

Wojciech MEŻYK¹, Piotr CZECH²

Opiekun naukowy: Piotr CZECH³

DOI: <https://doi.org/10.53052/9788366249851.03>

OCENA WPŁYWU WYBRANYCH WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH NA HAŁAS WEWNĄTRZ SAMOCHODU OSOBOWEGO

Streszczenie: Artykuł miał na celu przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu wybranych czynników na hałas wewnątrz pojazdu. Obiektem badań był samochód osobowy. Pomiary wykonano w trakcie jazdy po nawierzchni asfaltowej oraz kostce brukowej. Zmierzono również hałas podczas postoju samochodu.

Słowa kluczowe: hałas, komfort jazdy, samochód osobowy

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SELECTED OPERATING CONDITIONS ON NOISE INSIDE A PASSENGER CAR

Summary: The aim of the article was to present the research results regarding to the impact of the selected conditions on the noise inside the vehicle. The subject of the research was a passenger car. Measurements were made while driving on road surface made of asphalt and cobblestones. Noise was also measured when the car was not in motion.

Keywords: noise, driving comfort, passenger car

1. Wprowadzenie

Badania hałasu emitowanego przez pojazdy, jak i odczuwanego w ich wnętrzu, są obecnie przeprowadzane na bardzo szeroką skalę. Są one nie tylko warunkiem koniecznym do uzyskania przez pojazd homologacji, czy też dopuszczenia do poruszania się po drogach publicznych, ale również stanowią obszar zainteresowań wielu badaczy i naukowców. Badania te służą lepszemu poznaniu zjawiska hałasu,

¹ Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, specjalność: eksploatacja pojazdów samochodowych

² Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, email: piotr.czech@polsl.pl

³ Prof. dr hab. inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, email: piotr.czech@polsl.pl

ocenie jego wpływu na stan kierowcy, a także są pomocne podczas projektowania konstrukcji nowych pojazdów. Wyniki badań hałasu wewnątrz pojazdów można znaleźć przykładowo w [1-4]. W trakcie badań autorzy dokonywali pomiarów porównawczych hałasu wewnętrznego w różnych pojazdach różnych producentów. Ciekawe obserwacje przyniosło również porównanie pojazdów współczesnych z wyprodukowanymi w latach 80. i 90. XX wieku. Autorzy badali także wpływ zmiennych warunków eksploatacyjnych takich jak rodzaj nawierzchni, wpływ otwarcia okna, czy uruchomienia dmuchawy układu ogrzewania. Z kolei w artykule [5] autor przeprowadził zakrojone na szeroką skalę badania hałasu zewnętrznego emitowane przez pojazdy. Badacz dokonywał pomiarów hałasu w różnych częściach miasta Jelenia Góra, przy różnym natężeniu ruchu i różnej nawierzchni. Powstał obszerny obraz poziomu hałasu emitowanego przez pojazdy poruszające się po polskich drogach. Ciekawe badania prowadzone były również poza granicami naszego kraju. Przykładem mogą być prowadzone w Kanadzie i opisane w [6] badania w zakresie analizy psychoakustycznej z wykorzystaniem pomiarów ciśnienia akustycznego w kabinie pojazdu. Badacze przeprowadzili również pomiary drgań zawieszenia badanego pojazdu w punktach takich jak górne mocowania kolumny zawieszenia, zwrotnica oraz wahacz poprzeczny. Wszystko to w celu ustalenia ścieżki, jaką drgania przenoszone są do wnętrza kabiny. Następnie oceniono wpływ drgań na zmysły i stan psychofizyczny kierowcy. Z kolei artykuł [7] poświęcony został zagadnieniu aktywnej redukcji hałasu, coraz szerzej stosowanej we współczesnych pojazdach samochodowych. Jak widać minimalizacja drgań i hałasu jest jednym z kluczowych obszarów badawczych na polu współczesnej motoryzacji. Przytoczono tutaj tylko kilka przykładów z jakże obfitego zakresu wiedzy w tym zakresie.

2. Opis badań

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu wybranych czynników na hałas odczuwalny wewnątrz pojazdu. Za obiekt posłużył samochód osobowy Renault Megane. Podstawowe parametry wybranego do badań samochodu zostały zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne badanego samochodu

Marka	Renault
Model	Megane
Rok produkcji	2009
Przebieg	187 000 km
Typ nadwozia	Kombi
Pojemność skokowa silnika	1598 cm ³
Układ konstrukcyjny silnika	R4
Rodzaj paliwa	Benzyna
Rodzaj układu wtryskowego	Pośredni wielopunktowy
Moc maksymalna	81 kW przy 6000 obr/min
Maksymalny moment obrotowy	151 Nm przy 4250 obr/min
Typ skrzyni biegów	Manualna 6 biegowa
Zawieszenie przednie	Kolumna MacPhersona

Zawieszenie tylne	Belka skrętna
Typ napędu	Przód
Marka ogumienia	Dębica
Model ogumienia	Frigo HP2
Rozmiar opon	205/55 R16
Indeks nośności	91
Indeks prędkości	H

W trakcie badań przeprowadzono pomiary samochodu znajdującego się na postoju oraz w ruchu. Samochód poruszał się po drogach o nawierzchni z asfaltobetonu oraz kostki granitowej. W pierwszym przypadku prędkość pojazdu obejmowała zakres od 50 km/h do 140 km/h. Dla drugiego wariantu prędkość wynosiła 50 km/h. Dodatkowo sprawdzono wpływ włączenia dmuchawy ogrzewania na odczuwalny wewnątrz pojazdu hałas.

Pomiarów dokonywano za pomocą całkującego miernika Brüel&Kjaer 2250 spełniającego normy IEC 61672-1:2002 oraz IEC 61260:1995 dla 1 klasy dokładności. Pomiarów dokonano przy użyciu krzywej korekcyjnej A oraz charakterystyki dynamicznej F.

Miejsca umieszczenia mikrofonu wybrano zgodnie z PN-90/S-04052. A zatem, pomiar dokonywany był w dwóch miejscach – na fotelu kierowcy oraz tylnej kanapie, na miejscu pośrodku, najbliższej podłużnej płaszczyzny symetrii pojazdu. Mikrofon przy fotelu kierowcy umieszczono na wysokości 700 mm od powierzchni siedziska i przesunięto o 200 mm w kierunku osi symetrii pojazdu wzg. osi symetrii fotela. Z tyłu pojazdu, mikrofon umieszczono w osi symetrii siedziska pokrywającej się z osią symetrii pojazdu, na tej samej wysokości co z przodu.

W trakcie badań samochód miał ważne badania techniczne, a sterownik silnika nie wykazywał żadnych błędów.

Badania przeprowadzano przy rozgrzanym wcześniej silniku.

W trakcie badań z załączoną dmuchawą ogrzewania, była ona ustawiona na najwyższy bieg.

Mierzono hałas przy zamkniętych wszystkich oknach lub otwartym przednim oknie po stronie pasażera.

Każdy z pomiarów był wykonywany trzykrotnie. Dodatkowo, jeżeli wartość kolejnego pomiaru różniła się od poprzedniego o więcej niż 2 dB(A), pomiary były powtarzane.

W trakcie badań nawierzchnia była lekko wilgotna, a temperatura powietrza wynosiła ok. 4°C.

3. Wyniki badań

W niniejszym rozdziale przedstawiono zarejestrowane wybrane widma dla zastosowanych w trakcie pomiarów różnych parametrów eksploatacyjnych samochodu.

3.1. Samochód poruszający się po nawierzchni asfaltobetonowej przy wyłączonej dmuchawie ogrzewania

Tabela 2. Prędkość samochodu wynosząca 50 km/h na biegu 4

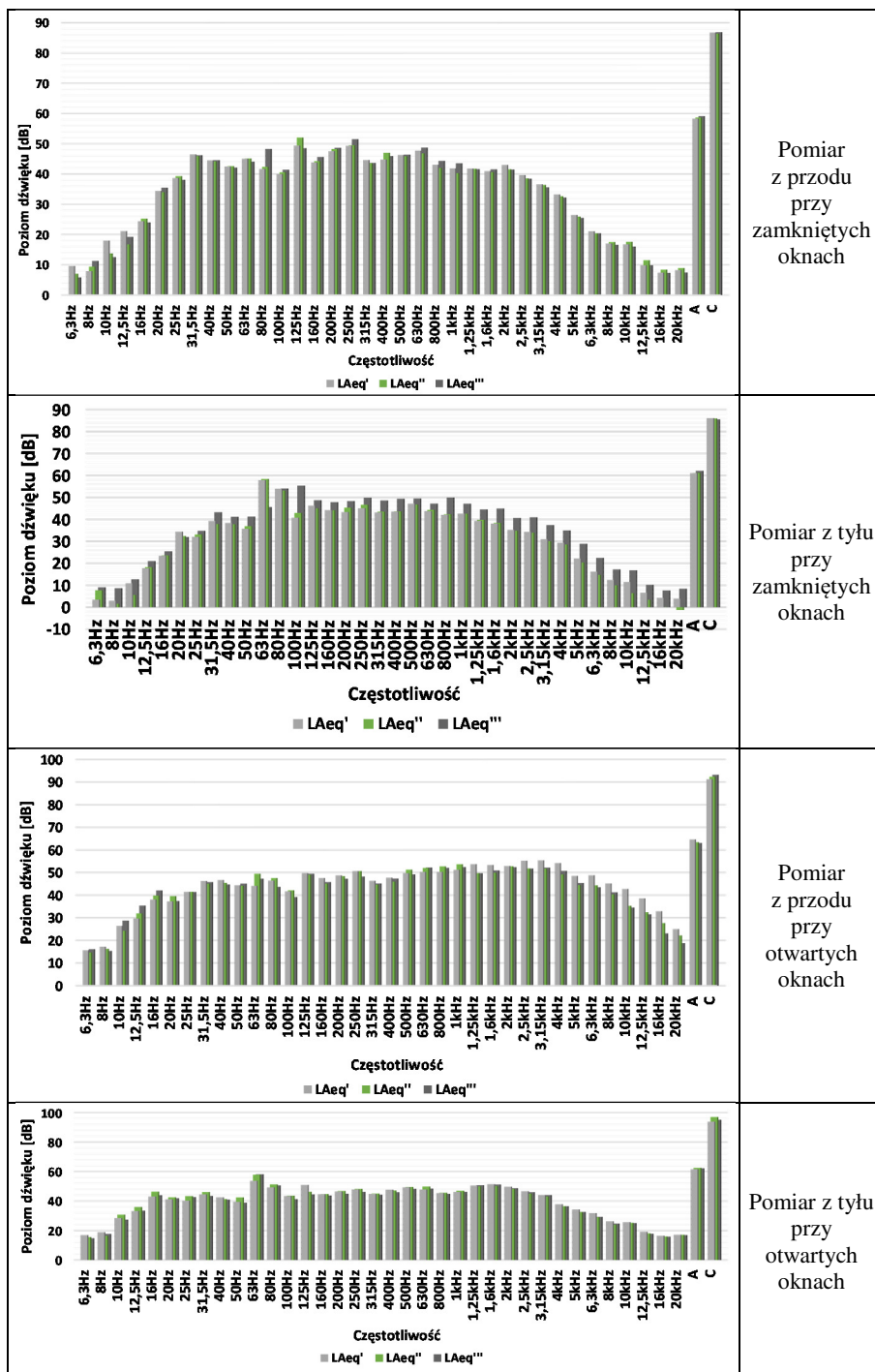


Tabela 3. Prędkość samochodu wynosząca 60 km/h na biegu 4

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

Tabela 4. Prędkość samochodu wynosząca 60 km/h na biegu 5

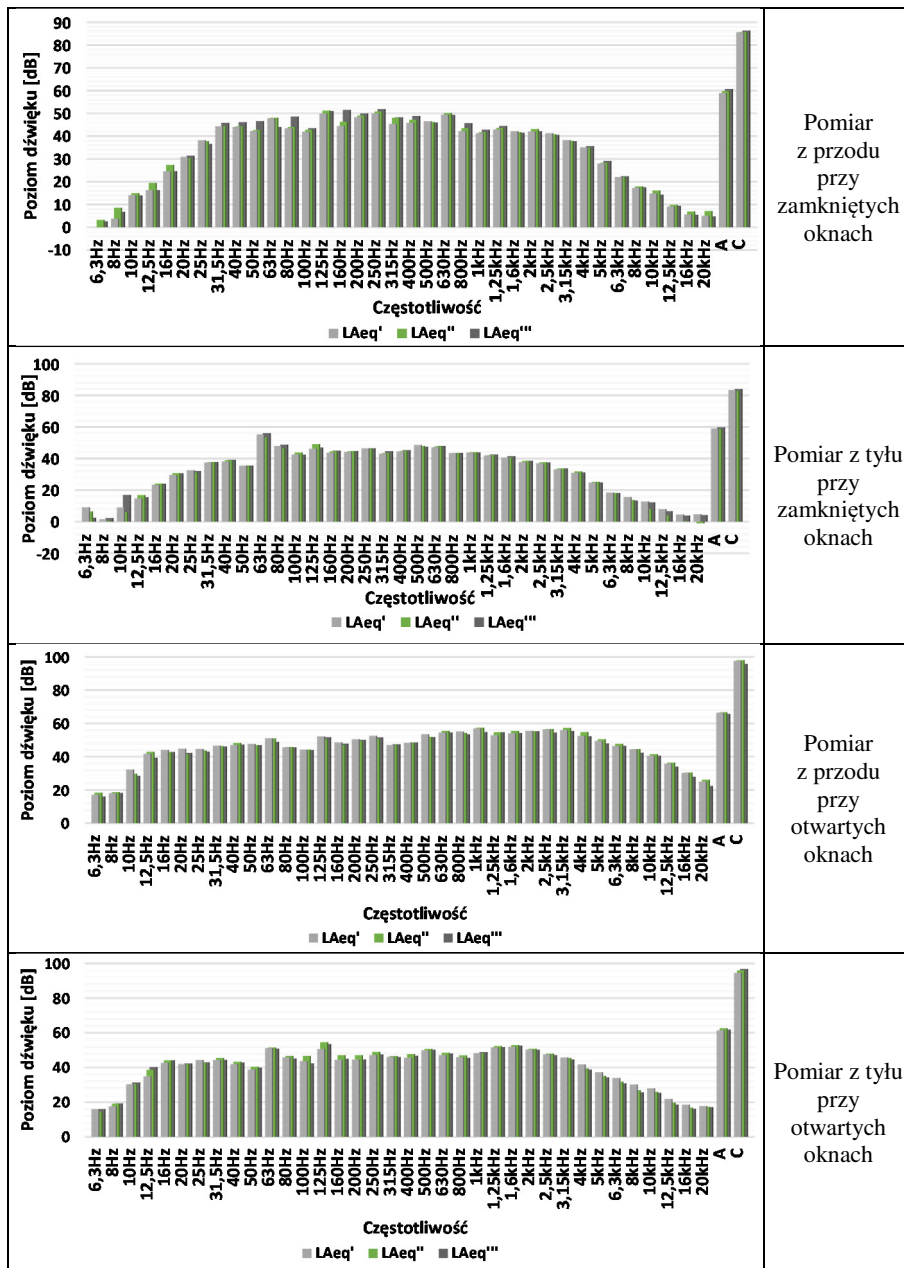


Tabela 5. Prędkość samochodu wynosząca 70 km/h na biegu 5

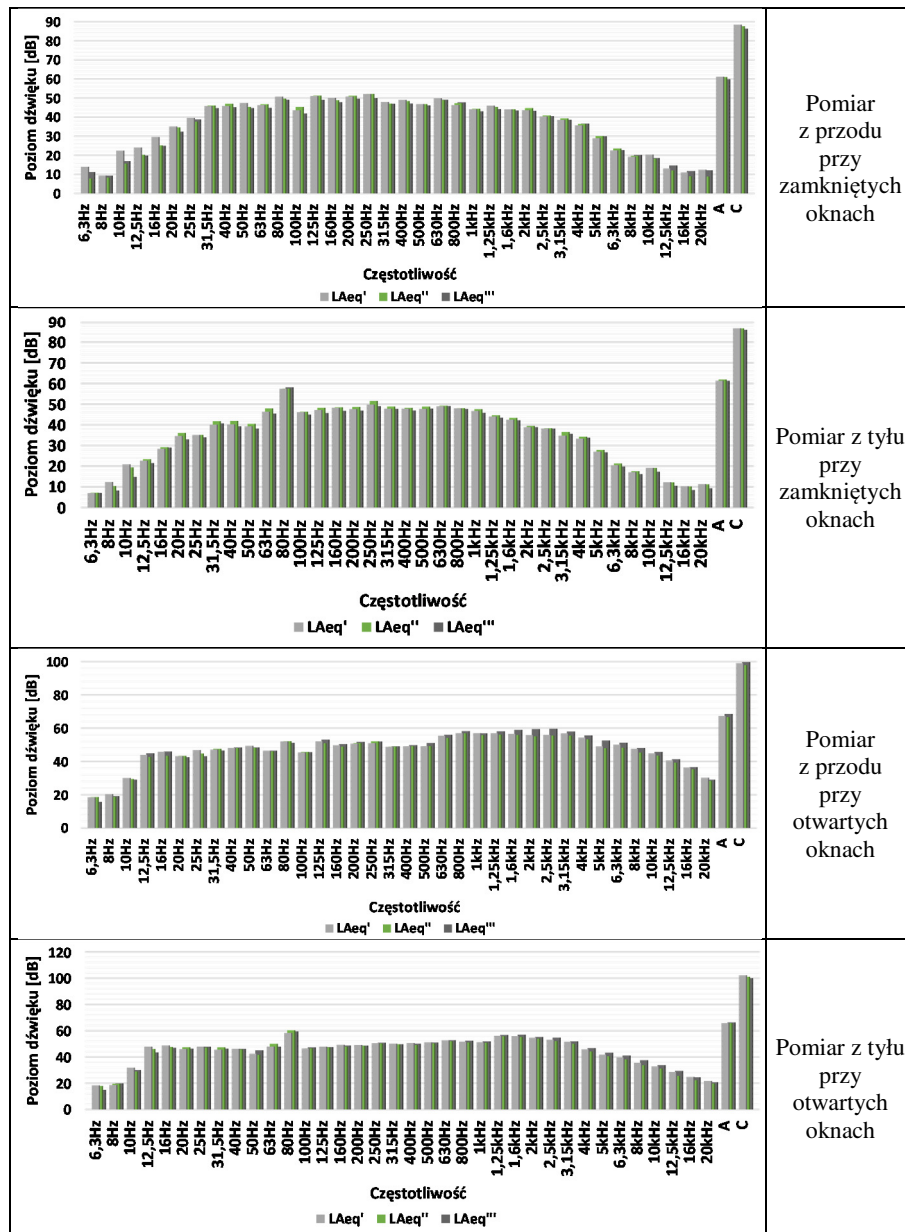


Tabela 6. Prędkość samochodu wynosząca 80 km/h na biegu 5

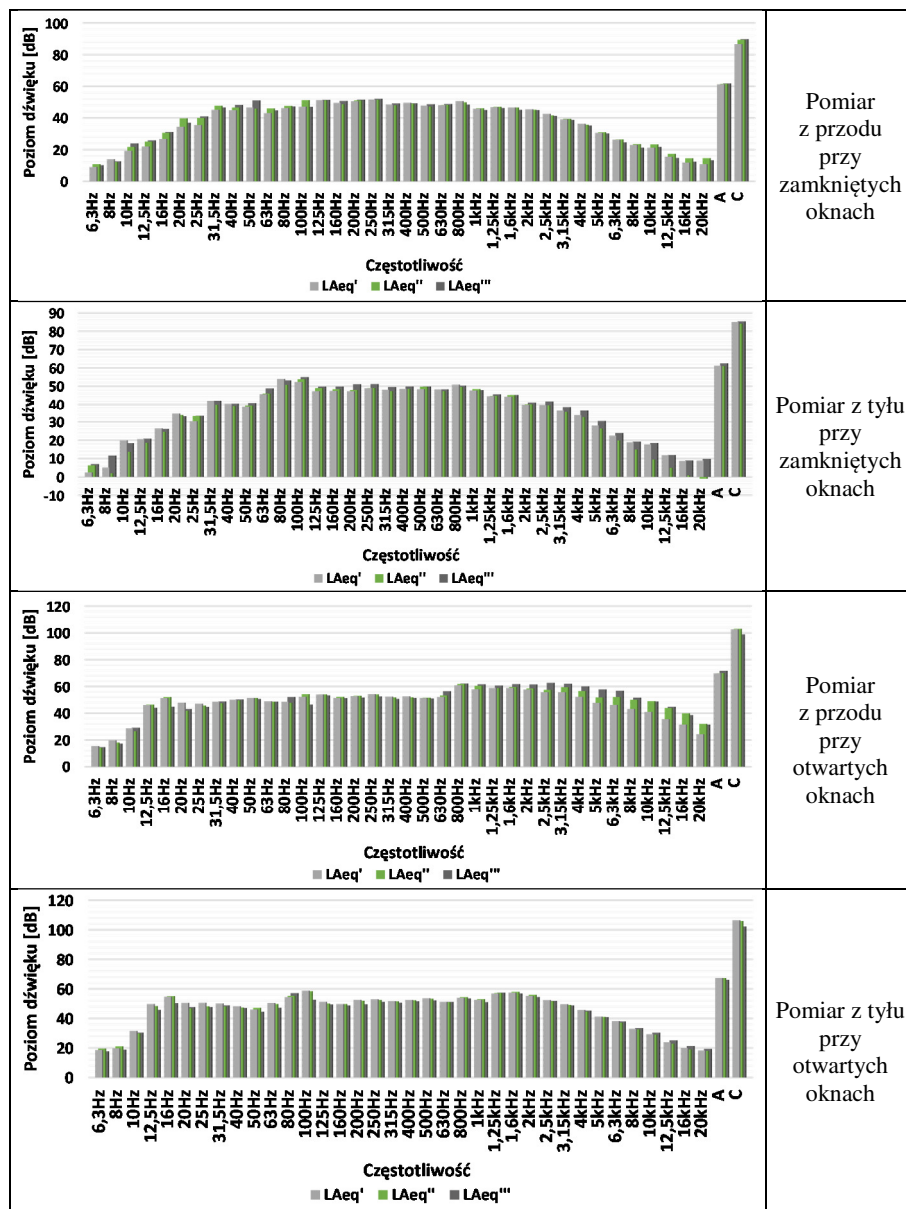


Tabela 7. Prędkość samochodu wynosząca 100 km/h na biegu 6

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

Tabela 8. Prędkość samochodu wynosząca 120 km/h na biegu 6

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z przodu przy otwartych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z tyłu przy otwartych oknach

Tabela 9. Prędkość samochodu wynosząca 140 km/h na biegu 6

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

3.2. Samochód poruszający się po nawierzchni asfaltobetonowej przy włączonej dmuchawie ogrzewania

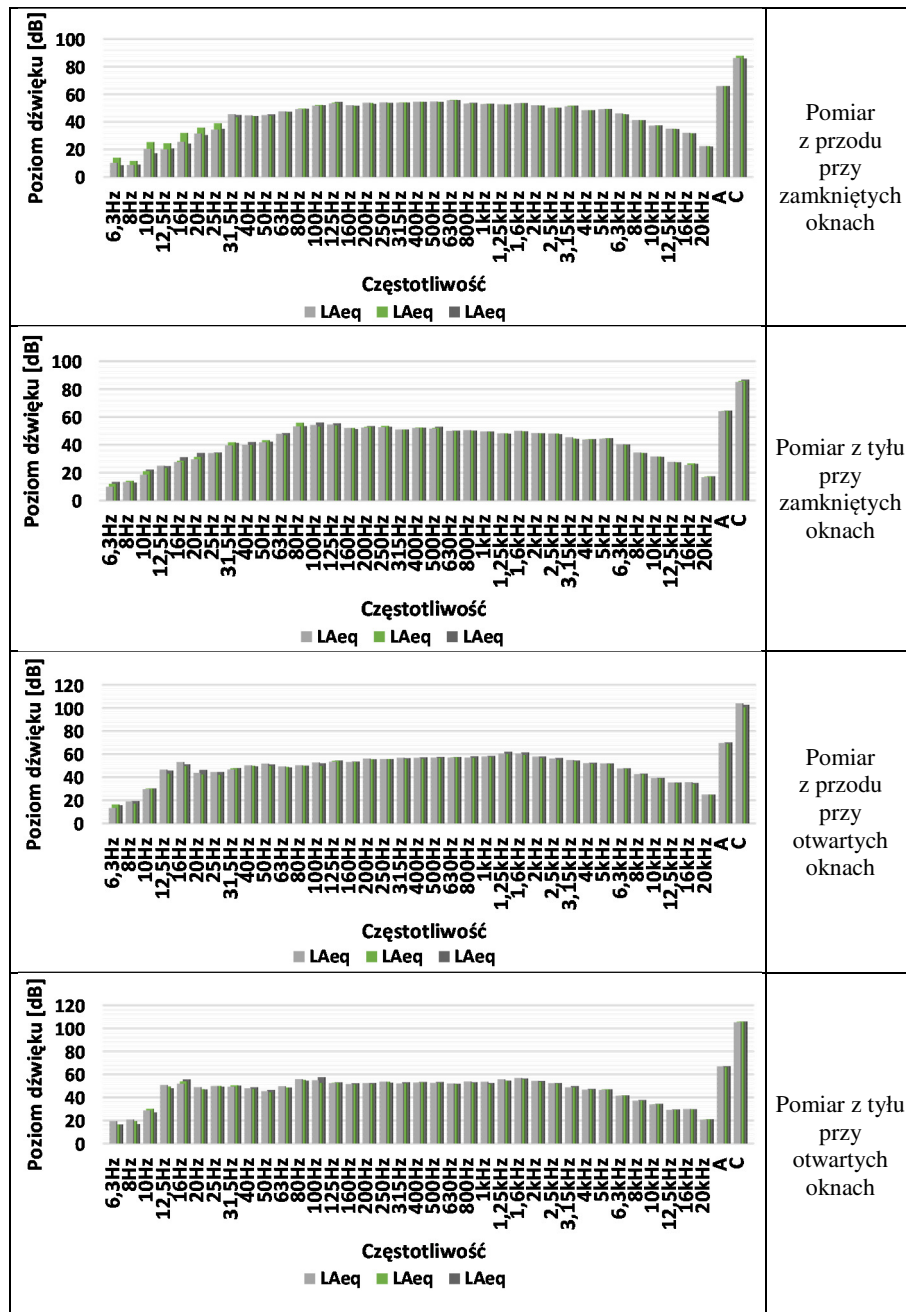
Tabela 10. Prędkość samochodu wynosząca 60 km/h na biegu 4

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

Tabela 11. Prędkość samochodu wynosząca 70 km/h na biegu 4

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

Tabela 12. Prędkość samochodu wynosząca 80 km/h na biegu 4



3.3. Samochód poruszający się po nawierzchni kostki granitowej przy wyłączonej dmuchawie ogrzewania

Tabela 13. Prędkość samochodu wynosząca 50 km/h na biegu 4

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

3.4. Samochód nieporuszający się przy wyłączonej dmuchawie ogrzewania

Tabela 14. Prędkość samochodu wynosząca 0 km/h na biegu luzem

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	Pomiar z przodu przy otwartych oknach
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq ■ LAeq ■ LAeq</p>	Pomiar z tyłu przy otwartych oknach

3.5. Samochód nieporuszający się przy włączonej dmuchawie ogrzewania

Tabela 15. Prędkość samochodu wynosząca 0 km/h na biegu luzem

<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy zamkniętych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z przodu przy otwartych oknach</p>
<p>Poziom dźwięku [dB]</p> <p>Częstotliwość</p> <p>■ LAeq' ■ LAeq'' ■ LAeq'''</p>	<p>Pomiar z tyłu przy otwartych oknach</p>

4. Podsumowanie badań

Na podstawie przeprowadzonej analizy można zauważyć, że poziom hałasu wzrasta wraz ze wzrostem prędkości jazdy pojazdu. Przy zamkniętych oknach hałas z przodu jak i z tyłu pojazdu jest na podobnym poziomie. Wyraźne różnice występują przy pracy silnika na biegu jałowym, gdzie poziom hałasu z tyłu jest niższy o ok. 1 dB oraz przy prędkościach 50 km/h i 60 km/h na biegu 4 oraz 140 km/h na biegu 6, gdzie hałas w tylnej części pojazdu jest wyższy o ok. 1-3 dB niż w przedniej. Różnice zauważyć można także podczas jazdy z prędkością 60 km/h na różnych biegach. Przy jeździe na biegu 4, wyższy poziom hałasu występuje z przodu pojazdu, a podczas jazdy na biegu 5 z tyłu. Spowodowane może to być różną prędkością obrotową silnika na różnych biegach. (bieg 5 jest dosyć wysokim przełożeniem w stosunku do prędkości jazdy i może powodować pracę na zbyt niskich obrotach), a przez to zwiększoną emisją drgań i występowaniem rezonansów.

Zdecydowany wzrost hałasu występuje po otwarciu okna w czasie jazdy. Wzrost ten jest tym wyższy im większa jest prędkość jazdy. Na miejscu kierowcy na biegu jałowym wynosi ok. 2 dB, przy prędkości 50 km/h wynosi ok. 5 dB, a przy prędkości 120 km/h jest równy ok. 8,5 dB. Z tyłu pojazdu wzrost ten jest mniejszy, przy prędkości 50 km/h wynosi ok. 0,6 dB, a przy prędkości 120 km/h jest równy ok. 4,7 dB. Wynika to z większej odległości od źródła hałasu. Przy prędkości 140 km/h po otwarciu okna poziom hałasu przekroczył wartość 80 dB.

Analiza zarejestrowanych danych pozwala zauważyć, że jazda na nawierzchni z kostki brukowej powoduje znaczący wzrost poziomu hałasu w porównaniu z jazdą z tą samą prędkością po nawierzchni asfaltobetonowej. Z przodu pojazdu różnica ta wynosi ok. 9-10 dB, a z tyłu 7,5 dB. Można również zauważyć, że otwarcie okna w czasie jazdy na obu porównywanych typach nawierzchni powoduje wzrost odczuwanego poziomu hałasu, bardziej zauważalny w przypadku jazdy po nawierzchni asfaltobetonowej. Z kolei analiza zarejestrowanych danych pod względem miejsca pomiaru można zauważyć, że z tyłu oraz z przodu pojazdu przy otwartym oknie przyjmują bardzo podobne wartości. Można również zauważyć, że podczas jazdy po kostce brukowej z prędkością 50 km/h hałas odczuwany wewnątrz pojazdu jest porównywalny z tym, który występuje w czasie jazdy po nawierzchni asfaltobetonowej z prędkością 120 km/h z zamkniętym oknem, lub 80 km/h przy otwartym oknie.

Analizując otrzymane dane można zauważyć, że przy zamkniętych oknach uruchomienie dmuchawy ogrzewania powoduje zauważalny wzrost poziomu hałasu we wnętrzu samochodu. Na miejscu kierowcy różnica ta wynosi ok. 5-6 dB, a na miejscach tylnych ok. 2,5-3 dB. Z kolei przy otwartym oknie wpływ ten zauważalny jest głównie przy prędkości 60 km/h, natomiast w pozostałych przypadkach wyniki są bardzo zbliżone, a nawet nieco niższe przy włączonej dmuchawie ogrzewania. Wynika to stąd, że przy wyższych prędkościach poziom hałasu wynikający z opływającego pojazd powietrza jest na tyle duży, że uruchomienie dmuchawy ogrzewania nie powoduje jego zagłuszenia. Równocześnie można zauważyć, że po uruchomieniu dmuchawy ogrzewania podczas jazdy z prędkością 60 km/h poziom hałasu na miejscu kierowcy jest porównywalny z występującym podczas jazdy z prędkością 100 km/h bez jej uruchomienia.

LITERATURA

1. JĘDRYSKO W., ŁAZARZ B., CZECH P., MATYJA T., WITASZEK M.: Oddziaływanie hałasu na kierowcę i pasażerów w samochodach osobowych. TTS, **12**(2015), 730-736.
2. WÓJCIK T., ŁAZARZ B., CZECH P., MAŃKA A., WITASZEK K.: Hałas odczuwalny podczas jazdy najstarszymi samochodami osobowymi i ciężarówkami poruszającymi się po polskich drogach – cz. 1. TTS, **12**(2015), 1680-1685.
3. WÓJCIK T., ŁAZARZ B., CZECH P., MAŃKA A., WITASZEK K.: Hałas odczuwalny podczas jazdy najstarszymi samochodami osobowymi i ciężarówkami poruszającymi się po polskich drogach – cz. 2. TTS, **12**(2015), 1686-1691.
4. WRÓBEL A., ŁAZARZ B., CZECH P., MATYJA T., WITASZEK M.: Wpływ wybranych warunków eksploatacyjnych na hałas samochodów osobowych. TTS, **12**(2015), 1696-1702.
5. AMBROSZKO W.: Źródła hałasu w pojazdach samochodowych. Badania hałasu w ruchu drogowym w wybranej miejscowości i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, **6**(2019), 120-127.
6. RADIC N., NOVAK C., ULE H.: Experimental evaluation of vehicle cabin noise using subjective and objective psychoacoustic analysis techniques. *Canadian Acoustics*, **39**(2011)4, 27-36.
7. ELLIOTT S.J.: A review of active noise and vibration control in road vehicles. *ISVR Technical Memorandum*, **981**(December 2008), 1-25. ISVR Institute of Sound and Vibration Research. University of Southampton.

