

Jerzy Merkisz¹, Maciej Andrzejewski², Jacek Pielecha³
Instytut Silników Spalinowych i Transportu, Politechnika Poznańska

Rozpędzanie pojazdu dostawczego a emisja gazowych składników

1. WPROWADZENIE

Obecnie konieczne staje się ciągle zmniejszanie negatywnego oddziaływania różnego rodzaju środków transportu na środowisko naturalne człowieka. Wynika to m.in. ze stale wzrastającej liczby pojazdów na świecie oraz wymagań prawnych wprowadzanych przez międzynarodowe organizacje odpowiedzialne za ochronę klimatu ziemskiego (np. Komisja Europejska lub Agencja Ochrony Środowiska w Stanach Zjednoczonych). Te uregulowania prawne, w przypadku pojazdów, dotyczą w głównej mierze emisji drogowej lub jednostkowej kilku szkodliwych związków w spalinach oraz zużycia paliwa.

Producenci pojazdów na całym świecie stosują różne sposoby ograniczania uciążliwości eksploatacyjnej pojazdów [4]. Dotyczą one choćby poprawy procesu spalania paliw w silniku (zwiększenie sprawności) oraz rozwijania technik oczyszczania spalin. Ważnym w aspekcie ekologicznej eksploatacji pojazdów jest również sposób jazdy kierowcy określany mianem *eco-drivingu*, czyli jazdy ekologicznej, co powinno skutkować najmniejszym zużyciem paliwa a jednocześnie w najmniejszym stopniu wpływać na zanieczyszczenie środowiska. Zasady *eco-drivingu* po raz pierwszy zaczęto stosować w Finlandii i Szwajcarii w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Popularność stosowania tego stylu jazdy wśród kierowców stale wzrasta. Wzorem wielu krajów europejskich także i w Polsce obserwuje się ostatnimi czasy wzrost zainteresowania wskazówkami i wytycznymi mającymi na celu zmniejszenie zużycia paliwa przez pojazdy. Jedną ze wskazówek, na którą zwracają szczególną uwagę instruktorzy *eco-drivingu* jest sposób rozpędzania pojazdu. W trakcie tej czynności silnik pojazdu pracuje w stanie nieustalonym (dynamiczne warunki pracy) i emituje znaczne ilości substancji szkodliwych oraz zużywa stosunkowo dużo paliwa.

Badania ekologiczności pojazdów mają znaczenie zwłaszcza w przypadku badań emisji spalin w dynamicznych i nieustalonych warunkach pracy silnika [3, 5]. Warunki te są niejednokrotnie charakteryzowane w dynamicznych testach badawczych [2], nie odzwierciedlają one jednak wiarygodnie rzeczywistych warunków eksploatacji różnego typu pojazdów. Rozwój nowoczesnych technik pomiarowych ukierunkowany na określanie bardzo małych stężeń substancji szkodliwych w spalinach spowodował, że w ciągu kilku ostatnich lat największy potencjał badawczy w środowisku motoryzacyjnym skoncentrowano na badaniach drogowych pojazdów w rzeczywistych warunkach ich ruchu/eksploatacji.

W niniejszym artykule rozpatruje się zagadnienie emisji szkodliwych związków gazowych spalin w odniesieniu do pojazdów zasilanych silnikami o zapłonie samoczynnym w aspekcie kształtowania dynamiki jazdy samochodem w zakresie od jego postoju do uzyskania stałej prędkości jazdy. Okres rozpędzania pojazdu (a ściślej jego dynamika) odpowiada w głównej mierze za masę wyemitowanych związków szkodliwych. Celem przeprowadzonych badań była odpowiedź na pytanie: w jaki sposób należy rozpędzać pojazd (w tym przypadku samochód dostawczy) aby minimalizować emisję zanieczyszczeń gazowych.

¹ jerzy.merkisz@put.poznan.pl

² maciej.andrzejewski@doctorate.put.poznan.pl

³ jacek.pielecha@put.poznan.pl

2. OBIEKT BADAŃ

Badaniom w rzeczywistych warunkach ruchu poddano samochód użytkowy typu LDV (*Light Duty Vehicle*). Był to samochód dostawczy Peugeot Expert z 4-cylindrowym silnikiem o objętości skokowej $1,9 \text{ dm}^3$ o zapłonie samoczynnym (rys. 1). W codziennej eksploatacji służy on do przewozu ładunków o masie do 800 kg. Dopuszczalna masa całkowita (dmc) wybranego do pomiarów samochodu dostawczego nie przekracza 3500 kg, stąd należy on do grupy pojazdów podlegających badaniom homologacyjnym na hamowni podwoziowej według europejskiego testu jezdnego NEDC (*New European Driving Cycle*). Obiekt badań nie był wyposażony w żadne układy oczyszczania spalin: nie był zamontowany utleniający reaktor katalityczny lub filtr cząstek stałych.



Rys. 1. Obiekt badań wraz z zamontowaną aparaturą pomiarową.

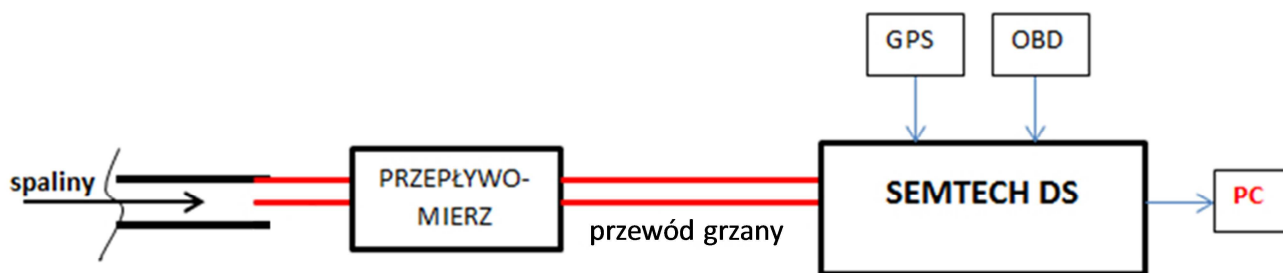
Szczegółowe dane techniczne badanego samochodu:

- silnik: ZS,
- liczba i układ cylindrów: R4,
- objętość skokowa: $1,9 \text{ dm}^3$,
- układ wtryskowy: pompa rotacyjna,
- moc maksymalna: 68 kW/92 KM przy 4000 obr/min,
- maksymalny moment obrotowy: 196 N·m przy 2250 obr/min,
- doładowanie: turbosprężarkowe,
- skrzynia przekładniowa: manualna, 5-biegowa,
- masa własna: 1400 kg,
- objętościowy wskaźnik mocy: 36 kW/dm^3 ,
- wskaźnik masy: 21 kg/kW.

3. METODYKA BADAŃ I APARATURA POMIAROWA

Pomiary zawartości szkodliwych gazowych związków chemicznych w spalinach – CO, CO₂, HC, NO_x – przeprowadzono w warunkach przyspieszania pojazdu (od postoju pojazdu). Analizowano odcinki jazd testowych, w których pojazd przyspieszał od fazy postoju (praca silnika na biegu jałowym) do uzyskania stałej prędkości jazdy – około 50–60 km/h. Do analizy wybrano 4 przejazdy (spośród 12), które charakteryzowały się największym zróżnicowaniem pod względem dynamiki. Jazdy testowe wykonywano na wydzielonej przestrzeni wolnej od ruchu drogowego, na której można było w sposób dowolny kształtować dynamikę rozpędzania pojazdu.

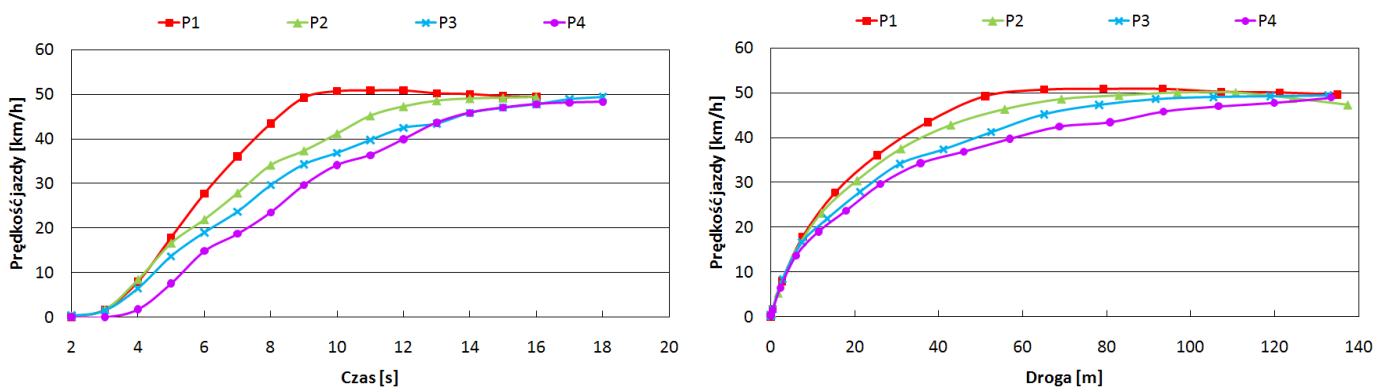
W celu dokonania pomiarów stężenia związków gazowych posłużono się mobilną aparaturą przeznaczoną do badań składników spalin (rys. 1 i 2). Aparatura ta – Semtech-DS firmy Sensors Inc. – składa się m.in. z zestawu odpowiednich analizatorów (przeznaczonych do określania zawartości substancji szkodliwych w spalinach), z przepływomierza spalin (mierzącego wydatek spalin dla zmiennych warunków pracy silnika), z modułu pozwalającego na rejestrację danych z systemu diagnostyki pokładowej pojazdu OBD (*On-Board Diagnostics*) oraz z modułu umożliwiającego komunikację z systemem lokalizacji GPS (*Global Positioning System*). Ponadto aparatura badawcza, oprócz pomiaru stężenia poszczególnych gazowych szkodliwych składników spalin, umożliwia pomiar masowego natężenia przepływu spalin, co jest niezbędne do obliczania emisji (godzinowej, drogowej bądź jednostkowej) tych związków [1].



Rys. 2. Schemat połączenia urządzenia wykorzystywanego do badań emisji spalin.

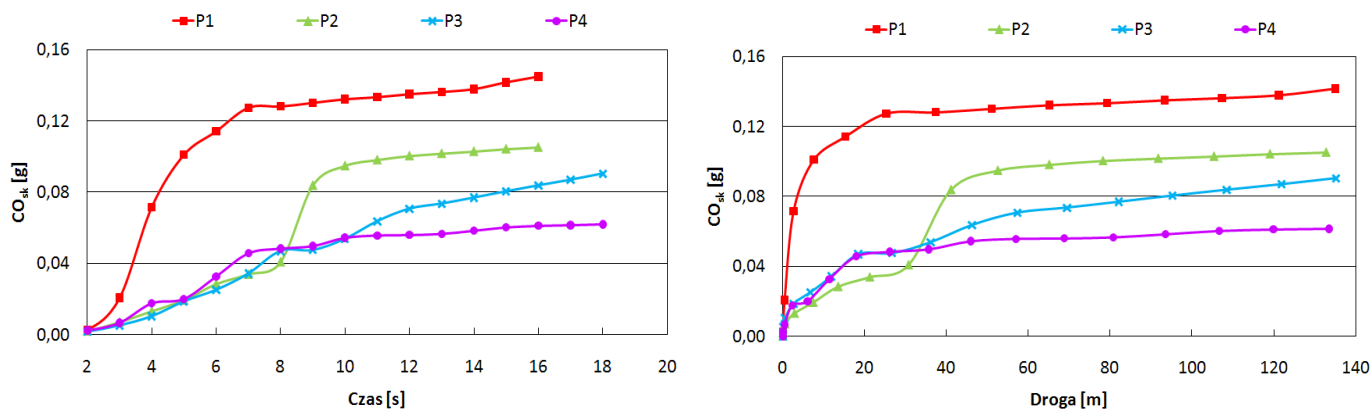
4. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W trakcie wykonywania pomiarów drogowych mierzono stężenie czterech gazowych związków szkodliwych w spalinach (CO , CO_2 , HC , NO_x) emitowanych przez badany samochód dostawczy na poszczególnych odcinkach pomiarowych. Dla założonej końcowej prędkości jazdy 50 km/h wybrano odcinek pomiarowy o długości około 140 m. Zarejestrowane przebiegi prędkości poruszania się pojazdu ze wszystkich 12 prób posłużyły do wybrania kilku rejestracji charakterystycznych, które następnie analizowano. Wybrano po 2 przebiegi o największych (P1 i P2) i najmniejszych (P3 i P4) wartościach osiąganych przyspieszeń przez pojazd, tak aby maksymalnie zróżnicować dynamikę jego rozpędzania. Zróżnicowanie wybranych przebiegów w zależności od czasu jazdy i przebytej drogi zaprezentowano na rysunku 3.

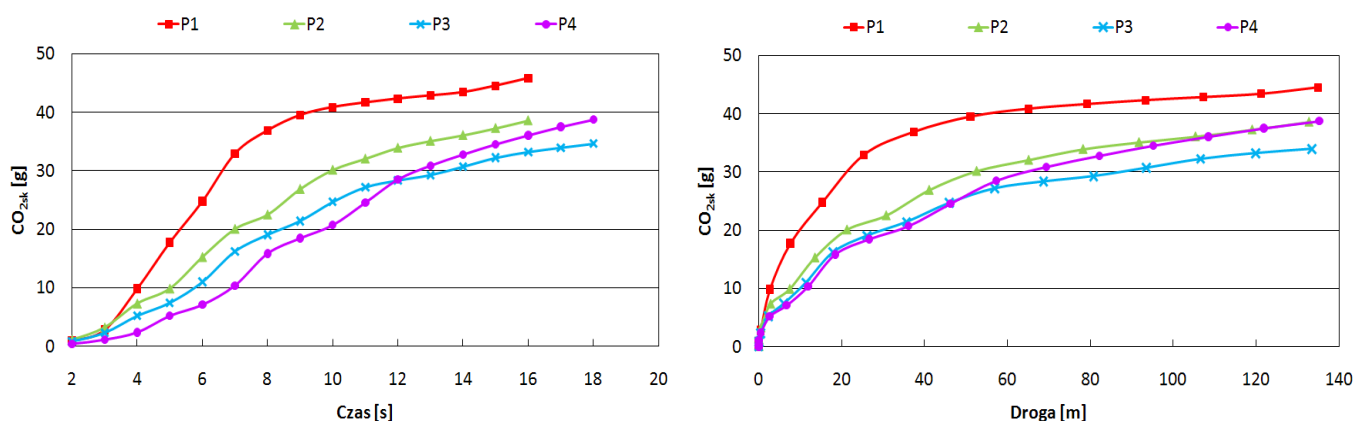


Rys. 3. Prędkość pojazdu jako funkcja czasu jazdy i przebytej drogi.

W celu dokonania przedmiotowej w ramach niniejszego artykułu analizy obliczono masę (wyrażaną w gramach) poszczególnych gazowych związków szkodliwych w spalinach. Analiza wartości masy tlenu węgla wykazuje, że przejazd oznaczony jako P1 charakteryzuje się największą jej wartością, znacznie przekraczającą wartości uzyskane w pozostałych przejazdach (rys. 4). Podobną zależność można zaobserwować w przypadku zmierzonej masy dwutlenku węgla, gdzie dla przejazdu P1 uzyskano ok. 45 g, natomiast masa CO_2 w przypadku pozostałych trzech przejazdów nie przekracza 40 g (rys. 5).

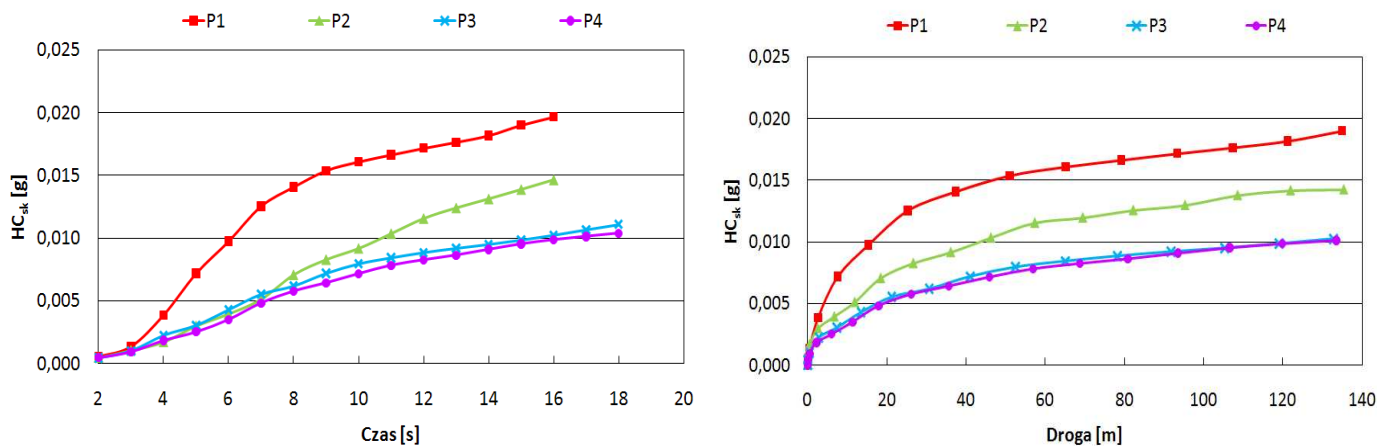


Rys. 4. Masa całkowita tlenku węgla jako funkcja czasu jazdy i przebytej drogi

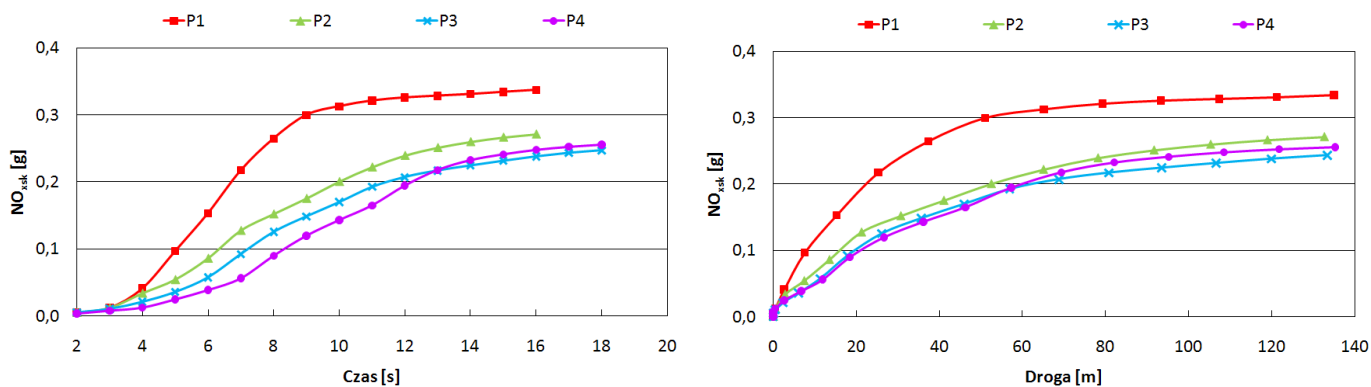


Rys. 5. Masa całkowita dwutlenku węgla jako funkcja czasu jazdy i przebytej drogi

Inne zależności zaobserwowano w przypadku analizy zarówno węglowodorów, jak i tlenków azotu (rys. 6 i 7). Jeśli chodzi o emisję tych dwóch toksycznych składników spalin silnikowych to widać wyraźne różnice w wartościach masy całkowitej uzyskanych dla przejazdów charakteryzujących się dużą dynamiką przyspieszania – P1 i P2, niż dla przejazdów o mniejszej dynamice – P3 i P4. Odnosnie do tych dwóch ostatnich przejazdów można dodatkowo zauważyć, iż uzyskano bardzo zbliżone wartości masy całkowitej węglowodorów i tlenków azotu.

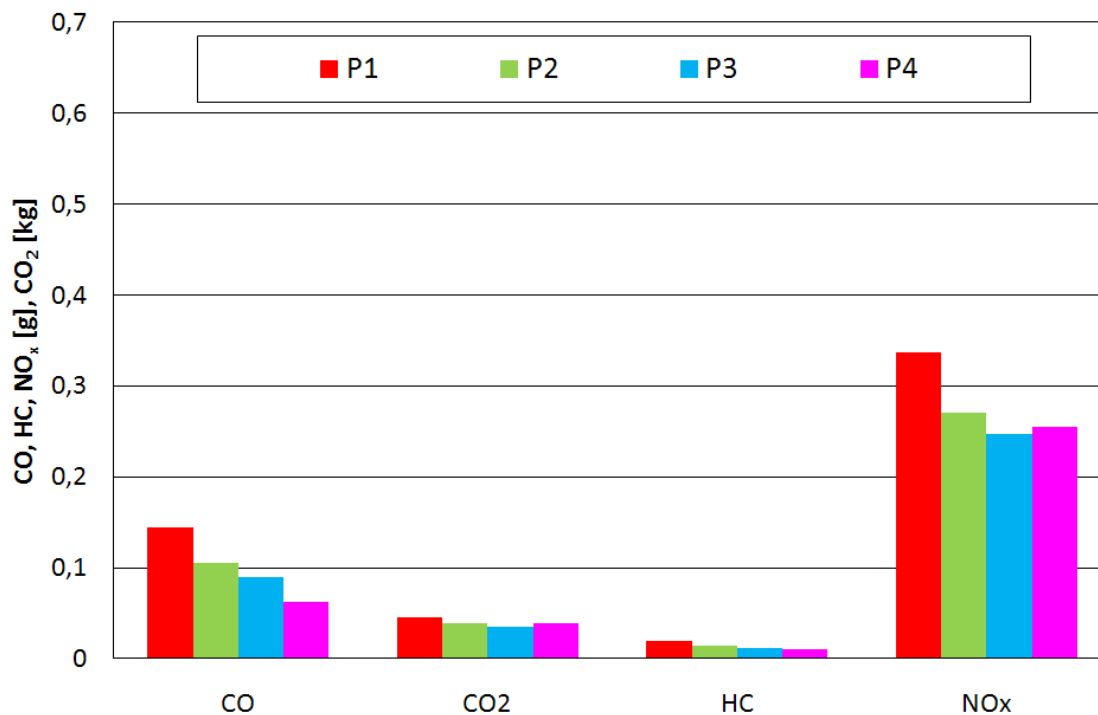


Rys. 6. Masa całkowita węglowodorów jako funkcja czasu jazdy i przebytej drogi



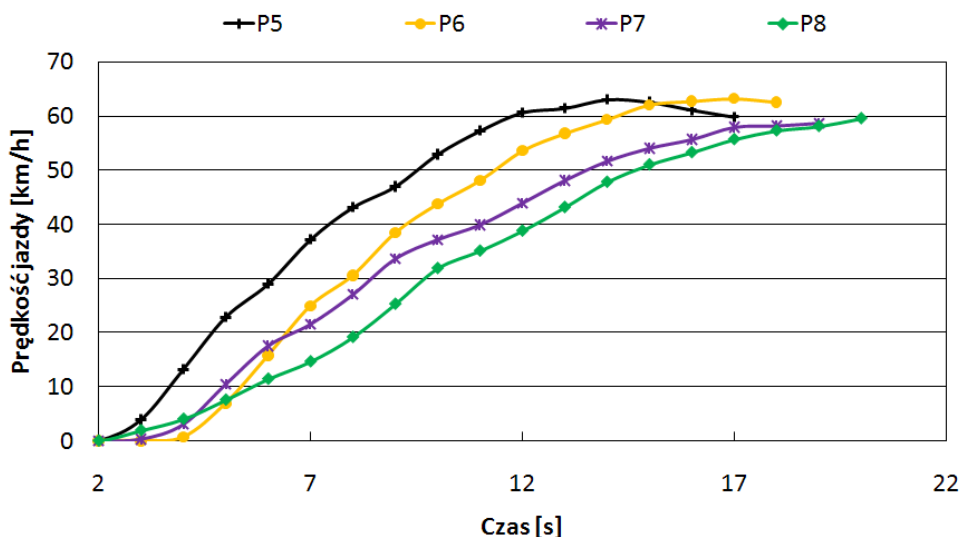
Rys. 7. Masa całkowita tlenków azotu jako funkcja czasu jazdy i przebytej drogi

Pozyskane w trakcie przeprowadzonych badań drogowych (do prędkości maksymalnej równej 50 km/h) wyniki pomiarów masy całkowitej związków gazowych w formie zbiorczej zaprezentowano na rysunku 8. Wynika z niego, że pożądanymi sposobami rozpędzania pojazdu ze względów ekologicznych są przejazdy P3 i P4, dla których uzyskano najmniejsze wartości wyemitowanych związków szkodliwych, a które charakteryzowały się małą wartością przyspieszenia uzyskiwaną przez badany pojazd.



Rys. 8. Masa gazowych związków szkodliwych uzyskana w każdym rozpatrywanym przejeździe dla prędkości maksymalnej $V = 50$ km/h

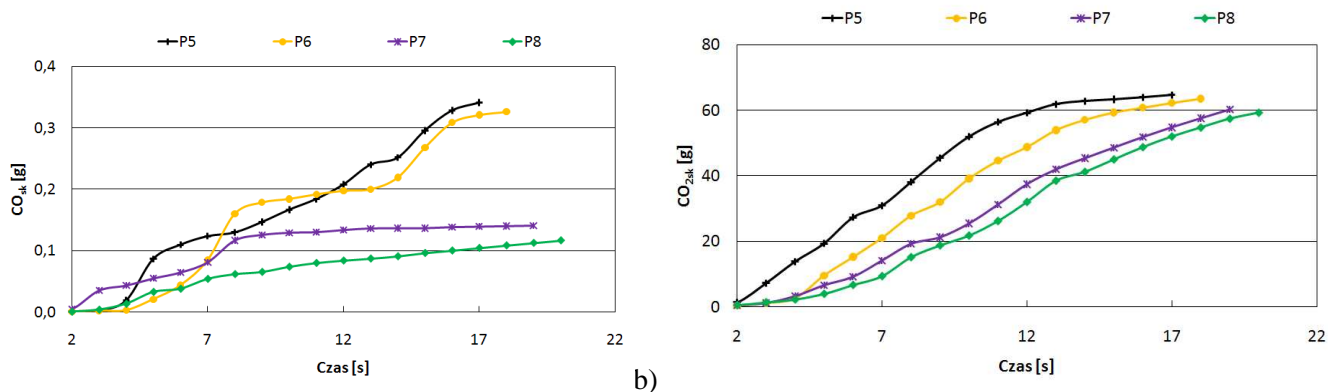
Dla założonej prędkości jazdy 60 km/h wybrano odcinek pomiarowy o długości około 180 m. Podobnie jak w przypadku rozpędzania badanego samochodu dostawczego do prędkości maksymalnej 50 km/h zarejestrowane przebiegi prędkości jego poruszania się ze wszystkich 12 prób posłużyły do wybrania 4 rejestracji charakterystycznych, które posłużyły do dalszej analizy (przejazdy od P5 do P8). Tutaj również kryterium wyboru była wartość osiąganego przez pojazd przyspieszenia. Zróżnicowanie wybranych przebiegów w zależności od czasu jazdy zaprezentowano na rysunku 9.



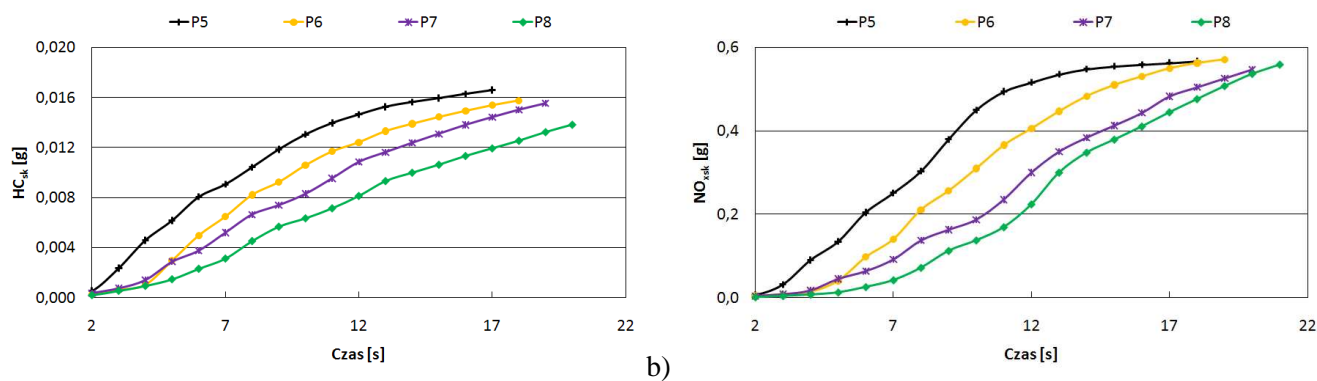
Rys. 9. Prędkość pojazdu jako funkcja czasu jazdy

Analizując masę tlenku węgla można zauważyć, iż przejazdy oznaczone jako P5 i P6 charakteryzują się dużo większymi wartościami, znacznie przekraczającymi wartości uzyskane w pozostałych dwóch przejazdach (rys. 10a). W pierwszym przypadku (przejazdy P5 i P6) uzyskano masę tlenku węgla ok. 0,33 g wobec ok. 0,13 g uzyskanej dla przejazdów P7 i P8.

W przypadku masy dwutlenku węgla i węglowodorów widać znaczne zbliżenie pod względem wartości (rys. 10b i 11a), natomiast całkowita masa tlenków azotu dla wszystkich czterech przejazdów pozostaje na stałym poziomie i wynosi ok. 0,58 g (rys. 11b).



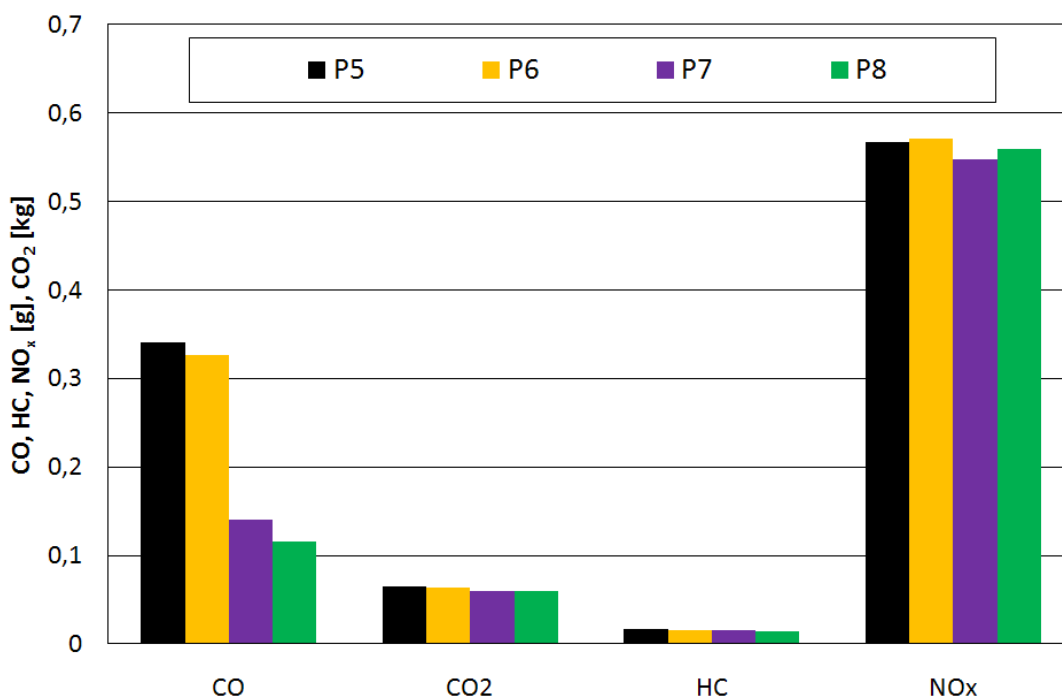
Rys. 10. Masa związków szkodliwych: a) tlenku węgla, b) dwutlenku węgla jako funkcja czasu jazdy



Rys. 11. Masa związków szkodliwych: a) węglowodorów, b) tlenków azotu jako funkcja czasu jazdy

Pozyskane w trakcie przeprowadzonych badań drogowych (dla prędkości maksymalnej równej 60 km/h) wyniki pomiarów w formie zbiorczej zaprezentowano na rys. 12. Wynika z niego, że pożądanymi sposobami rozpędzania pojazdu ze względów ekologicznych są przejazdy P7 i P8, które (podobnie jak we

wcześniejszym przypadku) charakteryzowały się stosunkowo małą wartością przyspieszenia uzyskiwaną przez badany pojazd.



Rys. 12. Masa gazowych związków szkodliwych uzyskana w każdym rozpatrywanym przejeździe dla prędkości maksymalnej $V = 60$ km/h.

5. PODSUMOWANIE

Jak wynika z przedstawionych badań, nie tylko doskonalące silniki spalinowe pod kątem ekologii działania konstrukcyjne prowadzone przez producentów pojazdów są w stanie zmniejszyć negatywne oddziaływanie pojazdów samochodowych na środowisko naturalne. Ważny w tym względzie jest także sposób późniejszej ich eksploatacji – choćby styl jazdy. Obserwując otoczenie i zachowania kierowców ma się wrażenie, iż jeszcze wiele jest do zrobienia w tym aspekcie. Stąd słuszne wydaje się być istnienie różnego rodzaju szkół doskonalenia techniki jazdy, w tym szkół jazdy ekologicznej i ekonomicznej (*eco-drivingu*).

W artykule przedstawiono ocenę skutków ekologicznych w wyniku eksploatacji pojazdu w zależności od przyjętego przebiegu dynamiki jego rozpędzania do zamierzonej prędkości jazdy. Potwierdzono, że najmniejsze skutki ekologiczne (przy okazji również najmniejsze nakłady energetyczne – wielkość przebiegowego zużycia paliwa określana na podstawie m.in. emisji drogowej CO_2) ponosi się przy umiarkowanym rozpędzaniu pojazdu, który nie polega na bardzo szybkim wzroście prędkości pojazdu. Pomimo, że badania wykonano tylko dla reprezentatywnego pojazdu (napędzanego silnikiem ZS), zauważone zależności mają odniesienie również do innych środków transportu. W celu pełnego określenia wpływu dynamiki rozpędzania na właściwości ekologiczne i energetyczne pojazdu należy rozszerzyć badania na pojazdy z różnymi silnikami, a także z silnikami będącymi w różnym stanie cieplnym.

Ponadto w trakcie przeprowadzonych badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji dysponowano stosunkowo ograniczonym czasem rozpędzania pojazdu do prędkości 50 i 60 km/h – względy infrastrukturalne. Biorąc to pod uwagę, z pewnością można stwierdzić, iż nie osiągnięto znaczącego zróżnicowania w sposobie rozpędzania pojazdu. Stąd kierunkiem dalszych prac będzie również przeprowadzenie badań na dłuższym odcinku testowym oraz dla większych prędkości jazdy.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów toksyczności spalin samochodu dostawczego w rzeczywistych warunkach ruchu w zależności od sposobu jego rozpędzania. W oparciu o pozyskane dane pomiarowe dokonano oceny rozpędzania pojazdu uwzględniając minimalną emisję zanieczyszczeń. Badaniom w warunkach drogowych poddano samochód dostawczy napędzany silnikiem o zapłonie samoczynnym. Testy – rozpędzanie samochodu – wykonywano na krótkim odcinku jazdy, stosując różny styl osiągnięcia założonej maksymalnej prędkości jazdy. Do pomiarów stężenia poszczególnych gazowych substancji szkodliwych w spalinach wykorzystano mobilną aparaturę do badań toksyczności spalin Semtech-DS firmy Sensors Inc.

Słowa kluczowe: rozpędzanie pojazdu, dynamika jazdy, emisja spalin, badania drogowe.

The acceleration of the commercial vehicle and the gaseous components emissions**Abstract**

The article presents the results of measurements of exhaust emission of commercial vehicle in real traffic conditions, depending on a style of its acceleration. Based on the obtained measurement data the acceleration of the vehicle was rated, taking into account the minimum emissions of harmful substances. The vehicle powered by a compression ignition engine was investigated. The road tests were done on a short driving distance, using a different style to achieve the assumed maximum speed. In the measurements was used Semtech-DS from Sensors Inc. – a mobile equipment for testing the toxicity of exhaust.

Key words: acceleration of the vehicle, driving dynamics, exhaust emissions, road tests.

LITERATURA

- [1] Merkisz J., Andrzejewski M., Pielecha J.: Porównanie emisji dwutlenku węgla w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdu z wartościami uzyskiwanymi w teście homologacyjnym na tle norm europejskich, *Combustion Engines/Silniki Spalinowe*, No. 3/2011 (146).
- [2] Regulation (EC) No 510/2011 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2011 Setting Emission Performance Standards for New Light Commercial Vehicles as Part of the Community's Integrated Approach to Reduce CO₂ Emissions from Light-Duty Vehicles. OJ L 145/1.
- [3] Rubino L., Bonnel P., Carriero M., Krasenbrink A.: Portable emission measurement system (PEMS) for heavy duty diesel vehicle PM measurement: the European PM PEMS program, SAE Technical Paper Series 2009-24-0149.
- [4] Walsh M.: Global trends in motor vehicle pollution control: a 2011 update, *Combustion Engines/Silniki Spalinowe*, No. 2/2011 (145).
- [5] Worldwide emissions standards: passenger cars, light duty vehicles and heavy duty vehicles. Delphi Innovation for the Real World, 2011.