

Grzegorz DZIENISZEWSKI
Paweł KRZACZEK

EKONOMICZNE I EKOLOGICZNE ASPEKTY ZASILANIA AUTOBUSÓW MIEJSKICH GAZEM CNG NA PRZYKŁADZIE RZESZOWA

THE ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF DRIVING CITY BUSES WITH CNG GAS ON AN EXAMPLE OF RZESZÓW

Przedstawiono własności gazu CNG w aspekcie wykorzystania go do napędu autobusów miejskich. Przeprowadzono analizę ekonomiczną adaptacji autobusu z silnikiem o ZS na zasilanie gazem CNG oraz analizę ekonomiczną zakupu autobusu fabrycznie przystosowanego do zasilania gazem. Rozważono koszty eksploatacji w ujęciu kosztów paliwa oraz amortyzacji środka trwałego. Zaprezentowano spektakularne parametry proekologiczne autobusów zasilanych gazem CNG w odniesieniu do pojazdów zasilanych olejem napędowym. Wykazano ekologiczną i ekonomiczną celowość stosowania gazu CNG do napędu autobusów miejskich.

Słowa kluczowe: *paliwa zastępcze, silniki spalinowe, ekologia spalin, ekonomia przedsiębiorstw transportowych*

The CNG gas properties were presented in view of its application for driving city buses. An economical analysis was carried out of an adaptation of a bus with a ZS engine for feeding with CNG gas as well as an economic analysis of a purchase of a bus originally constructed for gas feeding. Exploitation costs were considered concerning both the fuel costs and allowance for depreciation of the capital assets. Spectacular pro-ecological parameters were presented for the buses fed with CNG gas compared to the vehicles fed with engine oil. The ecological and economic efficiency of using CNG gas for driving city buses was proved.

Keywords: *alternative fuels, combustion engines, exhaust fumes ecology, transport companies economy.*

1. Wprowadzenie

Postępujący wzrost zanieczyszczeń pochodzących ze spalin silnikowych, spowodował konieczność poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie zasilania silników spalinowych. W latach osiemdziesiątych rozwinął się rynek paliw gazowych skroplonych propan-butan, natomiast w latach dziewięćdziesiątych zarysował się wzrost zainteresowania innym paliwem silnikowym - gazem ziemnym.

Zainteresowanie w Polsce autobusami miejskimi zasilanymi gazem CNG wyraźnie wzrosło, od kiedy w Rzeszowie pojawiły się pierwsze nowe autobusy niskopodłogowe zasilane sprężonym gazem ziemnym.

1. Introduction

The growing pollution from engine fumes has brought about a necessity of looking for new solutions as to combustion engines feeding. In the eighties a market developed for propane-butane liquid gas fuels, and in the nineties an interest grew in another kind of engine fuel: natural gas.

In Poland there has been a clear growth of interest in city buses fed with CNG gas since the first new low-floor buses fed with compressed natural gas appeared in Rzeszów. This fact has created a new market in our country, as the capital of Podkarpacie has ordered more vehicles fed with CNG and some other Polish

Spowodowało to powstanie nowego segmentu rynkowego w naszym kraju, gdyż stolica Podkarpacia zamawia kolejne pojazdy napędzane CNG, a do ich zakupu przycierają się także kilka innych polskich miast, w tym takie metropolie, jak Łódź, Kraków czy Warszawa.

2. Cel i zakres

Celem pracy jest wykazanie proekologicznych aspektów zasilania pojazdów gazem CNG, wykazanie ekonomicznej opłacalności stosowania paliw zastępczych w silnikach trakcyjnych, zaprezentowanie doświadczeń wynikających z kilkuletniej eksploatacji autobusów miejskich zasilanych gazem CNG oraz wskazanie na celowość tego typu przedsięwzięć.

Zakres pracy obejmuje analizę właściwości gazu CNG pod kątem stosowania do celów trakcyjnych, analizę ekonomiczną i ekologiczną związaną z zasilaniem autobusów miejskich gazem CNG oraz ocenę możliwości wdrażania paliw gazowych w przedsiębiorstwach transportowych.

3. Etapy wdrażania zasilania CNG w MPK Rzeszów

MPK Rzeszów, mając na uwadze różne czynniki sprzyjające rozwojowi napędu alternatywnego jakim jest gaz CNG, zdecydowało się na zakup nowych autobusów niskopodłogowych Jelcz M125 M/4 zasilanych CNG, obecnie posiada ich 10.

Celem szybszego rozpoczęcia eksploatacji autobusów zasilanych CNG MPK Rzeszów, zdecydowało się na modernizację 2 szt. autobusów Jelcz 120 M. W celu przystosowania autobusów do zasilania gazowego, należało dokonać zmian w kratownicy autobusu w celu późniejszego zamontowania butli gazowych oraz dokonać wymiany silnika wraz z osprzętem. Zdecydowano się na zakup kompletnych, fabrycznie nowych silników, w cenie 80 000 zł za szt. Jelcz 120 M posiada silnik MD 111 M6 o pojemności 11.1 dm³ i mocy 152 kW (198 KM). Autobus został wyposażony w 10 szt. stalowych butli, które posiadają pojemność wodną 675 litrów, co pozwala na zmagazynowanie ok. 150 m³ gazu. Taka pojemność butli jest w tych autobusach nieco za mała, pozwala bowiem przejechać ok. 300 km po jednym tankowaniu, co w warunkach Rzeszowa stanowi ograniczenie w planowaniu pracy autobusów i ich intensywnego wykorzystania. Autobusy Jelcz M125 M/4 CNG kupiono w drodze przetargu, który wygrała firma Polskie Autobusy. Koszt zakupu 5 autobusów wyniósł 3 800 tysięcy zł netto [MPK Rzeszów].

Jelcz M125 M/4 CNG posiada wolnossący silnik - MAN E 2866 DUH03, rzędowy, 6 cylindrowy, z zapłonem iskrowym, pojemność 11,97 dm³, moc 185 kW (245 KM) przy 2200 obr/min, moment obrotowy 860 Nm przy 1000 obr/min. Pojemność wodna butli CNG

cities, including the great ones like Lodz, Cracov or Warsaw are thinking about the same.

2. Aim and scope

The paper aims at proving the pro-ecological aspects of CNG gas-fed vehicles, as well as the economic efficiency of using alternative fuels in traction engines, presenting the experience of a couple of years' exploitation of city buses fed with CNG gas and pointing out at the advantages of this kind of experiments.

The scope of the paper includes an analysis of CNG gas properties in view of its application for traction purposes, an economic and ecological analysis of using CNG gas for city buses feeding as well as an evaluation of the possibility of gas fuels introduction to transport companies.

3. Phases of CNG feeding introduction to MPK Rzeszów

After considering different aspects favourable for the development of an alternative driving agent, like CNG, the MPK Rzeszów decided to purchase new low-floor buses Jelcz M125 M/4 fed with CNG, and at the moment they own 10 such buses.

In order to start more promptly the exploitation of CNG fed buses, MPK Rzeszów has decided to modernize 2 Jelcz 120 M buses. To adapt the buses for gas feeding the bus racks had to be adjusted for fixing gas bottles in them and the engines with the accompanying equipment had to be replaced. The decision was taken to buy complete, brand new engines for 80 000 PLN each. Jelcz 120 M has got an MD engine 111 M6 with the capacity 11.1 dm³ and power 152 kW (198 MH). The bus was equipped with 10 steel bottles of water capacity 675 litres each, which allows for the storage of 150 m³ of gas. This bottle capacity is a bit too small for these buses, as it only allows for driving 300 km after one filling, which in the Rzeszów conditions negatively affects the planning of the buses work and their effective exploitation. The buses Jelcz M125 M/4 CNG were bought by tender won by the company Polskie Autobusy. The purchase cost of 5 buses was 3 800 PLN nett [MPK Rzeszów].

Jelcz M125 M/4 CNG has got a slow-suction, row engine – MAN E 2866 DUH03 with 6 cylinders and a spark ignition. Its capacity is 11.97 dm³ and the power is 185 kW (245 MH) at 2200 rpm, the torque is 860 Nm at 1000 rpm. The water capacity of the CNG bottle is 1340 l (ca 260m³ of gas compressed to 25 MPa) which is enough for the whole day's exploitation of the bus in city conditions, i.e. ca 400 km.

wynosi 1340 l (około 260 m³ gazu sprężonego do 25 MPa) co wystarcza na całodzienną eksploatację autobusu w warunkach miejskich, czyli na ok. 400 km.

4. Podstawowe właściwości gazu ziemnego jako paliwa do celów trakcyjnych

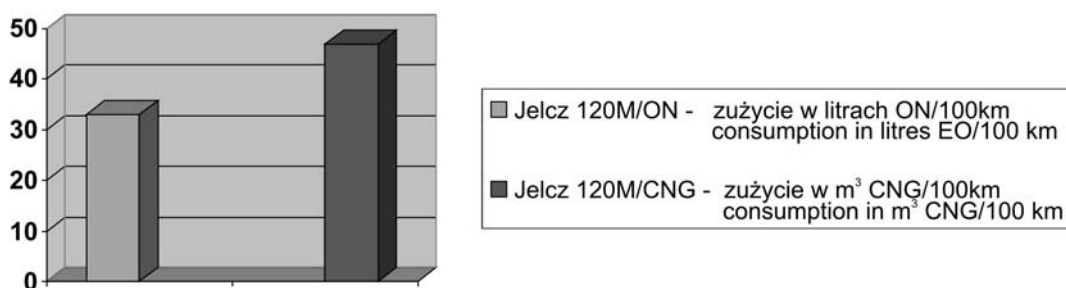
Gaz ziemny jako paliwo silnikowe wykorzystywane jest w dwóch odmianach – jako gaz ziemny sprężony (CNG) oraz jako gaz ziemny skroplony (LNG). Trudności w otrzymaniu, magazynowaniu i transporcie skroplonego gazu ziemnego powodują, że obecnie bardziej dynamiczny rozwój ma miejsce przy zasilaniu paliwem CNG.

Gaz ziemny składa się w większości z metanu (nawet do 98%), stąd jest zaliczany do paliw ekologicznych, co należy rozumieć jako: wyeliminowanie cząstek stałych, zmniejszenie emisji HC o ponad 90%, zmniejszenie emisji NOx i CO o ponad 70%, zmniejszenie emisji CO₂ o ok. 25% [Burzyński 1989].

Istotne, że paliwo CNG jest bardziej bezpieczne niż inne znane paliwa. Wynika to z wysokiej temperatury zapłonu, wąskiego przedziału, w którym gaz ziemny jest palny jako mieszanina z powietrzem oraz niskiej gęstości powodującej ulatnianie się tego gazu do atmosfery.

5. Analiza ekonomiczna dla Rzeszowa - dyskusja

Z bilansu ekonomicznego MPK Rzeszów z lutego 2005 wynika, że gaz ziemny jako paliwo, w postaci sprężonej kosztuje na rzeszowskiej stacji średnio 1,04 zł/m³, olej napędowy natomiast kosztuje 2,40 zł/l. Jest zatem istotne wyjaśnienie problemu jak szybko taka różnica w kosztach zakupu paliwa, zniweluje większy koszt zakupu nowego autobusu CNG. Nowy autobus na paliwo CNG, w tym przypadku Jelcz M 125 M/4 CNG kosztuje około 800 tys. zł., czyli o około 150 tys. więcej niż autobus zasilany olejem napędowym [MPK Rzeszów]. Ocena celowości inwestycji zależy od przebiegu jaki pojazd wykonuje. Porównanie zużycia paliwa przez autobus Jelcz 120M-CNG i autobus Jelcz 120M-ON z silnikiem ZS zasilanym olejem napędowym przedstawia rys. 1, natomiast wyniki ekonomiczne związane z wydatkami na paliwo przedstawia rys. 2.



Rys. 1. Zużycie CNG i ON dla określonego typu autobusu Jelcz 120M

Fig. 1. Consumption of CNG and EO for a particular type of the Jelcz 120M bus

4. The basic properties of natural gas as traction fuel

Natural gas is exploited as engine fuel in two varieties – as compressed natural gas (CNG) and as liquid natural gas (LNG). Difficulties in obtaining, storing and transporting liquid natural gas have resulted in a more dynamic development of the CNG fuel feeding.

Natural gas is composed mostly of methane (even up to 98 %), hence it is regarded as ecological fuel, which should be understood as: eliminating solid particles, decreasing HC emission by over 90%, decreasing NOx and CO by over 70%, decreasing CO₂ emissions by ca 25% [Burzyński 1989].

It is important that CNG fuel is safer than other known fuels. It results from the high ignition temperature, a narrow range in which the natural gas is flammable as a mixture with air and the low density which causes its evaporation into the atmosphere.

5. An economic analysis for Rzeszów – discussion

From the economic balance of the MPK Rzeszów from February, 2005 it follows, that the natural gas as a fuel in compressed form at a Rzeszów petrol station costs 1.04 PLN/m³ on average, and engine oil costs 2.40 PLN/l. Thus, it is important to find out how fast this difference in the fuel purchase costs will depreciate the higher purchase cost of a new CNG bus. A new CNG driven bus, in this case the Jelcz 125 M/4 CNG costs about 800 thousand PLN, i.e. ca 150 thousand more than a bus fed with engine oil [MPK Rzeszów]. An evaluation of the investment's efficiency depends on the vehicle's mileage. A comparison of fuel consumption by a Jelcz 120M-CNG bus and a Jelcz 120M-EO (Engine Oil) bus with a ZS engine fed with engine oil is presented in Fig. 1, and the economic results connected with the fuel costs are presented in Fig. 2.

Analizując zestawienie z rys. 2 widać, że różnica jest wyraźna i wynosi 35,12 zł. Nakłady na przeróbkę autobusu ON na CNG wynosiły 190 tys. zł, stąd koszt tej modernizacji zwróci się po przejechaniu ok. 541 tys. km.

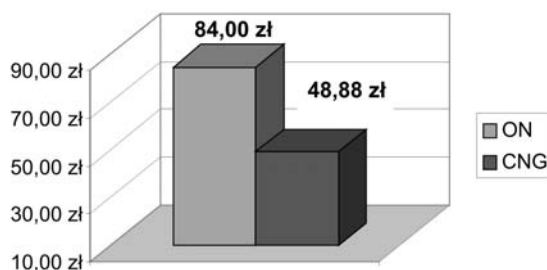
Porównanie zużycia paliwa dla autobusu Jelcz M125M/4-CNG i autobusu Solaris z silnikiem MAN M125 zasilanym olejem napędowym przedstawia rys. 3, natomiast kosztów paliwa dla obu systemów zasilania rys. 4.

W tym przypadku różnica na korzyść autobusu zasilanego CNG wynosi 27,44zł czyli oszczędności są o około 8 zł niższe niż w przypadku modernizowanych Jelczy 120 M. Okres zwrotu inwestycji dla autobusu CNG, tak by zniwelować cenę zakupu autobusu na gaz ziemny większą o ok. 150 tys zł, mierzony przebiegiem wynosi 546 tys. km. Należy zauważyć, że dla Jelcza 120 M przebieg ten wynosił 541 tys. km.

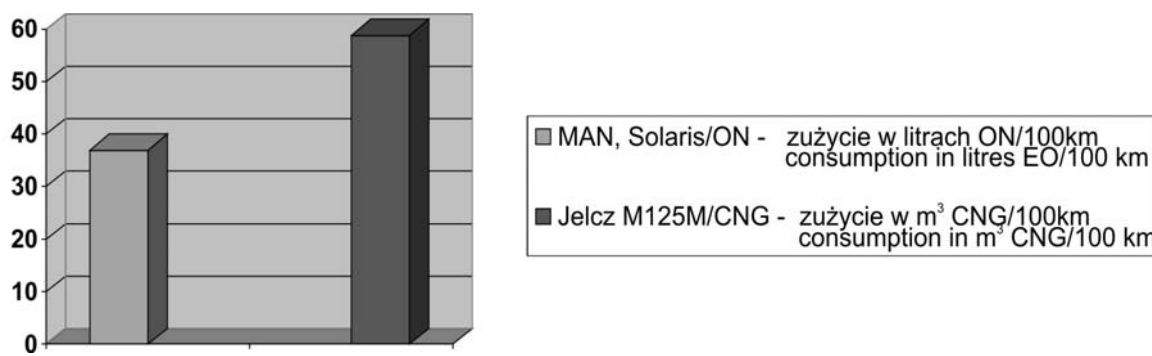
While analyzing the chart in Fig. 2. a clear difference can be seen of 35,12 PLN. The expenses on the adaptation of an EO bus to a CNG one amounted to 190 thousand PLN, so the modernization costs will be returned after ca 541 km mileage.

Fig. 3. presents a comparison of fuel consumption for a Jelcz M125M/4-CNG bus and a Solaris bus with an engine MAN M125 fed with engine oil. Fig. 4. presents a comparison of fuel costs for the two above-mentioned feeding systems.

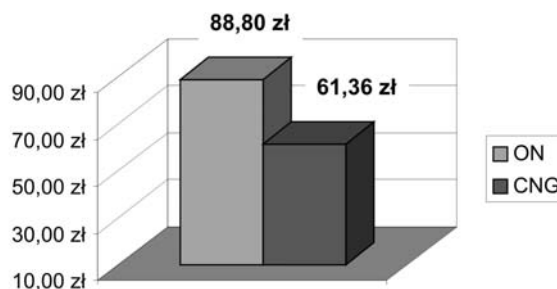
In this case the difference to the advantage of the bus fed with CNG is 27,44 PLN, which means that the gain is ca 8 PLN lower than in the case of the modernized Jelcz 120 M buses. The investment's return time for a CNG bus needed for the depreciation of the price of a natural gas driven bus, which is ca 150 thousand PLN higher, measured by a mileage, is 546 thousand km. It should be noticed that for a Jelcz 120



Rys. 2. Koszty przejazdu 100 km dla autobusu Jelcz 120M w przypadku zasilania ON i CNG
Fig. 2. The cost of 100 km run for a Jelcz 120M bus when fed with EO and CNG



Rys. 3. Zużycie CNG i ON dla silnika MAN M125 zabudowanego w autobusie Jelcz i Solaris
Fig. 3. Consumption of CNG and EO for an engine MAN M125 built in a bus Jelcz and Solaris



Rys. 4. Koszty przejazdu 100 km dla autobusu z silnikiem MAN M125 w przypadku zasilania ON i CNG
Fig. 4. The cost of 100 km run for a bus with an engine MAN M125 when fed with EO and CNG

Różnica wynosi tylko 5 tys. km na korzyść Jelcza 120 M. Wpływa na to koszt modernizacji Jelcza 120 M, który wyniósł ok. 190 tys. zł. Reasumując - okres zwrotu jest prawie identyczny, a przy tym decydując się na autobus Jelcz M125 M/4 CNG dysponuje się autobusem fabrycznie nowym z pełnym resursem. Rozważając relację pomiędzy ceną gazu określoną w taryfie na 1,04zł za m³ a ceną oleju napędowego, która w poprzednim roku zdecydowanie wzrosła, koszty bieżącej eksploatacji autobusu gazowego są niższe o ok. 30 - 35 zł/100 km. W 2004r., przy przebiegu łącznym „autobusów gazowych” 240 000 km, oszczędność w kosztach paliwa wyniosła ok. 82 000 zł. Szacunkowe dane wskazują, że w roku bieżącym oszczędności z tego tytułu wyniosą ok. 225 tys. zł, w zależności od kształtowania się cen paliw. Przykładową kalkulację kosztów wynikających z amortyzacji pojazdów i zużycia paliwa przedstawia w tabeli 1.

6. Analiza ekologiczna dla Rzeszowa - dyskusja

Miasto Rzeszów zajmuje stosunkowo niewielką powierzchnię, nieco ponad 50 km² i jest jednym z bardziej zagęszczonych miast w Polsce. Stąd też problem zanieczyszczenia środowiska, w tym szczególnie zanieczyszczenia powietrza składnikami spalin i ha-

M this mileage was 541 thousand km. The difference is only 5 thousand km to the advantage of a Jelcz 120 M. It affects the cost of a Jelcz 120 M modernization, which amounted to ca 190 thousand PLN. Summing up – the return time is almost identical, moreover while choosing a Jelcz M125 M/4 CNG bus one gets a brand new bus with a full provider’s service. While considering the relation between the gas price determined in the tariff as 1.04 PLN for 1 m³, and the engine oil price which has risen substantially last year, the running exploitation costs of a gas-fed bus are lower by ca 30-35 PLN /100 km. In 2004, with the joint mileage of the ‘gas buses’ 240 000 km, the gain in the fuel costs amounted to ca 225 thousand PLN, depending on the current fuel price. An exemplary calculation of the costs resulting from vehicle depreciation and fuel consumption is presented in Table 1.

6. An ecological analysis for Rzeszów – discussion

The town of Rzeszów is relatively small in area: slightly above 50m², and is one of the more condensed Polish towns. Hence the problem of environmental pollution, especially air pollution with exhaust fumes

Tabela 1. Przykładowe koszty zakupu pojazdów i zużycia paliwa dla autobusów ON i CNG [MPK Rzeszów]
Table 1. Exemplary costs of vehicle purchase and fuel consumption for the buses ON and CNG [MPK Rzeszów].

| | ON | | CNG | |
|---|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | Amortyzacja 5 lat | Amortyzacja 10 lat | Amortyzacja 5 lat | Amortyzacja 10 lat |
| korzyści kapitałowe: | | | | |
| - zakup | 610.000 zł | 610 000 zł | 760 000 zł | 760 000 zł |
| - amortyzacja (liniowa) | 122 000 zł/rok | 61 000 zł/rok | 152 000 zł/rok | 76 000 zł/rok |
| - oprocentowanie kapitału (stopa procentowa 7%) | 21 350zł/rok | 21 350 zł/rok | 26 600 zł/rok | 26 600 zł/rok |
| koszty kapitałowe: | | | | |
| - w odniesieniu do 70.000 km | 143 350 zł/rok | 82 350 zł/rok | 178 600 zł/rok | 102 600 zł/rok |
| - w odniesieniu do 1 km | 2,05 zł/km | 1,18 zł/km | 2,55 zł/km | 1,47 zł/km |
| zużycie paliwa: | | | | |
| - ON | 37 l/100 km | | 56 m ³ /100 km | |
| - CNG | | | | |
| koszty Diesla | | | | |
| - cena ON | 2,51 zł/l | | | |
| - opłata z tyt.ochrony środowiska | 0,01 zł/l | | | |
| - koszty (bez VAT) | 2,52 zł/l | | | |
| koszty gazu ziemnego | | | | |
| - cena gazu ziemnego (bez VAT) | | | 1,00 zł/Nm ³ | |
| koszty paliwa | | | | |
| - w odniesieniu do 70.000 km | 65 258 zł/rok | | 39 200 zł/rok | |
| - w odniesieniu do 1 km | 0,93 zł/km | | 0,56 zł/km | |
| Koszty łączne zakupu i zużycia paliwa w odniesieniu do: | | | | |
| - przebiegu rocznego 70 000 km | 208 608 zł/rok | 147 618 zł/rok | 217 800 zł/rok | 141 800 zł/rok |
| - 1 km | 2,98 zł/km | 2,11 zł/km | 3,11 zł/km | 2,03 zł/km |

łasem, jest bardzo istotnym zagadnieniem, mającym duży wpływ na jakość życia mieszkańców miasta.

Silniki napędzane gazem ziemnym wykazują bardzo niski poziom emisji szkodliwych substancji w spalinach, w tym także cząstek stałych. Ponadto zastosowanie zapłonu iskrowego powoduje zmniejszenie ciśnienia w obiegu termodynamicznym silnika, co przyczynia się do redukcji hałasu wytwarzanego przez silnik [Piekarski, Dzieniszewski 2004]. Jest to istotne zwłaszcza w gęstej zabudowie miast (jaką prezentuje np. Rzeszów). Prowadzone badania potwierdzają zmniejszenie poziomu hałasu dla pojazdów grupy NGV (Natural Gas Vehicles) w granicach 1-3 dB. Dzięki zastosowaniu paliwa CNG do napędu autobusów miejskich w Rzeszowie w 2004 roku, zmniejszyła się znacznie uciążliwość wynikająca z poziomu hałasu, ponadto do otoczenia zostało wyemitowane znacznie mniej zanieczyszczeń, tabela 2, rys. 5.

contents and noise becomes a crucial one, affecting the quality of the inhabitants' life.

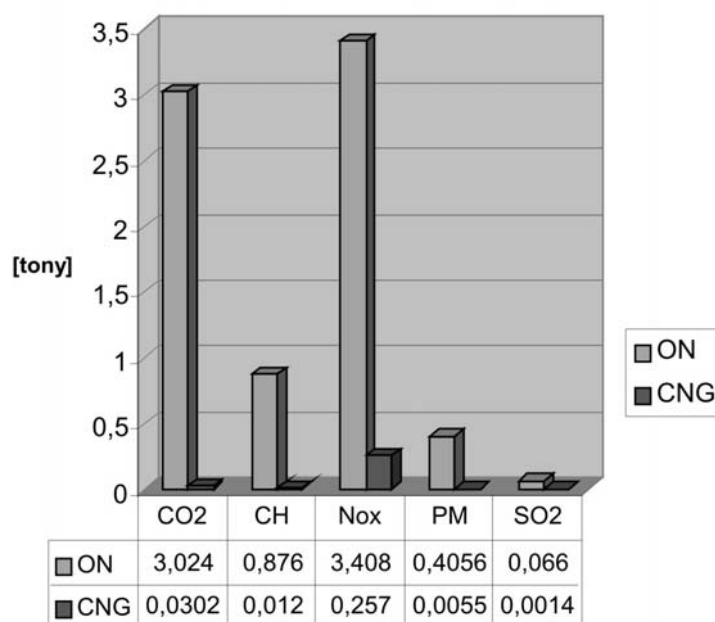
Engines driven with natural gas show a very low level of harmful gases and solid particles emission in fumes. Moreover, the use of spark ignition results in lowering the pressure in the thermodynamic system of an engine, which reduces the level of engine noise [Piekarski, Dzieniszewski, 2004].

It is important especially in densely built towns, like Rzeszów. The current research confirms the lowering of noise level for the vehicles from NGV group (Natural Gas Vehicles) in the range 1-3 dB. Thanks to an application of CNG fuel for driving the Rzeszów city buses in 2004, the disadvantage connected with noise level was noticeably reduced, moreover the emissions of pollutants dropped significantly (Table 2, Fig.5).

Tabela 2. Szacunkowa ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do atmosfery
Table 2. The estimated quantities of pollutants emitted to the atmosphere

| Ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do powietrza przy przebiegu autobusów 240 000 km [dane w tonach] | | | |
|---|----------------------|-----------------------|---------|
| Rodzaj zanieczyszczeń | Autobusy zasilane ON | Autobusy zasilane CNG | Różnica |
| CO ₂ | 3,024 | 0,030 | 2,994 |
| HC | 0,876 | 0,012 | 0,864 |
| NO _x | 3,408 | 0,257 | 3,151 |
| PM | 0,4056 | 0,0055 | 0,4001 |
| SO ₂ | 0,0660 | 0,0014 | 0,0646 |

Ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery dla autobusów zasilanych ON i CNG



Rys. 5. Porównanie ilości zanieczyszczeń z silnika zasilanego ON i CNG dla 240 tys. kilometrów przebiegu
Fig. 5 Comparison of pollutants quantities from an EO fed engine and a CNG fed engine for 240 000 mileage

7. Podsumowanie i wnioski

Zalety proekologiczne zmiany systemu zasilania autobusów miejskich z oleju napędowego na zasilanie gazem ziemnym, mają wielopłaszczyznowy charakter. Redukcji ulega poziom hałasu i prawie całkowicie eliminuje się toksyczne składniki spalin.

Również czynniki ekonomiczne potwierdzają celowość tego rodzaju zmian. Przeprowadzone analizy ekonomiczne dowodzą, że okres zwrotu powiększonych nakładów na autobus CNG wynosi 5 lat, co można przełożyć w warunkach Rzeszowa na 500 tys. kilometrów przebiegu. Okres zwrotu zależy więc wyłącznie od intensywności użytkowania pojazdu. Zakup i eksploatacja 5 szt. autobusów gazowych i ich uzupełnienie jednym zamortyzowanym autobusem starszego typu, daje takie analogiczne koszty amortyzacji jak zakup za podobną kwotę i eksploatacja 6 szt. nowych autobusów z silnikami Diesla

8. References

- [1] Burzyński L.: *Spalinowe silniki tłokowe zasilane paliwami gazowymi*, Silniki Spalinowe 1989, nr 2-3.
- [2] Piekarski W., Dzieniszewski G.: *Analiza możliwości doładowania silnika o ZI zasilanego gazem LPG*, Eksploatacja i Niezawodność, 1/2004.
- [3] Materiały MPK Rzeszów, 2001-2005.

7. Conclusions

Pro-ecological advantages of the change in the city buses driving system from engine oil to natural gas have a complex character. The level of noise is reduced and toxic fumes contents are almost completely eliminated.

Also economic factors confirm the profitability of this kind of change. The carried out economic analyses prove that the return period of the increased investments on a CNG bus amounts to 5 years, which in the Rzeszów conditions can be expressed as 500 km of mileage. The return period then depends only on the intensity of a given vehicle's exploitation. A purchase and exploitation of 5 gas-driven buses and supplementing them with one depreciated bus of an older type gives analogical depreciation costs as a purchase for a similar price and exploitation of 6 new buses with a Diesel engine.

Dr inż. Grzegorz DZIENISZEWSKI

Instytut Techniki

Uniwersytet Rzeszowski

Al. Rejtana 16A

35-959 Rzeszów

e-mail: twp@poczta.onet.pl

Mgr inż. Paweł KRZACZEK

Akademia Rolnicza w Lublinie

Katedra Energetyki i Pojazdów

ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

e-mail: pawel.krzaczek@ar.lublin.pl
