Wszystko to powoduje, że pojawienie się nowego segmentu rynku odbiorów gazu, tj. użytkowników pojazdów napędzanych gazem ziemnym jest z punktu widzenia dostawców bardzo interesujące i będzie wspomagane przez tych dostawców.

---

<sup>1</sup> S. Rychlicki, J. Simek i in.: Aktualny stan rynku energetycznego w Polsce oraz: prognozy dalszej jego ewolucji w analizowanych scenariuszach makroekonomicznego rozwoju gospodarki, ze szczególnym uwzględnieniem gazu ziemnego jako nośnika energii. Prace niepublikowane AGH. WWiG, Kraków 2000.

## ***Korzyści zastosowania gazu ziemnego w pojazdach mechanicznych - z punktu widzenia użytkowników***

Odmienne korzyści ze stosowania powyższego rozwiązania mogą odnieść właściciele środków transportu a odmienne korzystający z tych środków transportowych.

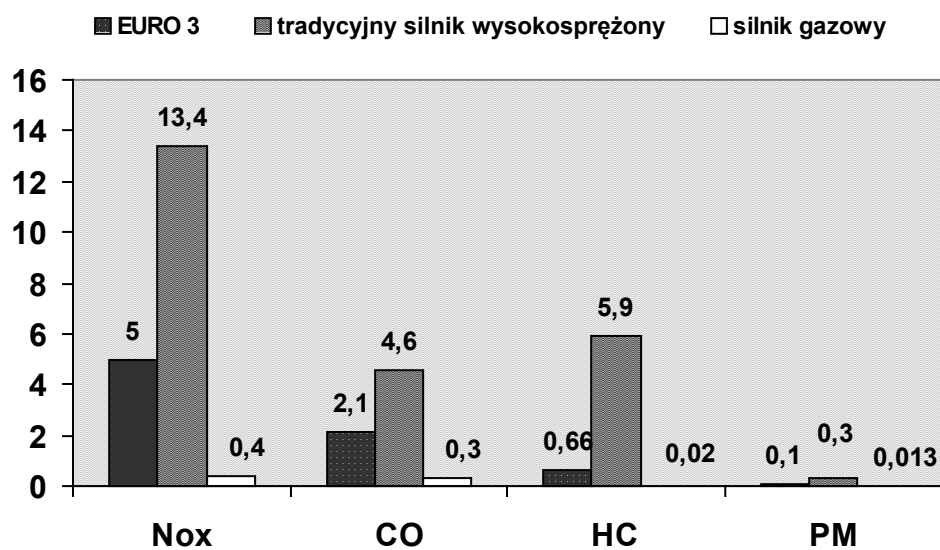
Podstawowe korzyści dla właścicieli (użytkowników) środków transportowych (czyli również komunalnych) to:

- poprawa bezpieczeństwa dostaw paliw na skutek dywersyfikacji rodzajów paliwa i w konsekwencji dywersyfikacji dostawców. Nie bez znaczenia również jest odmienny sposób transportu gazu, a mianowicie bardziej pewne dostawy gazociągami niż transportem samochodowym (jak ma to miejsce w przypadku paliw płynnych),
- silniejsza niż obecnie pozycja negocjacyjna odbiorców paliw. Obecnie monopolistyczną pozycję mają dostawcy ekologicznego paliwa dla autobusów,
- opłacalność ekonomiczna takich przedsięwzięć.

Rozpatrując takie rozwiązania w skali makro i w długim horyzoncie czasu za dywersyfikacją paliw do napędu pojazdów mechanicznych z wykorzystaniem gazu ziemnego przemawia to, iż światowe, udokumentowane zasoby gazu ziemnego wystarczą na co najmniej 70 lat, gdy tymczasem zasoby ropy naftowej na ok. 45 lat. Może to oznaczać korzystną dla gazu zmianę relacji cen w stosunku do ropy naftowej, a w konsekwencji w odniesieniu do oleju napędowego i LPG (skroplonego propanu-butanu).

Korzyści dla użytkowników środków transportowych z napędem gazowym to większy komfort jazdy (znacznie mniejsze drgania silników gazowych) oraz istotne obniżenie hałasu pracy takich silników (ok. 2÷4 dB)

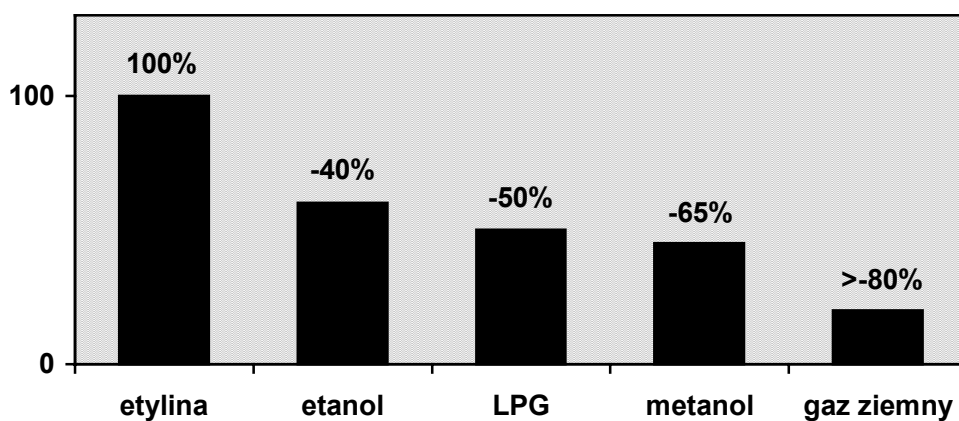
Najważniejszą korzyścią jest jednak istotne obniżenie emisji szkodliwych składników spalin w przypadku silników o napędzie gazowym. Ma to podstawowe znaczenie, zwłaszcza dla miast, gdzie ruch samochodowy jest znaczny oraz na terenach przeznaczonych dla turystyki, rekreacji czy w miejscowościach sanatoryjno-wypoczynkowych.



Łączne wartości ( $NO_x + CO + HC + PM$ )

norma EURO 3	: 7,86 g/kWh
tradycyjny silnik diesla	: > 24 g/kWh
silnik gazowy	: 0,73 g/kWh
norma EURO 4 (2005 r.)	: 5,48 g/kWh

Rys. 3. Zawartość związków toksycznych w spalinach<sup>2</sup>



Rys. 4. Zmniejszenie przyziemnego tworzenia ozonu przez paliwa alternatywne<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Wg danych Gaz de France prezentowanych na seminarium n.t.: „Sprężony gaz ziemny do napędu pojazdów komunikacji masowej”, październik 2000. Kraków (AGH. Gaz de France).

<sup>3</sup> Mat. Ruhrgas: *Zastosowanie gazu ziemnego w pojazdach mechanicznych.* \VPV 2000.

Należy wspomnieć również o tym, iż paliwo CNG jest bardziej bezpieczne niż inne znane paliwa. Np. temperatura zapłonu gazu ziemnego wynosi ok. 600°C gdy tymczasem dla:

- propanu-butanu : 430°C
- benzyny : 230°C
- ON : 220°C

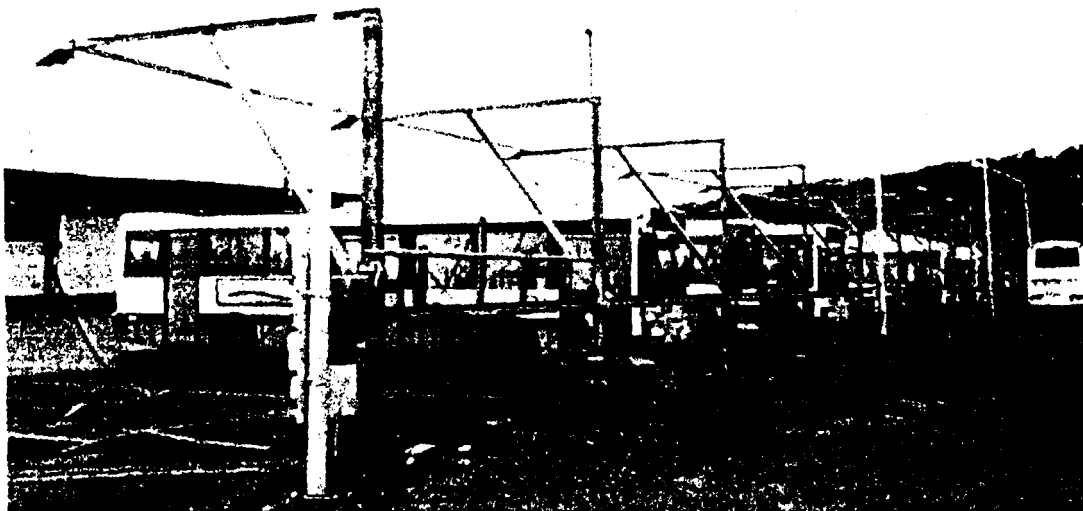
Gaz ziemny posiada gęstość 0,66 kg/m<sup>3</sup> i stąd przy jakiegokolwiek awarii natychmiast ulatnia się do atmosfery nie tworząc zagrożenia.

### **3. PRZESŁANKI TECHNICZNE STOSOWANIA POJAZDÓW NAPĘDZANYCH CNG**

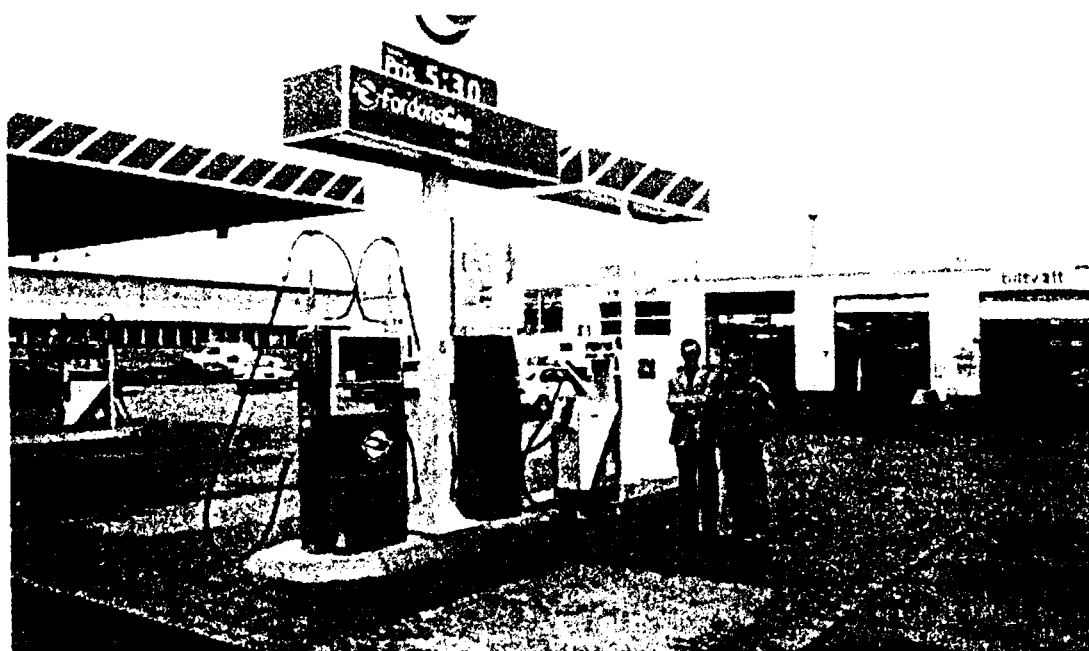
Sprawność i poziom bezpieczeństwa rozwiązań technicznych wykorzystujących sprężony gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów mechanicznych zależy od:

- sprężania gazu ziemnego do ciśnienia ok. 200 bar,
- magazynowania gazu w zbiornikach pojazdu,
- rozwiązań i jakości pracy silnika pojazdu.

Sprężanie gazu ziemnego do wymaganych ciśnień nie stanowi żadnego problemu technicznego. Na skutek poprawy jakości materiałów, z których wykonane są elementy stacji sprężania oraz unowocześnienia automatyki stacji, w ostatnim okresie nastąpiło znaczne zmniejszenie gabarytów takich stacji oraz zmniejszenie zużycia energii dla obsługi takiej stacji. Co najmniej kilka firm (m.in. z Francji, Włoch, Japonii) oferuje kontenerowe stacje sprężania, o bardzo dobrych parametrach, do zabudowy modułowej. Rozwiązania techniczne umożliwiają stosowanie powolnego tankowania pojazdów (w ciągu 4÷5 godzin) bądź szybkiego tankowania (3÷6 minut).



Fot. 1 Stacja do tankowania autobusów. Goetborg – Szwecja.



Fot. 2 Stacja do szybkiego tankowania pojazdów, Goetborg – Szwecja.

Zbiorniki na gaz ziemny, umieszczane w pojazdach są obecnie produkowane z różnych materiałów. Różnią się cenami oraz masą. Lekkie zbiorniki kompozytowe o największej wytrzymałości są rozwiązaniem najdroższym.

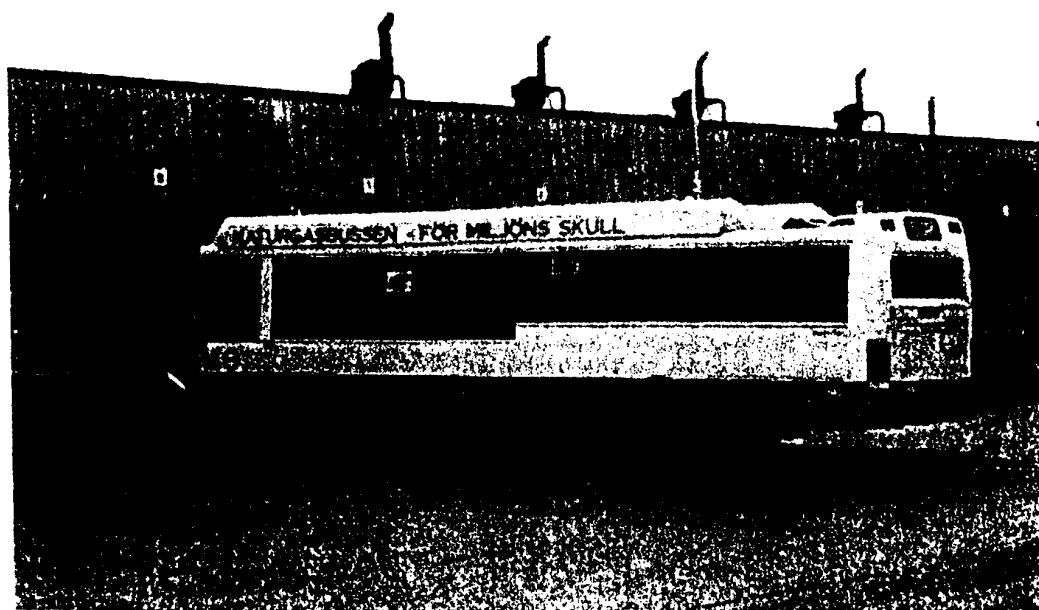
**Tab. I. Typy zbiorników CNG**

Typ zbiornika	Rodzaj materiału	Masa zbiornika na jednostkę objętości
<b>CNG-1</b>	Całkowicie ze stali	1,00
<b>CNG-2</b>	Korpus ze stopów metali lekkich, częściowo opleciony	0,77
<b>CNG-3</b>	Cienki korpus ze stopów metali, całkowicie opleciony	0,36÷0,71
<b>CNG-4</b>	Całość z materiałów kompozytowych	0,3÷0,5

Pojazdy wyposażone w silniki napędzane gazem są obecnie produkowane przez większość wytwórców pojazdów. W swojej ofercie handlowej takie pojazdy posiadają m.in. MERCEDES, VOLVO, SCANIA, MAN, RENAULT, FIAT, VOLKSWAGEN, NISSAN, TOYOTA, a w Polsce JELCZ. Oferta obejmuje zarówno autobusy jak i samochody osobowe. Postęp w tej dziedzinie spowodował, iż trwałość takich silników nie ustępuje trwałości silników wysokosprężonych, a koszty ich obsługi są podobne jak dla innych pojazdów.

Zupełnie nowe możliwości dla pojazdów CNG pojawiły się ostatnio w Kanadzie i w USA. Oferuje się tam indywidualnym odbiorcom nowe sprężarki do gazu montowane w garażach, umożliwiające napełnienie przez noc zbiornika samochodu gazem ziemnym.

Jest bardzo prawdopodobne, że takie rozwiązania w przyszłości będą stosowane również u nas.



Fot. 3 Autobus komunikacji miejskiej napędzany CNG, Goeteborg – Szwecja.





Fot. 4 Autobus komunikacji miejskiej napędzany CNG, Jokohama – Japonia.

#### 4. ASPEKTY EKONOMICZNE SUBSTYTUCJI PALIW

Podstawą wyliczeń efektywności substytucji paliw do napędu pojazdów jest różnica ceny oleju napędowego i ilości zużytego sprężonego gazu ziemnego.

Nie wchodząc na tym etapie w szczegóły techniczne związane z paliwem i procesem spalania a dotyczące wartości energetycznej paliwa, efektywności spalania w konkretnym typie silnika, mocy i obciążenia pracy silnika itp., do obliczeń należy przyjmować efektywne zużycie oleju napędowego i sprężonego gazu ziemnego wyznaczonego empirycznie dla konkretnego typu pojazdu i warunków eksploatacji.

Oprócz ceny paliwa w obliczeniach należy uwzględnić:

- różnicę w cenie pojazdów; w chwili obecnej, tj. w roku 2000, analizując ofertę rynkową producentów różnica ta wynosi ok. +14% ceny pojazdu napędzanego olejem napędowym,
- dodatkowe nakłady i koszty eksploatacji związane z wyposażeniem stacji obsługi pojazdów (wentylacja, instalacja elektryczna itp.),
- dodatkowe koszty szkolenia załogi,

przy czym nakłady i koszty związane z budową i eksploatacją stacji sprężania gazu uwzględniono w koszcie jednostkowym paliwa.

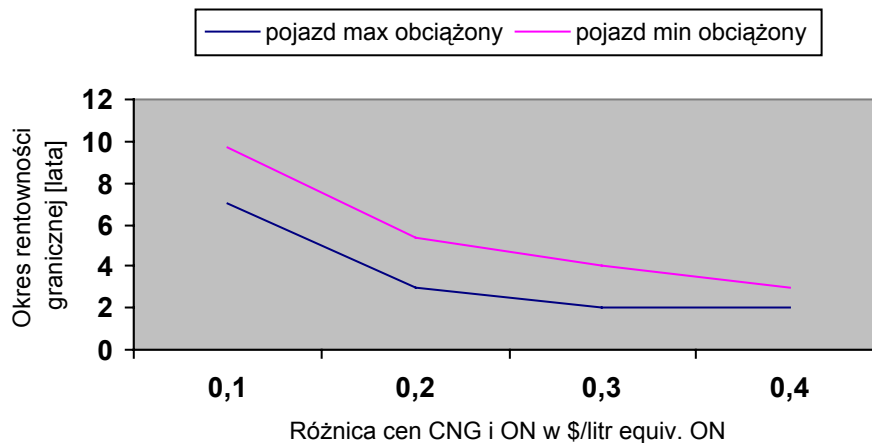
Dane literaturowe [1] przedstawiają wyniki analizy efektywności substytucji paliw do napędu pojazdów z silnikami o mocy 186÷216 kW w USA, Korei i Brazylii. Tabela poniżej przedstawia zestawienie cen paliw we wspomnianych krajach i Polsce. W cenie gazu uwzględniono całkowite koszty sprężania, tj. energię elektryczną, remonty, amortyzacja itp.

**Tab. 2. Zestawienie cen paliw w wybranych krajach**

Kraj	USA		Korea		Brazylia		Polska*	
	CNG	ON	CNG	ON	CNG	ON	CNG	ON
Paliwo								
Cena paliwa US\$/litr ekwiwalent ON	0,27	0,34	0,32	0,48	0,32	0,38	0,31	0,51
<b>Różnica</b>	<b>0,07</b>		<b>0,16</b>		<b>0,06</b>		<b>0,20</b>	

\* dane dot. Polski przyjęto na podstawie oszacowań autorów

Przy tak przyjętych danych wyjściowych dla Korei, gdzie występują zbliżone do Polski warunki cenowe, oraz koszcie kapitału wynoszącym 7% w skali roku, okres rentowności granicznej dla pojazdów napędzanych CNG przedstawia się jak niżej:



**Rys. 5 Okresy rentowności granicznej w zależności od różnicy cen paliw i obciążenia pojazdu**

Również w warunkach Polski sporządzenie rachunku ekonomicznego wg powyższych zasad daje pozytywne efekty ekonomiczne. Poniżej przedstawiono uproszczony rachunek efektywności ekonomicznej dla autobusu eksploatowanego w warunkach miejskich.

Dane wyjściowe:

- średni przebieg - 70 000 km/rok
- średnie zużycie ON - 491/100km
- średnie zużycie CNG - 66 m<sup>3</sup>/100km
- średnia cena ON - 2,20 zł/litr
- średnia cena CNG - 1,05 zł/m<sup>3</sup>

Średnioroczny efekt substytucji ON przez CNG do napędu jednego autobusu wynosi 30 380 zł. Uwzględniając różnicę cen autobusów napędzanych olejem napędowym i sprężonym gazem ziemnym, która wynosi ok. 140 tys. zł w tak uproszczonym rachunku efektywności inwestycji zwrot nastąpiłby po ok. 4 latach i 8 miesiącach.

Szczegółowe obliczenia muszą uwzględniać dodatkowe nakłady na modernizację stacji obsługi, dodatkowe koszty jej eksploatacji oraz koszty kapitału. Wspomniane dodatkowe nakłady na infrastrukturę zależą jednak od stanu technicznego posiadanej bazy i w każdym przypadku muszą być szacowane indywidualnie.

Koszty finansowe związane z przedsięwzięciem wymagają również indywidualnego potraktowania. Za bardzo prawdopodobny można przyjąć koszt kapitału w wysokości 7% (nominalnie) w skali roku. Byłyby to środki z NFOŚ, które mogą wspomagać tego typu przedsięwzięcia.

## **5. STAN I PERSPEKTYWY ROZWOJU CNG W ŚWIECIE**

Chociaż próby, i to skuteczne, z pojazdami na paliwo CNG były w kilku krajach (w tym w Polsce) prowadzone w latach powojennych, to dopiero w ostatniej dekadzie nastąpiło znaczne przyspieszenie w stosowaniu takiego rozwiązania. Stało się tak ponieważ opanowano techniczne zagadnienie stosowania CNG jako paliwa do pojazdów a z drugiej strony przyczynił się do tego wzrost cen na paliwa płynne.

Aktualnie na świecie jeździ 4,5 mln pojazdów na LPG (skroplony propan-butan) oraz ponad 1 mln pojazdów na CNG. W Polsce odpowiednio: 350 tys. - LPG i 40 pojazdów samochodowych na CNG. Najwięcej pojazdów na CNG jeździ w Argentynie (ok. 450 tys.). Wśród państw o dużej liczbie pojazdów na CNG w czołówce są Włochy (głównie samochody osobowe), Australia, Nowa Zelandia i Rosja. Najwięcej autobusów napędzanych CNG jest w Chinach (ponad 2500), USA (ponad 2000), Francji (700), Niemczech (350).

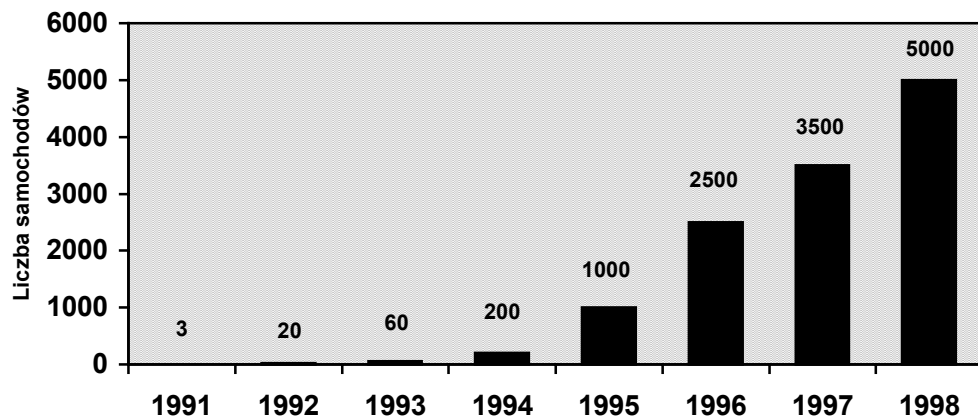
Plany rozwojowe dotyczące tego segmentu zakładają, iż w USA do roku 2010 przybędzie ok. 4 mln pojazdów na CNG oraz powstanie ponad 20 tys. stacji tankowania. W roku 2000 w Nowym Jorku

wprowadzono do użytkowania 2000 tyś. taksówek na CNG. W Pekinie w Chinach do roku 2002 ma przybyć ok. 120 tyś. „czystych” pojazdów na CNG. Podobnie Iran w najbliższych latach zamierza wprowadzić 35 tyś. taksówek i 4 tyś. autobusów na CNG.

W większości państw UE jeżdżą już pojazdy na CNG. We Włoszech dużo jest takich samochodów osobowych, a pozostałe państwa wspierają przede wszystkim komunikację masową (autobusy) oraz pojazdy komunalne z takim napędem. We Francji np. w 20 miastach są realizowane programy z CNG. Aktualnie jest takich autobusów na CNG jest również ok. 350.

W ramach programu NGVEurope obejmującego 14 miast z 7 państw (Belgia, Francja, Holandia, Niemcy, Szwecja, Irlandia, Włochy) jest wprowadzanych w tych miastach 250 autobusów na CNG, przy wsparciu finansowym UE. W niektórych krajach już obecnie stosuje się preferencje podatkowe dla „czystych” pojazdów na CNG (m.in. we Francji, Anglii, Belgii, Holandii).

Charakterystyczna dla wprowadzenia paliwa CNG do pojazdów jest znaczna dynamika tego procesu w ostatniej dekadzie. Przykładem mogą być zmiany, które nastąpiły w Niemczech (rys. 6). Wg prognoz Ruhrgas liczba takich pojazdów w Niemczech w roku 2015 może wynieść nawet 450 tyś. Tak znaczne zainteresowanie pojazdami CNG należy przede wszystkim łączyć z bardzo znacznym obniżeniem emisji szkodliwych składników spalin. To dla państw UE, USA czy Japonii jest bardzo istotne. Nie ma powodów aby inaczej było w Polsce.



**Rys. 6. Pojazdy napędzane CNG w Niemczech**

Możliwości rozwojowe dla CNG ściśle wiążą się z liczbą stacji tankowania. Wybrane informacje z tego zakresu podano w tabeli 3.

**Tab. 3. Liczba stacji tankowania CNG w wybranych państwach**

<b>Kraj</b>	<b>Liczba stacji Tankowania CNG</b>	<b>Prognozy wzrostu liczby stacji tankowania</b>
<b>USA</b>	2000	20 tyś. nowych stacji do 2010 r. do końca 2005 r. - kolejne 300  zaplanowano dalszych 170 co roku przybywać będzie ok. 20
<b>Włochy</b>	300	
<b>Kanada</b>	220	
<b>Niemcy</b>	130	
<b>Anglia</b>	100	
<b>Japonia</b>	64	
<b>Iran</b>	31	
<b>Holandia</b>	27	
<b>Czechy</b>	17	
<b>Słowacja</b>	7	
<b>Polska</b>	4	
<b>Razem na świecie**</b>	<b>ok. 4 000</b>	

\*Stacji LPG na świecie jest ok. 21 tyś. (wg Raportu Grupy Badawczej G.3 Światowego Kongresu Gazownictwa, Nicea 2000).

Polska pod względem liczby pojazdów samochodowych na CNG (40 pojazdów, w tym 18 autobusów) oraz 4 stacjami tankowania (w tym jedna uszkodzona) prezentuje się na tle innych krajów europejskich bardzo skromnie. Na początku lat 90. nasze doświadczenia były zbliżone do niemieckich (m.in. autobusy na CNG jeżdżące w Krakowie), ale obecnie znacznie odstawiamy w tej dziedzinie.

## 6. KLUCZOWE CZYNNIKI SUKCESU

1. Dostawca gazu ziemnego (PGNiG) musi aktywnie wspierać takie projekty - zwłaszcza pierwsze, które będą realizowane. Włączenie się dostawcy gazu w przedsięwzięcie oznacza dla firm transportowych zmniejszenie ich ryzyka w tych projektach.
2. Zainteresowani wprowadzeniem omawianych rozwiązań muszą prowadzić akcję uświadamiającą, wśród użytkowników by pozbyć się - mylnej zresztą - opinii o „niebezpiecznym gazie ziemnym” jednocześnie uświadomić ogromne korzyści ekologiczne ze stosowania CNG.
3. Wszyscy zainteresowani, a szczególnie organa zobowiązane do czuwania nad stanem środowiska naturalnego powinny czynić starania mające na celu mocniejsze uwzględnienie w rachunku ekonomicznym „ kosztów ochrony środowiska” np. poprzez wnioskowanie o odpowiednie regulacje podatkowe.
4. Właściciele i dysponenci pojazdów o opłacalności proponowanych rozwiązań, muszą przekonać się sami na podstawie rzetelnej i wyczerpującej analizy ekonomiczno-finansowej.

### Literatura

- 1 Leone D.M., Young R.A.: *The Impact of the Engine Control System on the Economics and Performance of Natural Gas Fuelled Heavy Duty Vehicles*, NGV 2000 - 7<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Natural Gas Vehicles, Yokohama, Japan.
- 2 Rychlicki S., Siemek J. i in.: *Aktualny stan rynku energetycznego w Polsce oraz prognozy dalszej jego ewolucji w analizowanych scenariuszach makroekonomicznego rozwoju gospodarki, ze szczególnym uwzględnieniem gazu ziemnego jako nośnika energii*, prace niepublikowane AGH, WwNiG, Kraków 2000.
- 3 Sas J., Kwaśniewski K.: *Dywersyfikacja portfela produktów PGNiG S.A. - substytucja paliw płynnych gazem ziemnym sprężonym*, materiały I Małopolskiej Konferencji Energetycznej, Tarnów 2000.