

Jacek PIELECHA
Jerzy MERKISZ
Krystian LABĘDŹ
Arkadiusz STOJECKI

PTNSS–2013–SC–150

The effect of mileage of the vehicle fueled with natural gas on the vehicle's ecological indices

Abstract: Since the end of the last century, might be observed an increase in interest of the leading automotive companies in factory-fitted CNG vehicles. It is caused by economic reasons, associated with lower prices of alternative fuels and the tax allowance schemes applied in some countries of Western Europe, as well as by the wish to include in the company's range of products vehicles fitted for this type of fuel. The paper presents results of exhaust emission tests for vehicles (VW Caddy EcoFuel) with mileage of 75,000 and 500,000 km, respectively, belonging to different emission classes (Euro 4 and Euro 5). The obtained results allowed for defining the effect of the vehicle's mileage on ecological indices of the vehicle fueled with natural gas.

Keywords: compressed natural gas, exhaust emission, real traffic conditions

Wpływ przebiegu pojazdu zasilanego gazem ziemnym na jego wskaźniki ekologiczne

Streszczenie: Od końca ubiegłego wieku obserwowany jest wzrost zainteresowania wiodących koncernów motoryzacyjnych pojazdami przystosowanymi fabrycznie do zasilania gazem ziemnym. Spowodowane jest to zarówno względami ekonomicznymi wynikającymi z korzystniejszej ceny paliw alternatywnych, polityką ulg podatkowych stosowaną w niektórych krajach Europy Zachodniej jak i samym faktem chęci posiadania w swojej ofercie pojazdów przystosowanych do zasilania tym rodzajem paliwa. W artykule przedstawiono wyników badań emisji spalin pojazdów (VW Caddy EcoFuel) odpowiednio po przebiegach 75 000 km i 500 000 km, różniące się jednocześnie klasą emisyjną (Euro 4 i Euro 5). Uzyskane wyniki pozwoliły na zdefiniowanie wpływu przebiegu pojazdu na wskaźniki ekologiczne pojazdu zasilanego gazem ziemnym.

Słowa kluczowe: gaz ziemny, emisja spalin, rzeczywite warunki ruchu

1. Wprowadzenie

Niewątpliwie od końca ubiegłego wieku obserwowany jest wzrost zainteresowania wiodących koncernów motoryzacyjnych pojazdami przystosowanymi fabrycznie do zasilania CNG. Spowodowane jest to zarówno względami ekonomicznymi wynikającymi z korzystniejszej ceny paliw alternatywnych, polityką ulg podatkowych stosowaną w niektórych krajach Europy Zachodniej, jak i samym faktem chęci posiadania w swojej ofercie pojazdów przystosowanych do zasilania CNG przez wiodących producentów pojazdów. W przypadku koncernu Volkswagen seryjna produkcja pojazdów zasilanych CNG rozpoczęła się w roku 2006 od wprowadzenia na rynek modeli Caddy i Touran Eco Fuel. Wcześniej oferowany model Golf IV Variant BiFuel należy traktować jako produkt małoseryjny. Następnie od roku 2010 dołączył do grupy pojazdów zasilanych CNG Passat Eco Fuel 1.4 TSI, oraz w roku 2012 Audi A3 TCNG. W ostatnich miesiącach miała miejsce premiera najmniejszego auta zasilanego gazem ziemnym – VW Up, a w planach jest wprowadzenie najnowszej generacji VW Golfa zasilanego sprężonym gazem ziemnym. Przy założeniu, że od chwili uruchomie-

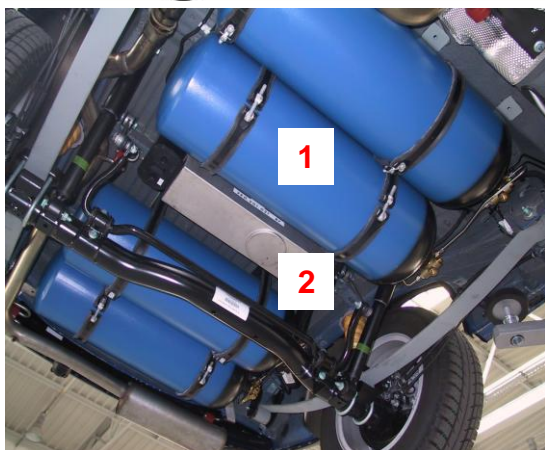
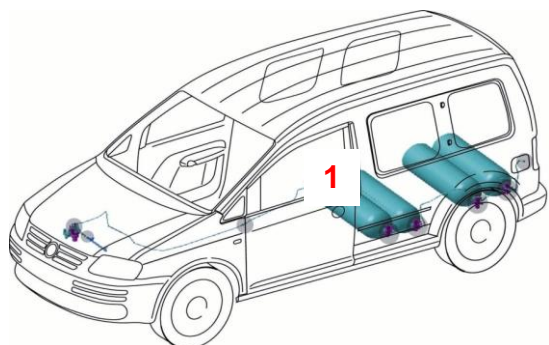
nia produkcji Caddy Eco Fuel wytwarzano ok. 5000 szt. rocznie można stwierdzić, iż aktualnie po drogach Europy (głównie Niemiec) porusza się ok. 35 000 szt. tego modelu. Poddając analizie przebieg tych pojazdów stwierdza się, że jest on znacznie większy w porównaniu z pojazdami zasilanymi paliwami konwencjonalnymi. Często spotykane są egzemplarze, które średnie przebiegi roczne mają na poziomie 75–90 tys. km. (np. korporacje takśówkarskie, firmy kurierskie itp.). Interesującym wydaje się fakt zmiany wielkości emisji związków szkodliwych dla pojazdów o dużym przebiegu (rzędu 500 000 km) w porównaniu z pojazdami o zdecydowanie mniejszym przebiegu.

2. Cel badań

Celem badań było ustalenie wpływu przebiegu pojazdu zasilanego CNG na emisję związków szkodliwych w spalinach, tak aby uzyskane wyniki pozwoliły na zdefiniowanie zależności w jakim stopniu przebieg wpływa na wskaźniki ekologiczne pojazdu zasilanego CNG. Porównanie przeprowadzono dla tego samego modelu pojazdu o przebiegach odpowiednio 75 000 km i 500 000 km oraz różnej klasie emisyjnej pojazdów.

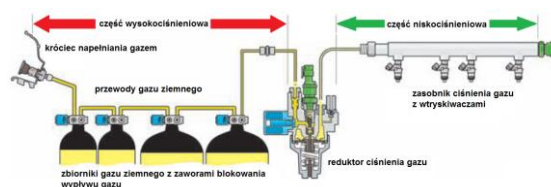
3. Obiekty badań

Obiektami badań były pojazdy Volkswagen Caddy Eco Fuel. Już na etapie produkcji model ten przystosowywany jest do zasilania sprężonym gazem ziemnym (CNG), który jest głównym paliwem. Zasilanie benzyną traktowane jest jako awaryjne, i z tych względów objętość zbiornika benzyny została ograniczona do 12 dm³. Paliwo gazowe magazynowane jest w czterech stalowych zbiornikach ciśnieniowych, które umożliwiają przechowywanie łącznie ok. 26 kg CNG (rys. 1), co pozwala na pokonanie odległości w granicach 400–440 km.



Rys. 1. Rozmieszczenie zbiorników gazu i instalacji w komorze silnikowej: 1 – zbiorniki CNG, 2 – zbiornik Pb98, 3 – reduktor ciśnienia gazu, 4 – zasobnik ciśnienia i wtryskiwacze gazu

Sprężony gaz ziemny przez zawory na zbiornikach i przewody gazowe doprowadzany jest do reduktora ciśnienia znajdującego się w komorze silnika, gdzie następuje redukcja ciśnienia gazu od ponad 20 MPa do zakresu 0,44–0,55 MPa. Następnie z reduktora gaz kierowany jest do zasobnika ciśnienia i przez wtryskiwacze gazowe dawkowany jest do kolektora dolotowego silnika (rys 2).



Rys. 2. Schemat instalacji zasilania gazem w samochodzie VW Caddy Eco Fuel (materiały producenta)

Wykorzystane w badaniach pojazdy od wprowadzenia na rynek w 2006 roku spełniały wymagania emisyjności spalin według obowiązującej wówczas normy Euro 4. Po drobnych modyfikacjach oprogramowania sterownika silnika od roku 2009 VW Caddy Eco Fuel homologowane są zgodnie z normą Euro 5 (tab. 1). W każdej wersji wyposażone były w ten sam rodzaj reaktora trójfunkcyjnego.

Tabela 1. Dane silnika pojazdu VW Caddy Eco Fuel

Oznaczenie silnika	BSX
Rodzaj	rzędowy, 4-cylindrowy
Objętość skokowa [cm ³]	1984
Średnica tłoka [mm]	82,5
Skok tłoka [mm]	92,8
Stopień sprężania	13,5
Liczba zaworów na cylinder	2
Moc maksymalna przy prędkości obrotowej [kW/min ⁻¹]	80 / 5400
Maksymalny moment obrotowy przy prędkości obrotowej [Nm/min ⁻¹]	160 / 3500
Paliwo	gaz ziemny, benzyna 98
Norma emisji spalin	EU4 EU5 (od 2009 r.)

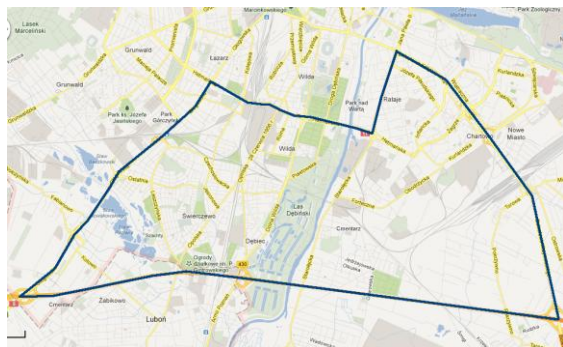
Testowane pojazdy różniły się rokiem produkcji (klasą emisyjną) i przebiegiem całkowitym (tab. 2), natomiast technicznie są to modele podobne (wyposażenie, parametry silnika, itd.).

Tabela 2. Dane pojazdów testowych

Parametr	Euro 4	Euro 5
Rok produkcji	2008	2009
Przebieg całkowity [km]	75 000 500 000	75 000 500 000

4. Metodyka badań

Pomiarów toksyczności spalin dokonano w różnych warunkach jazdy. Na podstawie [1, 5, 6] odcinek testowy zaplanowano jako połączenie elementów jazdy miejskiej – centrum miasta – z elementami jazdy pozamiejskiej oraz autostradowej (rys. 3).



Rys. 3. Trasa przejazdu podczas badań

Do badań wykorzystano samochody Volkswagen Caddy Eco Fuel o przebiegach 75 000 km oraz 500 000 km i różnej klasie emisyjnej. Przejazdy testowe wykonano dwukrotnie dla każdego etapu badań. Etap pierwszy, w którym wykorzystano pojazdy o klasie emisyjnej Euro 4 i różnych przebiegach, dotyczył pomiarów emisji związków gazowych i cząstek stałych wykonano tego samego dnia. Etap drugi – badania pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5 – wykonano dnia następnego.

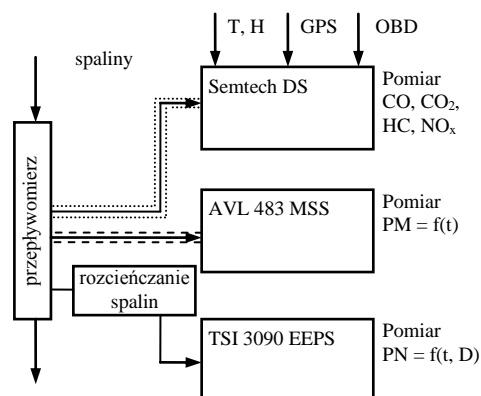
Podczas przejazdów starano się zachować podobny styl jazdy, aby umożliwić porównanie wyników emisji związków szkodliwych w spalinach. W związku z dwukrotnym powtarzaniem badań i brakiem znaczących rozrzutów wyników (poniżej 2% w stosunku do wartości średniej ocenianego parametru) i zbliżonym charakterem przejazdów, przyjęto do analizy wyniki uzyskane z konkretnego przejazdu (pierwszego). Szczegółową charakterystykę przejazdów przedstawiono w tab. 3. Różnice w czasie przejazdu wynikają z sytuacji związanej z natężeniem ruchu w podczas badań.

Tabela 3. Charakterystyka testu badanych pojazdów

Parametr testu	Charakterystyka			
	75 000 km		500 000 km	
Przebieg pojazdu				
Norma spalin	Euro 4	Euro 5	Euro 4	Euro 5
Czas testu [s]	3099	2363	2681	2265
V_{max} [km/h]	120	120	120	120
$V_{\bar{s}}$ [km/h]	34,1	46,2	40	47,1
Długość [km]	29,4	30,05	29,6	29,7
Godzina przejazdu	16.15-17.06	11.02-11.41	14.34-15.18	10.30-11.09

Do pomiarów stężenia związków szkodliwych w spalinach wykorzystano mobilny analizator

SEMTECH DS [2, 4]. Umożliwił on pomiar związków szkodliwych – CO, CO₂, HC oraz NO_x. Natomiast do pomiaru masy cząstek stałych posłużył mobilny analizator AVL 483 Micro Soot Sensor [9]. Pomiar rozkładu wielkości cząstek stałych dokonano za pomocą spektrometru masowego 3090 EEPS firmy TSI Incorporated [7]. Na rysunku 4 przedstawiono schemat pomiarowy, a na rys. 5 – pojazdy z zainstalowaną aparaturą do przeprowadzenia badań w rzeczywistych warunkach ruchu.



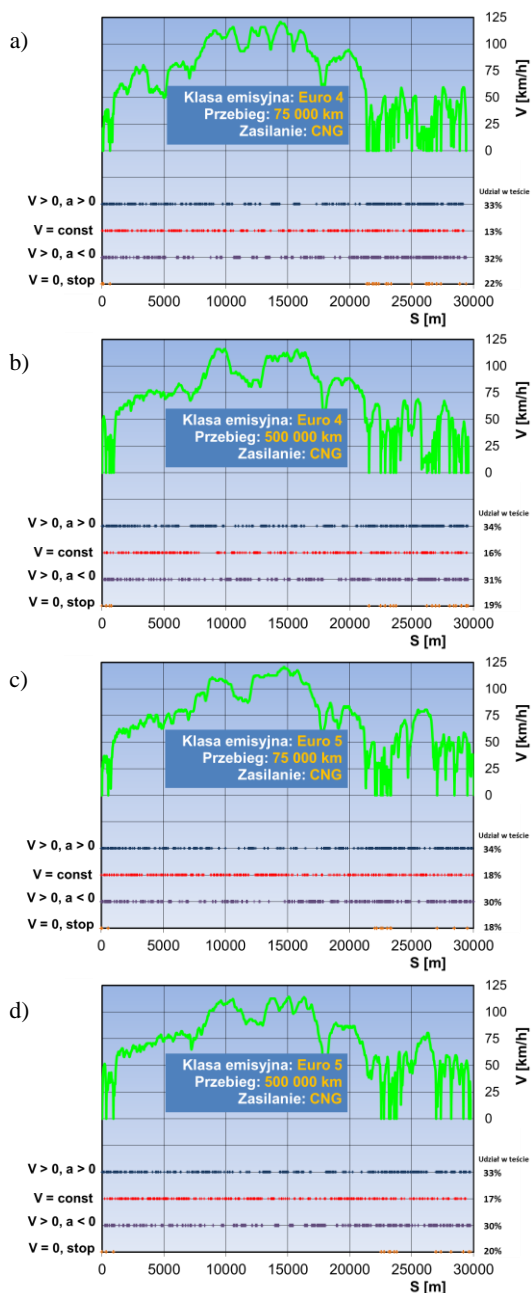
Rys. 4. Schemat połączeniowy urządzeń pomiarowych wykorzystany do badań



Rys. 5. Pojazdy z zainstalowaną aparaturą do pomiaru emisji spalin w rzeczywistych warunkach ruchu

5. Wyniki badań

Analiza warunków jazdy wszystkich badanych pojazdów (rys. 6) pozwala na przyjęcie tezy, że warunki jazdy pojazdów były zbliżone do siebie. Na tej podstawie dokonano porównania udziału warunków pracy pojazdów z podziałem na następujące: przyspieszanie pojazdu, prędkość stała, hamowanie pojazdem oraz zatrzymanie. Szczegółowa analiza rozpatrywanych stanów pracy pojazdu (tab. 4), uwidacznia niewielkie różnice od wartości średniej każdego rozpatrywanego stanu. Największe odchylenie od wartości średniej nie przekracza 2%.



Rys. 6. Szczegółowa charakterystyka warunków ruchu dla wszystkich przejazdów (pojazdy o różnym przebiegu oraz innej klasie emisyjnej): a) Euro 4, 75 000 km, b) Euro 4, 500 000 km, c) Euro 5, 75 000 km, d) Euro 5, 500 000 km

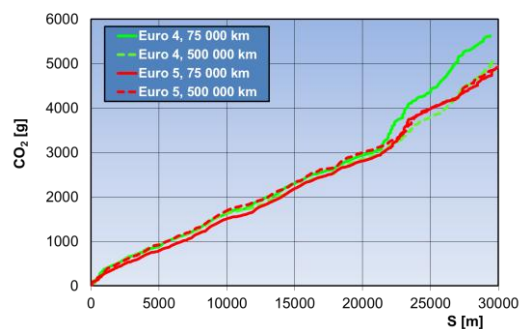
Tabela 4. Charakterystyka udziału warunków jazdy badanych pojazdów

Pojazd	Udział warunków jazdy			
	V > 0, a > 0	V = const, V ≠ 0	V > 0, a < 0	V = 0, (stop)
Euro 4 75 000 km	0,33	0,13	0,32	0,22
Euro 4 500 000 km	0,34	0,16	0,31	0,19
Euro 5 75 000 km	0,34	0,18	0,30	0,18
Euro 5 500 000 km	0,33	0,17	0,30	0,20
Średnia	0,335	0,160	0,307	0,197
Odchylenie od średniej	1%	2%	1%	1%

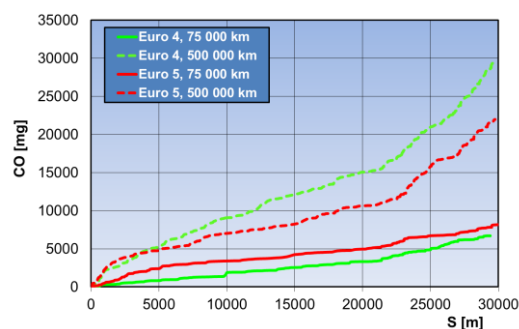
Rejestrowane wartości natężenia emisji związków szkodliwych spalin podczas testu przedstawiono w postaci narastającej, aby zobrazować zmianę emisji całkowitej.

Emisja dwutlenku węgla dla badanych pojazdów przebiega bardzo podobnie w całym zakresie testu badawczego (rys. 7), co świadczy o podobnym zużyciu paliwa, a jednocześnie świadczy o zachowaniu parametrów operacyjnych silnika i braku znacznego zużycia powodującego zmniejszenie jego mocy i momentu obrotowego.

Odmienne rezultaty zanotowano dla emisji tlenu węgla (rys. 8) i tlenków azotu (rys. 9). W przypadku pierwszego związku pojazdy o przebiegu



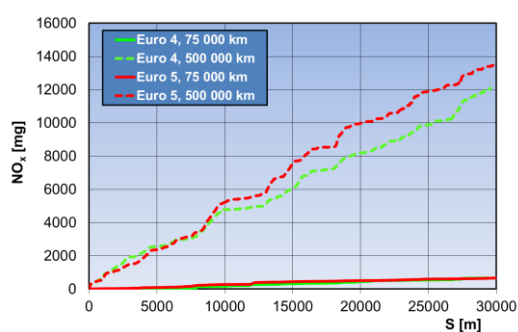
Rys. 7. Charakterystyka emisji dwutlenku węgla (narastająco) podczas testu dla wszystkich badanych pojazdów



Rys. 8. Charakterystyka emisji tlenku węgla (narastająco) podczas testu dla wszystkich badanych pojazdów

około 75 000 km charakteryzują się znacznie mniejszymi wartościami końcowymi (o około 50%). Jednak dokładna analiza potwierdza, że zwiększona emisja tlenku węgla dla pojazdów o dużym przebiegu, jest obserwowana podczas całego testu (jest w przybliżeniu 2-krotnie większa od pojazdów o przebiegu 75 000 km, wykazując niezależność od warunków ruchu).

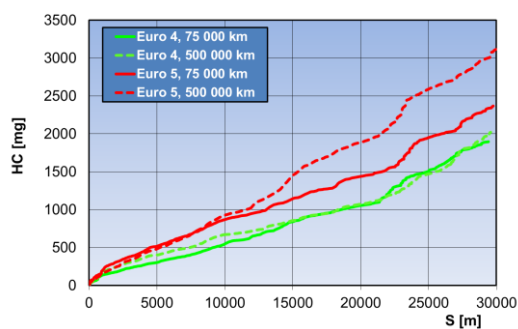
Emisja tlenków azotu dla pojazdów o przebiegu 75 000 km wynosi około 10% wartości emisji dla pojazdów o przebiegu 500 000 km, niezależnie od klasy emisyjnej pojazdu. Siedmiokrotny wzrost przebiegu pojazdu powoduje ponad kilkunastokrotny wzrost emisji tlenków azotu (rys. 9). Może to być spowodowane małą sprawnością reaktora katalitycznego, który nie był w tym okresie wymieniany.



Rys. 9. Charakterystyka emisji tlenków azotu (narastająco) podczas testu dla wszystkich badanych pojazdów

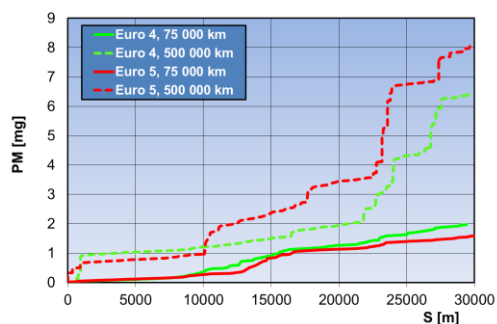
Rozpatrując emisję węglowodorów należy zauważyć, że dla pojazdu o klasie emisyjnej Euro 4, występuje duża zgodność w rejestrowanych danych (rys. 10). Różnice między tymi pojazdami są niezauważalne (poniżej 5% w całym badanym zakresie). Natomiast dla pojazdów klasy Euro 5 różnica wynosi 20% – o taką wartość zwiększona jest emisja węglowodorów przy zwiększeniu przebiegu pojazdu z 75 000 km do 500 000 km.

Emisja węglowodorów z pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4 jest mniejsza niż emisja z pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5, co można tłumaczyć inną charakterystyką wtrysku paliwa gazowego.



Rys. 10. Charakterystyka emisji węglowodorów (narastająco) podczas testu dla wszystkich badanych pojazdów

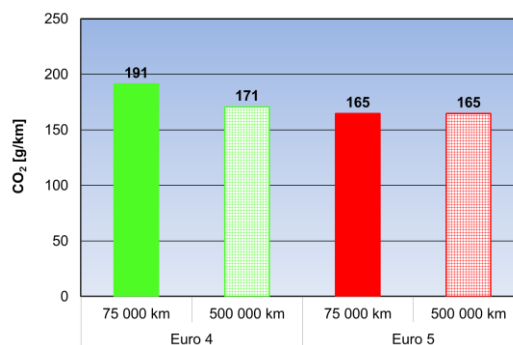
Dodatkowo – tylko w celach porównawczych – zmierzono emisję cząstek stałych dla wszystkich rozpatrywanych pojazdów (rys. 11). Dla pojazdów o przebiegu 75 000 km emisja cząstek stałych w całym teście nie przekraczała 2 mg, natomiast dla pojazdów po przebiegu 500 000 km była kilkakrotnie większa. Charakter zwiększenia był podobny, jak w przypadku emisji drogowej tlenku węgla. Wynika to z przyczyny powstawania obu związków, jaką jest niedobór tlenu w komorze spalania. Również podobne są chwile zwiększenia tych związków – mała prędkość pojazdu i znaczne przyspieszenia – a więc podczas gwałtownego przyspieszania pojazdu, przy zwiększanej skokowo dawce paliwa.



Rys. 11. Charakterystyka emisji cząstek stałych (narastająco) podczas testu dla wszystkich badanych pojazdów

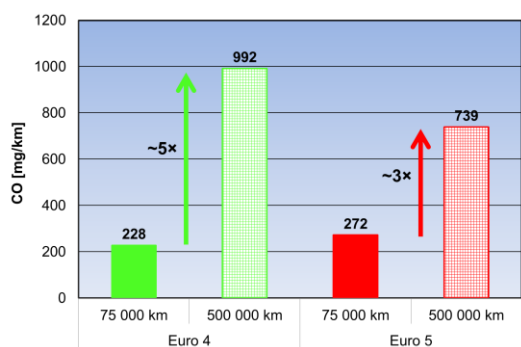
6. Analiza i omówienie wyników

Wyznaczona podczas badań emisja dwutlenku węgla jest największa dla pojazdu o przebiegu rzędu 75 000 km i klasie emisyjnej Euro 4 (rys. 12). Wynika to z faktu, iż przejazd ten charakteryzował się najdłuższym czasem, a tym samym całkowitym zużyciem paliwa w czasie testu. Można zatem założyć (przyjmując że zwiększenie emisji dwutlenku węgla było spowodowane zwiększonym ruchem ulicznym), iż nie ma różnic w wielkości emisji dwutlenku węgla dla pojazdów o zróżnicowanym przebiegu.



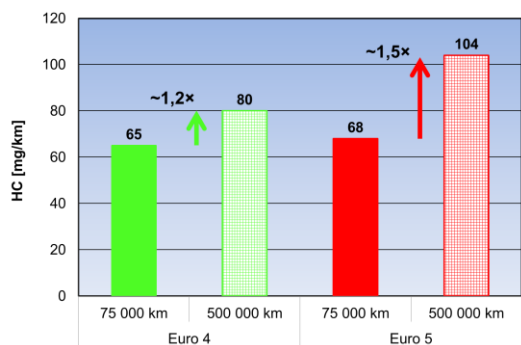
Rys. 12. Porównanie emisji drogowej dwutlenku węgla dla pojazdów o różnym przebiegu oraz klasie emisyjnej Euro 4 i Euro 5

Analizując emisję tlenków węgla (rys. 13) zauważa się duży wpływ przebiegu pojazdu na wielkość emisji drogowej tego związku, która jest kilkukrotnie większa dla pojazdów o przebiegu 500 000 km. Zwiększenie 7-krotne przebiegu pojazdu o klasie emisyjnej Euro 4 powoduje około 5-krotne zwiększenie emisji drogowej tlenku węgla, natomiast dla pojazdu o klasie emisyjnej Euro 5, obserwowane jest około 3-krotne zwiększenie tej emisji.



Rys. 13. Porównanie emisji drogowej tlenku węgla dla pojazdów o różnym przebiegu oraz klasie emisyjnej Euro 4 i Euro 5

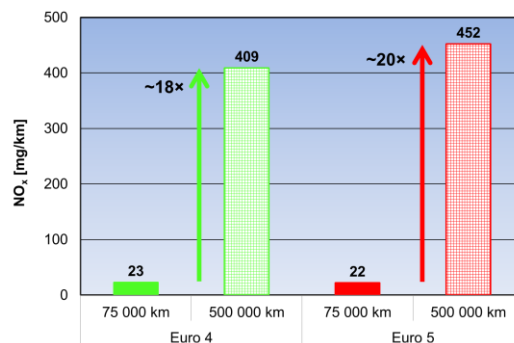
Badane pojazdy charakteryzujące się zwiększonym przebiegiem emitowały około 1,2–1,5 razy więcej węglowodorów w porównaniu do pojazdów o przebiegu 75 000 km (rys. 14). Należy jednak zauważyć dużą zgodność wyników dla pojazdów o jednakowym przebiegu: dla przebiegu 75 000 km różnica wynosi kilka procent między pojazdami o różnej klasie emisyjnej, natomiast dla przebiegu rzędu 500 000 km obserwuje się różnicę rzędu 24%.



Rys. 14. Porównanie emisji drogowej węglowodorów dla pojazdów o różnym przebiegu oraz klasie emisyjnej Euro 4 i Euro 5

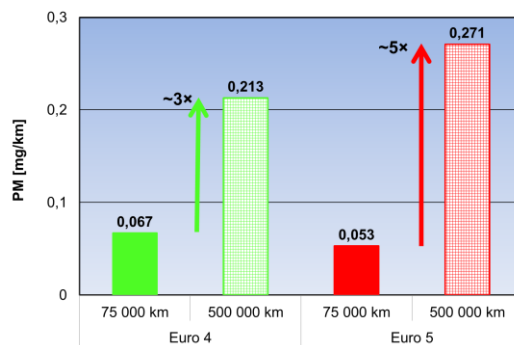
Największy wpływ przebiegu pojazdów na ich wskaźniki ekologiczne zanotowano dla pomiarów emisji drogowej tlenków azotu (rys. 15). Dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4 zwiększenie przebiegu powoduje 18-krotny wzrost tej emisji, a dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5 – 20-krotny. Na uwagę zasługują podobne wartości emisji dro-

gowej tlenków azotu uzyskiwane dla pojazdów o różnej klasie emisyjnej.



Rys. 15. Porównanie emisji drogowej tlenków azotu dla pojazdów o różnym przebiegu oraz klasie emisyjnej Euro 4 i Euro 5

Znaczący jest wpływ przebiegu pojazdu na wartość emisji drogowej cząstek stałych – w odniesieniu do ich masy (rys. 16). Uzyskiwane wartości dla pojazdów o różnej klasie emisyjnej i przebiegu rzędu 500 000 km są około 3–5-krotnie większe od pojazdów o przebiegu 75 000 km. Świadczy to o znacznym wyeksploatowaniu urządzeń zasilających (głównie wtryskiwaczy) oraz o nieprecyzyjnym dawkowaniu paliwa w stanach przejściowych silnika. Większe zmiany dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5 są potwierdzeniem uzyskiwanych większych zmian emisji drogowej węglowodorów.



Rys. 16. Porównanie emisji drogowej cząstek stałych (w odniesieniu do ich masy) dla pojazdów o różnym przebiegu oraz klasie emisyjnej Euro 4 i Euro 5

Badane pojazdy nie przekraczają dopuszczalnych limitów emisji tlenku węgla i węglowodorów nawet po przebiegu 500 000 km (tab. 5). Wyjątkiem jest emisja drogowa tlenków azotu, która wspomnianego przebiegu jest przekroczona 5-krotnie – dla pojazdu o klasie emisyjnej Euro 4 i 7,5-krotnie dla pojazdu klasy Euro 5. Może to świadczyć o niewielkich zmianach wprowadzonych w pojazdach klasy Euro 4 w celu spełnienia kolejnej normy. Taki wniosek można wysnuć również analizując dopuszczalne limity emisji spalin dla pojazdów spełniających normy Euro 4 i Euro 5.

Tabela 5. Dopuszczalne wartości emisji związków szkodliwych w spalinach w mg/km według normy Euro 4 i Euro 5 dla pojazdów z silnikami o zapłonie iskrowym

Związek szkodliwy	Euro 4	Euro 5
CO	1000	1000
HC	100	100
NO _x	80	60
PM	–	5*

* dla pojazdów z silnikami ZI o bezpośrednim wtrysku paliwa.

7. Charakterystyka wymiarowa emisji cząstek stałych

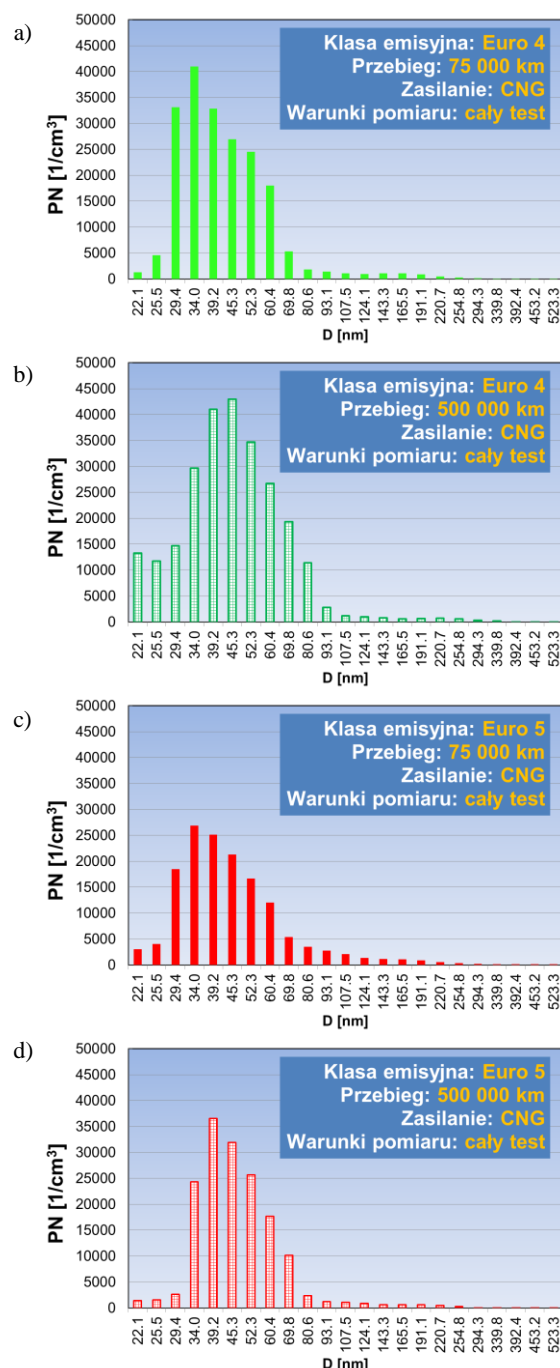
Charakterystykę wymiarową emisji cząstek stałych (w odniesieniu do ich liczby) przeprowadzono dla całości testu – jako wartość uśrednioną z całej trasy pomiarowej oraz wybranych fragmentów jazdy na autostradzie ze stałą prędkością. Wybraną wartością prędkości było 120 km/h. Dla takich wartości wyznaczono rozkłady wymiarowe liczby cząstek stałych w zależności od ich średnicy. Zgodnie z wymaganiami normy dotyczącej pomiarów liczby cząstek stałych emitowanych z silników samochodów osobowych [3, 8] – rozpatrywano zakres cząstek stałych o średnicach od 23 nm.

Aby dokładnie wyjaśnić to zagadnienie na rysunku 17 zaprezentowano rozkłady wymiarowe liczby cząstek stałych w zależności od średnicy pomiarowej dla pojazdów o różnym przebiegu (wartość uśredniona dla całej trasy pomiarowej). Analiza wykresów pozwala na stwierdzenie, że dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4/Euro 5 i przebiegu 75 000 km średnica charakterystyczna cząstek stałych (średnica cząstek, dla której występuje największa ich liczba) to zakres 30–40 nm (rys. 17a i 17c), natomiast dla pojazdów o przebiegu 500 000 km, niezależnie od klasy emisyjnej zakres ten przesunięty jest w prawą stronę (rys. 17b i 17d) – w kierunku większych średnic (35–60 nm).

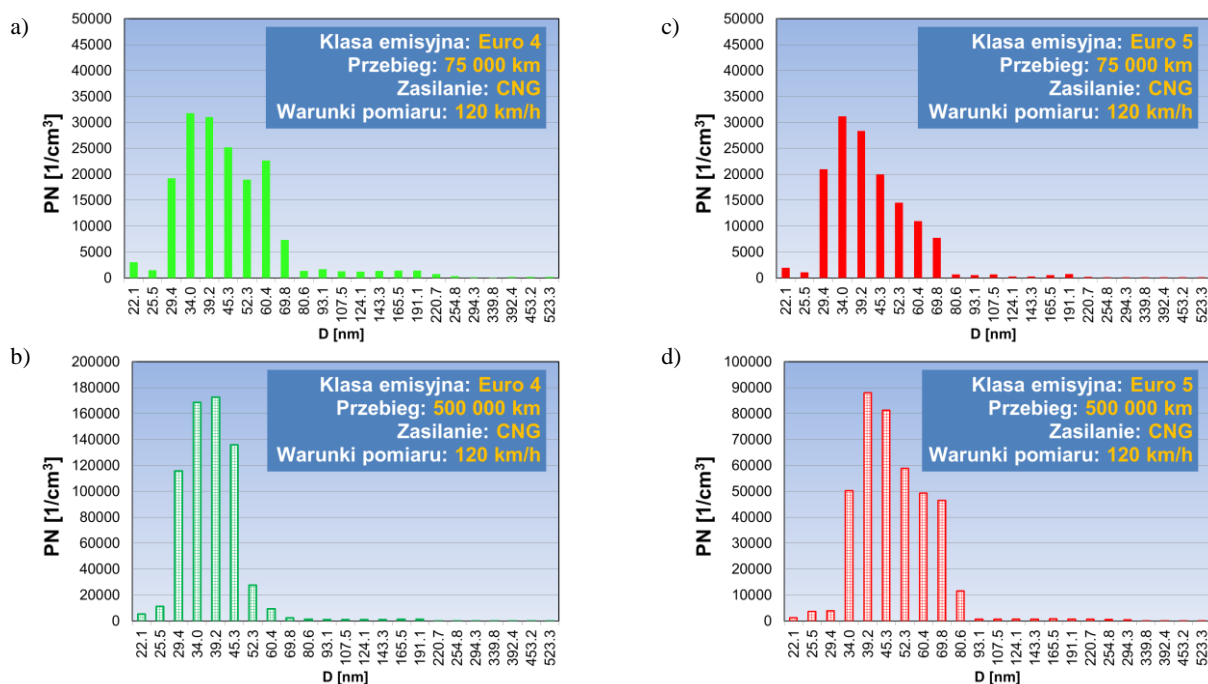
Charakterystyczna jest też liczba cząstek stałych – prawie niezmienna dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4 – następuje tylko przesunięcie w stronę większych średnic, przy niezmiennym rozkładzie (liczba cząstek większych po większym przebiegu nieznacznie wzrasta). Natomiast dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5 zdecydowanie całkowita liczba cząstek się zwiększa – jednocześnie zwiększa się też ich średnica. Przyczyną może być stan techniczny układu wtryskowego, co również znalazło potwierdzenie we wcześniej rozpatrywanych wynikach składników gazowych.

Badania rozkładów wymiarowych powtórzono również dla wybranej – stałej – prędkości jazdy. Ze względu na osiąganą maksymalną prędkość w teście wynoszącą 120 km/h, tę wartość wybrano do porównania (rys. 18). Porównanie pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4 i różnych przebiegach uwi-

adacznia zmiany w emitowanej liczbie cząstek stałych podczas dużych wartości obciążeń silnika. Pojazdy o klasie emisyjnej Euro 4 i znacznym przebiegu, w takich warunkach emitują około 6 razy więcej cząstek o wymiarach 30–50 nm w stosunku do pojazdów o przebiegu około 75 000 km (rys. 18a i 18c). Również podobna sytuacja występuje dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5:



Rys. 17. Szczegółowa charakterystyka wymiarowa uśrednionej liczby cząstek stałych dla całego przejazdu (pojazdu o różnym przebiegu oraz innej klasie emisyjnej) dla: a) Euro 4, 75 000 km, b) Euro 4, 500 000 km, c) Euro 5, 75 000 km, d) Euro 5, 500 000 km



Rys. 18. Szczegółowa charakterystyka wymiarowa liczby cząstek stałych dla prędkości jazdy równej 120 km/h (pojazdy o różnym przebiegu oraz innej klasie emisyjnej) dla: a) Euro 4, 75 000 km, b) Euro 4, 500 000 km, c) Euro 5, 75 000 km, d) Euro 5, 500 000 km

zwiększenie przebiegu powoduje około 3-krotne zwiększenie liczby cząstek stałych, jednakże – co nie jest konsekwentne w badanych pojazdach – powstaje w tym przypadku większa liczba cząstek o większych wymiarach (rys. 18b i 18d). W rezultacie – liczba cząstek zwiększa się o 50% w stosunku do pojazdów o klasie emisyjnej Euro 4, ale z powodu ich większych rozmiarów, masa cząstek zwiększa się znacznie, co wykazano wcześniej.

8. Wnioski

Analizując emisję związków szkodliwych można wysunąć wniosek, iż przebieg pojazdu nie ma znaczącego wpływu na wielkość emisji dwutlenku węgla i węglowodorów. Znaczny natomiast wzrost wielkości emisji obserwuje się dla tlenków azotu (ok. 20-krotny) oraz tlenku węgla (ok. 3–5-krotny). Niewątpliwie jest spowodowane jest to zużyciem reaktora katalitycznego. Praktycznie niezauważalne są natomiast zmiany wielkości emisji związków szkodliwych (szczególnie HC, NO_x i PM) porównując pojazdy o jednakowym przebiegu różniące się klasą emisyjną (Euro 4 i Euro 5).

Na podstawie analizy wyników emisji dla pojazdu o przebiegu 75 000 km można zauważyć, że niezależnie od klasy emisyjnej pojazdu spełnione są wymogi normy Euro 5. Może to oznaczać, że producent nie musiał przeprowadzać pod tym względem istotnych zmian wpływających na wielkość emisji związków szkodliwych.

Zwiększenie przebiegu pojazdów do 500 000 km również nie stwarza większych kłopotów ze spełnieniem norm emisji związków szkodliwych (z wyjątkiem emisji drogowej NO_x – należy jednak pamiętać, że test homologacyjny wykonywany jest z zimnego rozruchu, czyli w warunkach, których najmniej jest „produkowanych tlenków azotu – i stąd może wynikać różnica).

Uzupełnieniem wykonanych badań powinien być etap, polegający na wymianie reaktora katalitycznego – jako elementu najprawdopodobniej już wyeksploatowanego – i powtórzeniu badań drogowych. Takie postępowanie powinno dać odpowiedź na pytanie o możliwość uzyskania znacznych korzyści ekologicznych w pojazdach zasilanych gazem ziemnym.

Bibliography/Literatura

- [1] Bonnel P., Weiss M., Provenza A., In-use emissions requirements in the new and future European motor vehicle emissions regulations: state of play. In: 8th Annual SUN Conference, Ann Arbor 2011.
- [2] Bougher T., Khalek I.A., Trevitz S., Akard M., Verification of a gaseous Portable Emissions Measurement System with a laboratory system using the Code of Federal Regulations Part 1065. SAE Technical Paper Series 2010-01-1069, 2010.

-
- [3] Emission instruments: AVL Particle Counter. AVL List GmbH, Graz 2010.
- [4] Environmental Protection Agency, Vol. 73, No. 126, Rules and Regulations: §1065.920 PEMS calibrations and verifications, 2008.
- [5] Merkisz J., Merkisz-Guranowska A., Pielecha J., Fuć P., Jacyna M., On-road exhaust emissions of passenger cars using Portable Emission Measurement System (PEMS). 1st Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering (ACE 2013). Published and organized by Global Science & Technology Forum (GSTF); Singapore 18-19.03.2013, s. 281-289.
- [6] Merkisz J., Pielecha J., Pielecha I.: Road test emissions using on-board measuring method for Light Duty Diesel Vehicles. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 5, No. 1, February 2011, ISSN 1995-6665, s. 89-96.
- [7] Particle Instruments: Model 3090 Engine Exhaust Particle Sizer™ Spectrometer. TSI Incorporated, 2009.
- [8] Regulamin nr 49 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG/ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące działań, jakie mają zostać podjęte przeciwko emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych przez silniki o zapłonie samoczynnym (ZS) stosowane w pojazdach oraz emisji zanieczyszczeń gazowych z silników o zapłonie iskrowym (ZI) napędzanych gazem ziemnym lub skroplonym gazem węglowodorowym stosowanych w pojazdach (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr 180 z dnia 8.07.2011).
- [9] Schindler W., Haisch Ch., Beck H.A., Niessner R., Jacob E., Rothe D., A photoacoustic sensor system for time resolved quantification of diesel soot emissions. SAE Paper Series 2004-01-0968.

Mr Jacek Pielecha, DSc., DEng. – Doctor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Dr hab. inż. Jacek Pielecha – adiunkt na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Krystian Łabędź, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Mgr inż. Krystian Łabędź – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Jerzy Merkisz, DEng. – Professor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Arkadiusz Stojceki, MEng. – Business Development Director, BOSMAL Automotive Research and Development Institute Ltd in Bielsko-Biala.

Mgr inż. Arkadiusz Stojceki – dyrektor ds. Rozwoju Biznesu w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., Bielsko-Biala.

