

Maciej Gis

maciej.gis@its.waw.pl.pl; nr ORCID: 0000-0001-7073-5334

Piotr Wiśniowski

piotr.wisniowski@its.waw.pl.pl; nr ORCID: 0000-0003-2491-4432

Instytut Transportu Samochodowego, Centrum Ochrony Środowiska

Ekologiczne aspekty zasilania silników gazowym paliwem LPG

Ecological aspects of replacing the engines with gas LPG

Obniżenie emisji CO₂ stanowi wyzwanie dla Europy i Świata. Krytyczną wartością jest wzrost średniej temperatury o 1,5 st. C. Transport jest odpowiedzialny za 20–25% emisji dwutlenku węgla. W Polsce znaczącą grupę pojazdów stanowią pojazdy z silnikami zasilanymi dwupaliwowo (benzyna + LPG). Autorzy referatu skupili się na problemie emisji dwutlenku węgla z pojazdów osobowych, których silniki zasilane były gazowym paliwem LPG.

Słowa kluczowe: emisja CO₂, instalacja LPG, hamownia podwoziowa, cykl jezdny, NEDC

Reducing CO₂ emissions is a challenge for Europe and the world. The critical value is an increase in the average temperature of 1.5 deg. C. Transport is responsible for 20-25% of carbon dioxide emissions. In Poland, a significant group of vehicles has dual fuel engines (petrol + LPG). The paper's authors focused on the issue of carbon dioxide emissions from passenger vehicles whose engines were powered by LPG gas.

Keywords: CO₂ emission, LPG, chassis dynamometer, driving cycle, NEDC

WSTĘP

Według Organizacji Narodów Zjednoczonych około 55% ludzkości świata żyje w obszarach miejskich. Odsetek ten ma wzrastać i do 2050 roku osiągnąć poziom 68%. Tak duży napływ do miast oznacza szereg wyzwań [1] spośród których można wymienić m.in. rosnący problem zwiększającej się liczby pojazdów zakupywanych w Polsce. Według [2] liczba pojazdów w Polsce w 2017 roku wynosiła 29 149 178 sztuk. W porównaniu do roku 2007 jest to o 49,7% więcej. Średnia wieku pojazdów w Polsce wynosi natomiast 12 lat [3]. Dodatkowo w 2018 roku do Polski sprowadzonych został ponad milion pojazdów używanych [4]. Jest to powód coraz gorszej jakości powietrza w miastach.

Dyrektywa NEC obliguje Polskę do poprawy jakości powietrza. Jednak poza emisją zanieczyszczeń takich jak PM_{2,5} czy NO_x, problemem jest także emisja substancji wpływających na efekt cieplarniany. Głównym wyzwaniem dla świata jest niedopuszczenie do sytuacji, w której średnia temperatura podniesie się o 1,5 stopnia Celsjusza. Jest to jeden z powodów, dla których Komisja Europejska w dniu 8 listopada 2017 roku, przedstawiła

wniosek określający nowe normy emisji dwutlenku węgla po 2020 roku, w przypadku pojazdów osobowych oraz ciężarowych do 3,5 tony. We wniosku określone zostały również propozycje zachęt dla produkcji pojazdów bez emisyjnych i niskoemisyjnych [6].

Według zawartych we wniosku zapisów, w okresie 2020–2021r. średnia emisja drogowa CO₂ powinna wynieść dla wszystkich nowych samochodów osobowych danego producenta 95 g/km CO₂. Odpowiada to zużyciu paliwa 4,1 dm³/100 km w przypadku pojazdów z silnikami benzynowymi i 3,6 dm³/100 km dla aut z wysokoprężnymi jednostkami napędowymi [6].

We wniosku określono również dalszy plan. W okresie 2015–2021 zmniejszenie emisji dwutlenku węgla powinno wzrosnąć od 18 do 40% w porównaniu do roku 2017. Zapisano w nim również, że do 2025 roku emisja CO₂ powinna być o 15% mniejsza niż w 2021 roku, w odniesieniu do samochodów osobowych, jak i lekkich samochodów ciężarowych, a w 2030 roku powinna być o 30% mniejsza niż w 2021 roku [6].

W Europie pojazdy ciężkie generują około 5% ogółu gazów cieplarnianych. Jednak w sektorze transportu udział wykorzystywania samochodów ciężarowych wynosi 75%. To sprawia, że redukcja emisji substancji szkodliwych z pojazdów ciężkich jest istotna. Warto również zaznaczyć, że od 1965 roku, producenci pojazdów ciężarowych zmniejszyli zużycie paliwa, a tym samym emisję dwutlenku węgla o 60% [6].

1. EMISJA CO₂ W EUROPIE Z POJAZDÓW OSOBOWYCH

Sytuacja w Europie pod względem emisji CO₂ nie jest niepokojąca, jednak niepokojący może być trend wzrostu emisji CO₂ jaki można zaobserwować na przestrzeni ostatnich dwóch lat. Według [7] całkowita, średnia emisja CO₂ wzrosła o 2,4 g/km do poziomu 120,5 g/km w 2018 r. Jest to największa średnia z ostatnich czterech lat. Analiza przeprowadzona przez [7] objęła 23 rynki w Europie i wykazała bezpośrednią korelację między rejestracjami samochodów z silnikiem diesla, a średnią emisją CO₂ [7].

Wraz ze wzrostem negatywnego postrzegania silników z ZS przez społeczeństwo, w połączeniu z nowymi regulacjami rządowymi, takimi jak WLTP i kontrolą rodzaju paliwa, popyt na olej napędowy spadł o 18% w 2018 r. [7, 11].

Całkowita wartość emisji CO₂ malała od 2007 r., ale w 2016 r. zaczęła wzrastać, ponieważ spadek zmniejszył się z -4,1 g/km w 2015 r. do -1,4 g/km. Jednocześnie wzrost sprzedaży samochodów z silnikiem z ZS zmniejszył się z + 7% do + 1%. Tendencja ta została potwierdzona w 2017 r., kiedy pierwszy średni wzrost emisji CO₂ w latach wyniósł 0,3 g/km, a spadek popytu na samochody z silnikiem diesla wyniósł 8%. W ubiegłym roku

zaobserwowano jeszcze większe różnice w popycie na pojazdy wyposażone w jednostki napędowe zasilane olejem napędowym (–18%) i wzrost emisji CO₂ (+2,4 g/km) [7].

2. INSTALACJA LPG W POLSCE

Polska niezmiennie pozostaje największym rynkiem autogazu w Unii Europejskiej. Pomimo, że jest to zasługa przede wszystkim prężnie działającego sektora konwersji samochodów używanych, swój udział w takim stanie rzeczy mają również auta nowe [8].

Popularność paliwa LPG w Polsce zdaje się być niezwiązana z panującymi trendami. Pomimo braku mechanizmów wsparcia ze strony władz (poza preferencyjną na tle paliw konwencjonalnych stawką akcyzy), zapowiedzi wprowadzania pojazdów elektrycznych czy wycofywania z użytku silników wysokoprężnych, paliwo to jest niezmiennie popularne od ćwierćwiecza. Liczba aut z silnikami napędzanymi LPG przekracza w Polsce trzy miliony i co roku pojawia się co najmniej kilkadziesiąt tysięcy kolejnych [8].

Zmniejszenie poziomu zanieczyszczeń powietrza w Polsce można osiągnąć m.in. poprzez zmniejszenie wykorzystania samochodów napędzanych olejem napędowym – dobrą alternatywą są pojazdy napędzane paliwami gazowymi (LPG, CNG i LNG) [8].

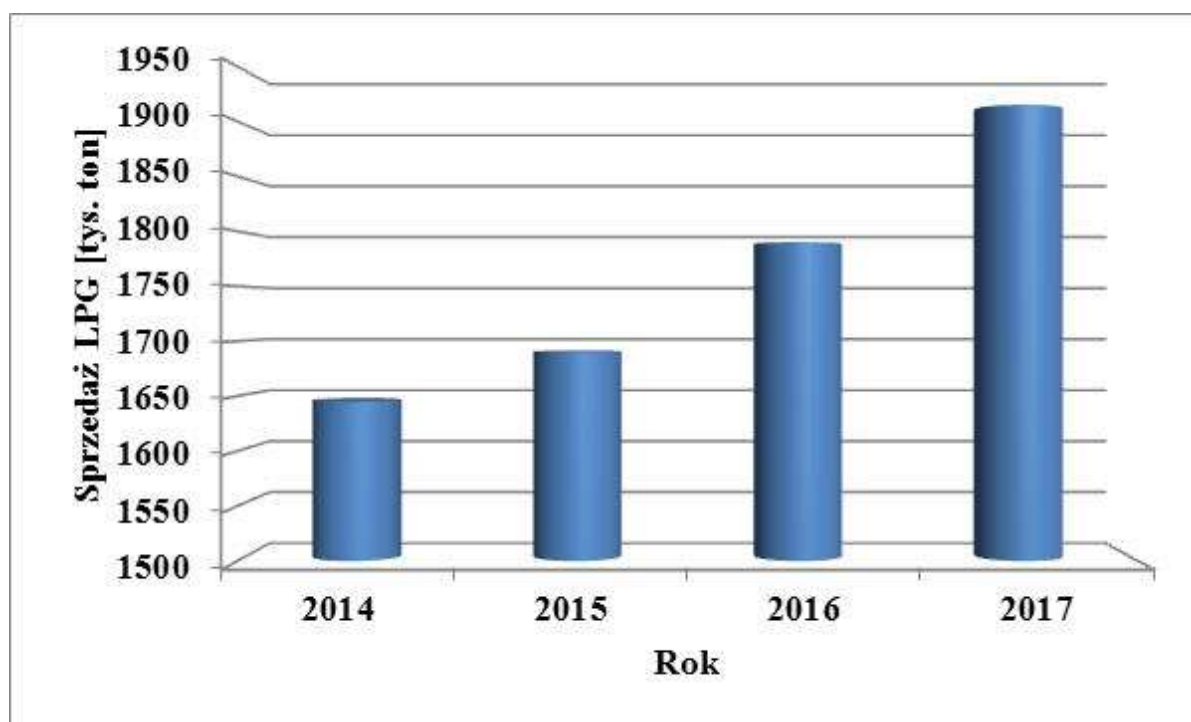
Warto nadmienić, że LPG jest także niskowęglową alternatywą dla paliw kopalnych takich jak węgiel czy olej opałowy. Ślad węglowy LPG jest o 20% mniejszy niż oleju opałowego i 50% mniejszy niż węgla. Spalanie gazu upłynnionego nie emituje cząstek PM₁₀ i PM_{2,5}. Do śladowych ilości ograniczona jest również emisja sadzy [8, 9].

Zasilanie silników gazem LPG prowadzi do zmniejszenia o około 15% emisji CO₂ w porównaniu do benzyny. Spalanie tego paliwa redukuje emisję tlenków azotu o 96% w porównaniu do silnika z ZS oraz o 68% w porównaniu do silnika z ZI. Właściwości LPG można zatem określić jako proekologiczne oraz prowadzące do poprawy jakości powietrza. Powyższe wskaźniki są jednak możliwe jedynie w przypadku poprawnie ustawionych parametrów pracy układu zasilania gazem. W przeciwnym razie parametry ekologiczne silników takich pojazdów mogą być radykalnie gorsze niż silników pojazdów zasilanych benzyną czy olejem napędowym.

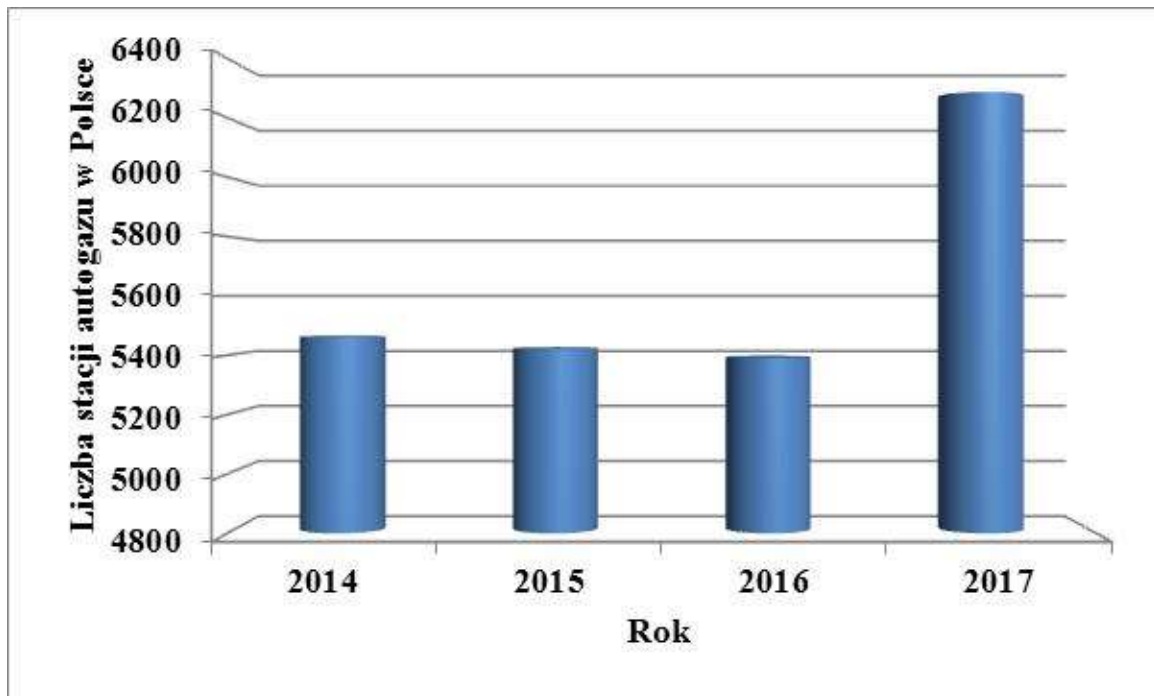
3. RYNEK LPG W POLSCE

W 2017 r. łączna sprzedaż gazu w segmencie autogazu wyniosła 1 915 tys. ton, co oznaczało wzrost o 7,0% w r/r. Na rys. 1–3 przedstawiono wielkość sprzedaży w segmencie autogazu, szacowaną liczbą stacji autogazu oraz liczbą samochodów z instalacją LPG w latach 2014–2017. Korzystne relacje cenowe autogazu wobec cen paliw tradycyjnych wpłynęły na wzrost sprzedaży w tym segmencie oraz większe zainteresowanie instalacjami LPG.

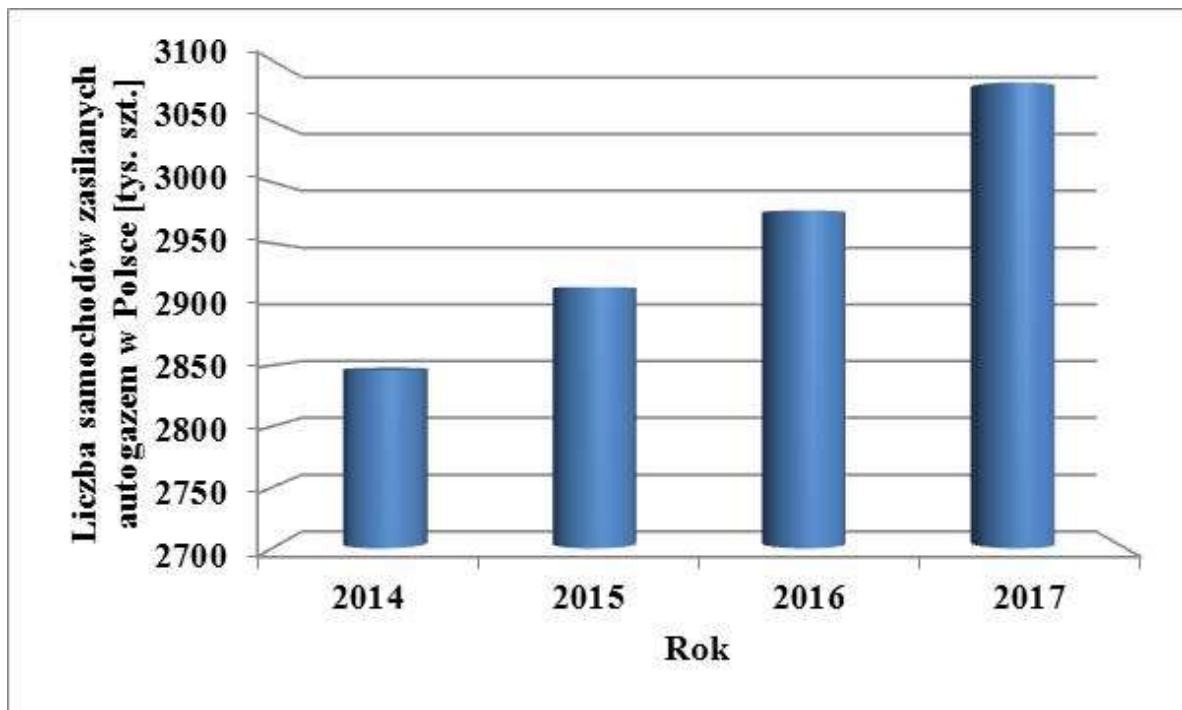
Kontynuowana była oferta koncernów motoryzacyjnych w zakresie sprzedaży samochodów fabrycznie wyposażonych w instalacje LPG. Szacuje się, że na koniec 2017 r. funkcjonowało 6287 punktów napełniania autogazem, co oznacza wzrost o prawie 1000 szt. w porównaniu z danymi za 2016 r. Należy podkreślić, że wzrost ten wynikał ze zmiany ewidencji infrastruktury paliwowej, a nie z faktycznej realizacji nowych inwestycji. W Urzędzie Regulacji Energetyki trwają prace obliczeniowe odnośnie całej infrastruktury paliwowej i prawdopodobna jest korekta danych odnośnie wszystkich stacji paliw z paliwami tradycyjnymi oraz LPG, jak również indywidualnych modułów autogazowych. W końcu lutego 2018 r. ukazały się po raz pierwszy dane ww. urzędu o infrastrukturze, w tym informacja o stacjach paliw. Zgodnie z nią, łączna ilość stacji oferujących różne paliwa wynosiła 7 655 szt., w tym na 5 412 stacjach można było zatankować LPG. Ten wskaźnik oznacza, że 86% stacji paliw posiadało moduł LPG. Indywidualne moduły, a więc punkty, gdzie można było zatankować wyłącznie LPG to 875 sztuk w skali kraju [8].



Rysunek 1. Sprzedaż autogazu w Polsce w latach 2014 - 2017 (w tys. ton)
Źródło: [8].



Rysunek 2. Liczba stacji autogazu w Polsce w latach 2014 - 2017 (w sztukach)
 Źródło: [8].



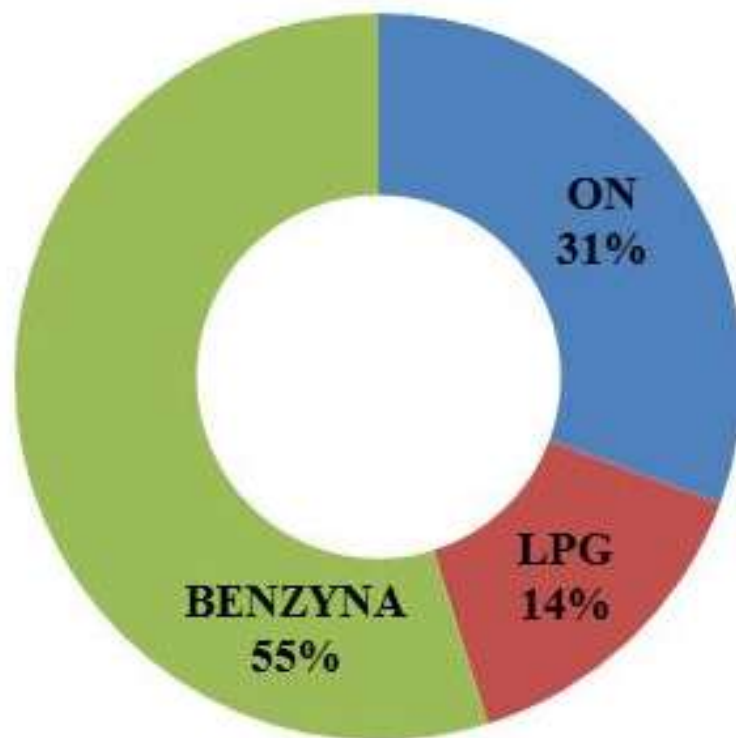
Rysunek 3. Liczba samochodów zasilanych autogazem w Polsce w latach 2014 – 2017 (w tys. szt.)
 Źródło: [8].

Wymuszona konieczność nowelizacji wszelkich koncesji w związku z nową definicją paliw ciekłych, jak również obowiązek sprawozdawczości w połączeniu z groźbą kar

finansowych w przypadku nieprzestrzegania przepisów, umożliwiły władzom państwowym pozyskanie szczegółowych informacji m.in. o funkcjonujących stacjach paliw. Szacuje się, że w 2017 r. liczba pojazdów zasilanych gazem upłynnionym LPG wyniosła 3 082 tys. szt., co oznacza wzrost o 105 tys. szt. r/r. [8].

Analizując park pojazdów samochodowych w Polsce na podstawie dostępnych danych i opracowań, jak np. „*Branża Motoryzacyjna Raport 2017/2018*” opublikowany w lipcu 2017 r. przez Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego, zauważa się wyodrębnienie całego parku pojazdów, które nie były aktualizowane w bazach Centralnej Ewidencji Pojazdów w ostatnich latach. Przypuszcza się, że znaczna liczba tych pojazdów nie jest faktycznie użytkowanych i jednocześnie może nie istnieć [8].

Według tych danych (pojazdy nieaktualizowane) pod koniec 2016 r. w Polsce zarejestrowanych było 21 675 tys. samochodów osobowych (75,7% wszystkich pojazdów), czyli 564 szt. na 1000 osób. Według danych nieaktualizowanych 54,8% aut zasilanych było benzyną, 30,7% olejem napędowym, a LPG 14,5%. Udział aut zasilanych LPG uległ zmniejszeniu o 0,1% w porównaniu do roku poprzedniego. Należy podkreślić, że w żadnym innym kraju UE nie ma tak wysokiego udziału aut z instalacjami LPG we flocie samochodów osobowych [8,10].



Rysunek 4. Udział poszczególnych paliw do zasilania pojazdów w Polsce
Źródło: [8].

4. BADANIA LABORATORYJNE EMISJI CO₂

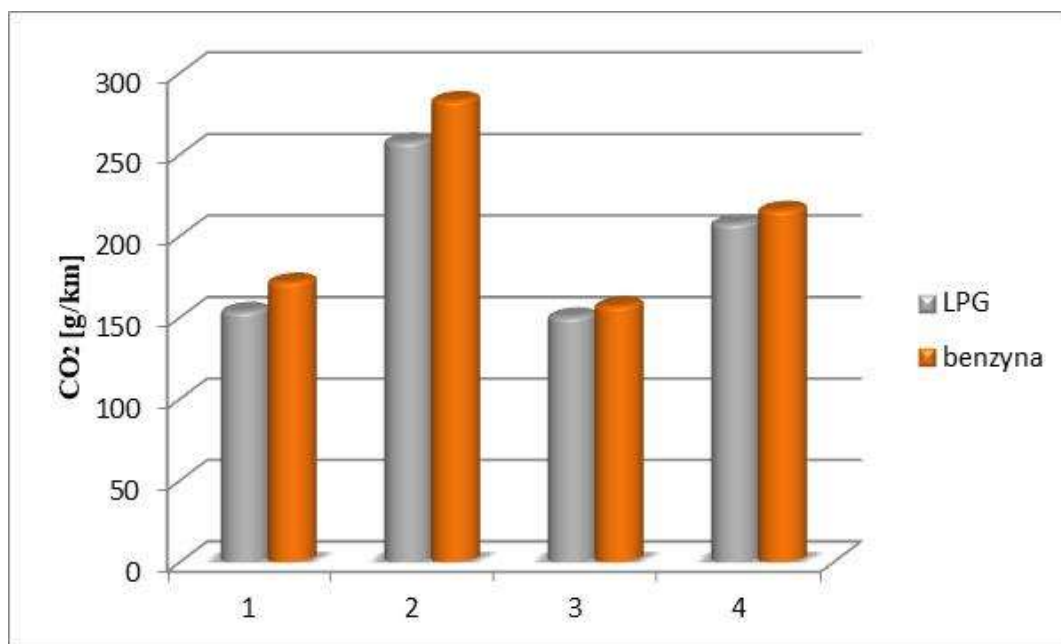
W celu zweryfikowania rzeczywistych różnic w emisji dwutlenku węgla z układu wydechowego pojazdu zasilanego benzyną i tego samego pojazdu zasilanego LPG zostały przeprowadzone badania stacjonarne. Były to testy typu NEDC odtwarzane na jednorolkowej hamowni podwoziowej firmy Zoellner typu RPL 1220/12 C 221 113/ GPM 200 z rolką o średnicy 48” z elektryczną symulacją oporów ruchu oraz bezwładności pojazdu. Zastosowany został także układ poboru spalin CFV-CVS firmy AVL oraz zestaw dwuzakresowych analizatorów AMA i60 firmy AVL [11]. Obiektami badań były samochody osobowe, oznaczone kolejno numerami 1-4, charakteryzujące się spełnianiem różnych norm emisji, odmienną mocą i pojemnością silnika. W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne badanych pojazdów.

Tabela 1. Parametry techniczne pojazdów badawczych

Numer pojazdu	1	2	3	4
Pojemność skokowa	1598 cm ³	5654 cm ³	1598 cm ³	1998 cm ³
Moc maksymalna	77 kW	240 kW	75 kW	184 kW
Moc na cylinder	19,25 kW	30 kW	18,75 kW	46 kW
Poziom emisji	EURO 4	EURO 5	EURO 6	EURO 6

Źródło: Opracowanie własne.

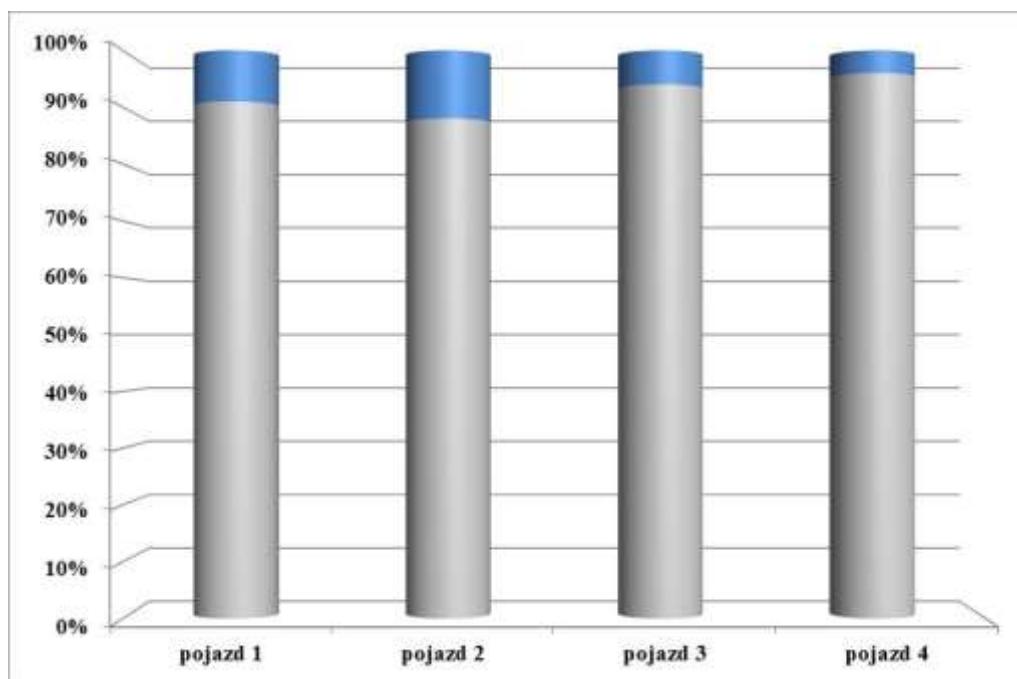
Na rysunku 5 przedstawione zostały wyniki badań przeprowadzonych na hamowni podwoziowej w cyklu NEDC badanych pojazdów. W pierwszej kolejności przeprowadzone zostały badania pojazdów przy zasilaniu LPG. Następnie wykonano serię pomiarów dla zasilania silników tych pojazdów benzyną silnikową.



Rysunek 5. Porównanie wielkości emisji dwutlenku węgla w teście NEDC przy zasilaniu benzyną i LPG

Źródło: Opracowanie własne.

Badania wykazały, że dla poszczególnych pojazdów badanych w testach, w których były raz zasilane benzyną a raz paliwem LPG, różnice w ilości wyemitowanego CO₂ są stosunkowo niewielkie i wynoszą od 4 do 12%. Dla pojazdu nr 4 przy zasilaniu benzyną wartość zmierzona emisji to 216 g/km CO₂, a 208 g/km CO₂ przy zasilaniu LPG, co stanowi zaledwie 4 procentową różnicę. Największa rozbieżność miała miejsce w pomiarze emisji CO₂ z pojazdu pierwszego. Przy zasilaniu benzyną zmierzona wartość emisji to 172 g/km a przy zasilaniu LPG 154 g/km, co stanowi niecałe 12% różnicy.



Rysunek 6. Stosunek emisji CO₂ przy zasilaniu LPG i benzyną w teście NEDC dla kolejnych pojazdów.

Źródło: Opracowanie własne.

5. PODSUMOWANIE

W Polsce instalacje zasilania pojazdów gazem są popularne. Wynika to przede wszystkim z aspektów ekonomicznych. Poprawnie zainstalowany układ zasilania gazem LPG nie powinien pogarszać własności ekologicznych pojazdu. Z uwagi na skład tego paliwa, wyemitowane gazy wylotowe powinny cechować się wręcz mniejszą zawartością dwutlenku węgla o około 15% w stosunku do zasilania pojazdu benzyną silnikową. W badaniach własnych autorzy publikacji zweryfikowali czy różnica ta jest podobna w przypadku przedstawionych do badań samochodów używanych, spełniających różne normy emisji spalin (Euro), i posiadających silniki o różnych objętościach skokowych silników. Okazało się, że różnice w wartości wyemitowanego dwutlenku węgla wynoszą od 4 do 12% wartości dwutlenku węgla wyemitowanego w tym samym cyklu, dla różnych paliw.

LITERATURA

- [1] Bielaczyc P., O badaniach emisji związków szkodliwych spalin z silników samochodowych w warunkach trakcyjnych metodą RDE (PEMS), „Przegląd Techniczny”, 2016 vol. 24.
- [2] Chłopek Z., Biedrzycki J., Lasocki J., Wójcik P., Investigation of the motion of motor vehicles in Polish conditions, “The Archives of Automotive Engineering - Archiwum Motoryzacji”, 2013 vol. 60(2), s. 3–20.

- [3] Chłopek Z., Synteza testów jezdnych zgodnie z kryteriami podobieństwa charakterystyk częstotliwościowych, „Eksplatacja i niezawodność – Maintenance and Reliability”, 2016 vol. 18(4), s. 572–577.
- [4] DataArt. Transport-sharing w Polsce. Raport. Styczeń 2019.
- [5] Gis M., Unia Europejska przycina emisję CO2. Pociągnie to za sobą niższe zużycie paliwa, (<http://moto.pl/MotoPL/7,88389,23277145,unia-europejska-przycina-emisje-co2-pociagnie-to-za-soba-nizsze.html>), kwiecień 2018, Warszawa
- [6] Gis M., Wyniki sprzedaży aut w roku 2018, Menadżer Floty, kwiecień 2019, Warszawa.
- [7] Jato Dynamics. CO2 EMISSIONS RISE TO HIGHEST AVERAGE SINCE 2014, AS THE SHIFT FROM DIESEL TO GASOLINE CONTINUES. March 2019. London, UK.
- [8] NIK. Ochrona powietrza przez zanieczyszczeniami. Sierpień 2018. Warszawa.
- [9] Polska Organizacja Gazu Płynnego. Raport roczny 2017. Warszawa 2018.
- [10] stat.gov.pl
- [11] Szczepański T., Wiśniowski P., Typowe zadania realizowane przez silnik spalinowy, „Transport Samochodowy”, 2017 vol. 1, s. 85–104.
- [12] www.samar.pl