

Wojciech Ambroszko

Źródła hałasu w pojazdach samochodowych. Badania hałasu w ruchu drogowym w wybranej miejscowości i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo

JEL: Q53 DOI: 10.24136/atest.2019.137
Data zgłoszenia: 05.04.2019 Data akceptacji: 26.06.2019

W artykule omówiono istotne źródła hałasu w pojazdach samochodowych w odniesieniu do bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Praca zawiera wyniki badań i analiz poziomu hałasu w wybranych miejscach w Jeleniej Górze. W opracowaniu wskazano wpływ poziomu hałasu na bezpieczeństwo.

Słowa kluczowe: hałas, ruch drogowy, badania doświadczalne, wybrana miejscowość województwa dolnośląskiego.

Wstęp

Hałas tworzą dźwięki o zbyt dużym natężeniu. Mają one wpływ nie tylko na zdrowie, ale także na samopoczucie, koncentrację oraz wydajność organizmu. Najczęstszym źródłem hałasu w miastach jest ruch pojazdów mechanicznych. Najwyższe dźwięki są wytwarzane przez autobusy oraz samochody ciężarowe, natomiast samochody osobowe wytwarzają niższe, ale również oddziałujące negatywnie na organizm ludzki.

Na rys. 1 przedstawiono przykładowe poziomy hałasu i ich wpływ na zdrowie [1].



Rys. 1. Przykładowe wartości poziomów hałasu [1]

Poziomy hałasu jest uregulowany przepisami Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy i nie powinien przekraczać wyznaczonych progów. Często jednak okazuje się, że jest on wyższy i niezgodny z wymaganiami.

W artykule scharakteryzowano źródła powstawania hałasu podczas ruchu różnych pojazdów oraz od czego zależy wielkość tych dźwięków. Następnie określono, w jaki sposób wpływają one na zdrowie oraz właściwości psychofizyczne kierujących i ich bezpieczeństwo. Przedstawiono wyniki badań, sposób ich przeprowadzenia oraz

scharakteryzowano miejsca, w których były realizowane. Dokonano analizy otrzymanych wyników.

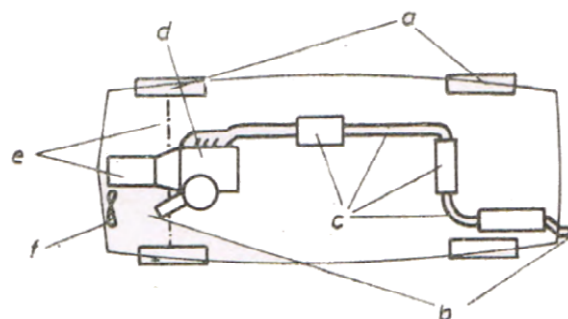
1. Główne źródła hałasu podczas ruchu pojazdów mechanicznych

W niniejszym rozdziale przeprowadzono analizę i wskazano na istotne źródła hałasu w poszczególnych grupach pojazdów.

Samochód osobowy

Na rys. 2 przedstawiono główne źródła hałasu samochodu osobowego w czasie jego ruchu. Są to:

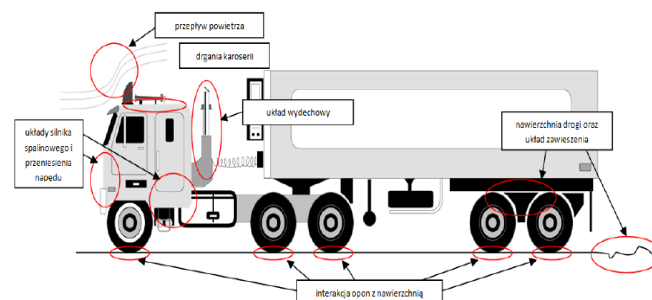
- toczenie się opon po powierzchni
- ssanie powietrza i wydech
- drgania przewodów systemu oddechowego
- drgania silnika
- drgania skrzyni biegów i układów przenoszenia napędu na koła
- szum wiatraka chłodnicy" [2]
 - układ zawieszenia
 - drgania karoserii
 -



Rys. 2. Główne źródła hałasu w samochodzie osobowym [2]

Samochód ciężarowy

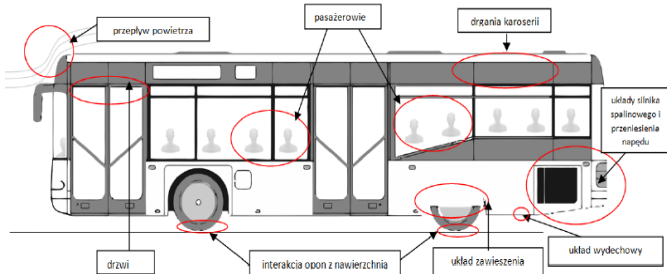
Elementy wytwarzające hałas w samochodach ciężarowych są podobne, jak w przypadku samochodów osobowych. Na rys. 3 wskazano na te źródła.



Rys. 3. Główne źródła hałasu w pojeździe ciężarowym [3].

Autobusy

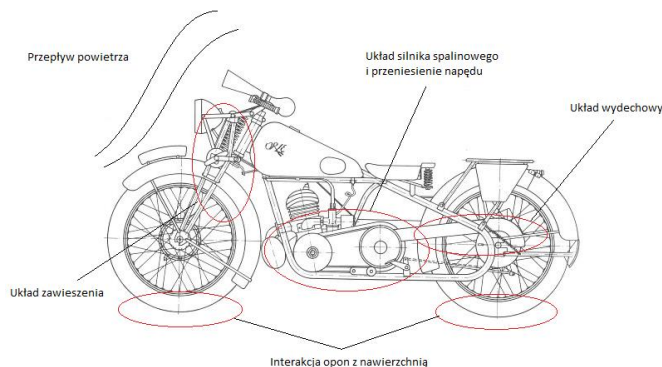
W przypadku autobusów również występują podobne źródła hałasu, jak we wcześniej wskazanych pojazdach. Dodatkowym źródłem może być hałas wynikający z otwierania i zamykania drzwi na przystankach autobusowych. Nie są one tak szczelne i nie posiadają takiego wygłuszenia, jak w przypadku drzwi jednoskrzydłowych. Kolejny hałas jest wytwarzany przez samych pasażerów, których liczba jest znacznie większa niż w przypadku pozostałych pojazdów mechanicznych. Na rys. 4 wskazano na te źródła.



Rys. 4. Główne źródła hałasu w autobusach [3].

Motocykle

Źródła hałasu w motocyklach są podobne do źródeł w w/w pojazdach - rys.5. Hałas wytwarzany przez motocykl jest o wiele trudniej zmniejszyć niż w pojazdach, ponieważ jednośladowy środek transportu nie posiada karoserii i poszczególne elementy wytwarzające hałas pozostają otwarte.



Rys. 5. Główne źródła hałasu w motocyklach - schemat motocykla - [4], zaznaczone elementy - opracowanie własne

2.Elementy powodujące hałas

Toczenie się kół oraz wpływ nawierzchni

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że interakcja opon z nawierzchnią jest głównym źródłem hałasu przy prędkości powyżej 55 km/h dla samochodów osobowych, zaś dla samochodów ciężarowych przy prędkości powyżej 70 km/h" [5]. Podczas toczenia się kół występują następujące zjawiska powodujące powstawanie hałasu:

- drganie opony, które jest głównym źródłem hałasu (hałas powstaje na skutek wzbudzenia drgań powietrza w rowkach bieżnika),
- airpumping (gdy bieżnik opony naciera na jezdnię, odkształcające się klocki bieżnika powodują cykliczne zagęszczanie i rozrzedzanie powietrza) [6],
- zjawisko stick-slip - intensywnie trące o jezdnię klocki bieżnika, które wywołują drgania o wyższej częstotliwości niż podczas toczenia, które są słyszalne, jako donośny pisk [7],
- ząbkowanie opon - zjawisko, które polega na zużywaniu się pojedynczych klocków bieżnika; na to zjawisko narażone są przede

wszystkich nowe opony, ponieważ posiadają one wysoki bieżnik, który jest bardziej elastyczny,

- rezonans Helmholtz'a - występuje wtedy, gdy rowek wypełniony powietrzem przechodzi przez krawędź wyjścia opony ze styku z nawierzchnią [8],
- ciśnienie w ogumieniu - im większe ciśnienie tym wytwarzany hałas jest mniejszy; jest to związane z kontaktem opony z nawierzchnią; w oponie o zbyt niskim ciśnieniu mieszanka gumowa odkształca się i następuje większa styczność z podłożem, natomiast przy zbyt wysokim ciśnieniu opona ma kontakt z nawierzchnią głównie w środkowej części bieżnika,
- konstrukcja opony,
 - szerokość opony - im większa szerokość tym powstający hałas jest większy; szersza opona współpracuje z jezdnią na większej powierzchni i powoduje większy hałas, gdyż przetłacza więcej powietrza (wzbudzając w nim drgania) niż opona wąska [6],
 - głębokość i szerokość rowków bieżnika - im te wartości są większe tym większy hałas jest tworzony poprzez przemieszczanie się powietrza podczas jazdy spod opony (przetłaczanie większych ilości powietrza),
 - twardość opony (skład mieszanki gumowej) - im twardsza opona tym większy jest wytwarzany hałas; wynikiem tej właściwości jest zwiększenie wymuszeń kontaktu opony z nawierzchnią (brak łagodnego przejścia kontaktu opony z nawierzchnią jezdnią),
 - rowki poprzeczne - zmniejszenie hałasu - zmniejszenie ilości rowków poprzecznych i/lub ukształtowanie tych rowków w taki sposób, aby ich przebieg nie pokrywał się z przebiegiem krawędzi śladu styku opony z jezdnią [8],

Istotną rolę w tworzeniu hałasu odgrywa także nawierzchnia, po której porusza się pojazd. Struktura i materiał nawierzchni mają ogromny wpływ na poziom tworzony hałas. Ważne są również warunki atmosferyczne, na przykład hałas wytwarzany podczas jazdy na tej samej mokrej nawierzchni będzie większy niż na suchej drodze.

Układ wydechowy

Układ wydechowy jest istotnym podzespołem pojazdów mechanicznych. Jest on bezpośrednio powiązany z jednostką napędową. Ma on za zadanie odprowadzania mieszanki gazowej powstałej w wyniku spalania paliwa w silniku. Kolejnym zadaniem jest redukcja hałasu powstałego podczas wykonywania wyżej wymienionego procesu. Można to osiągnąć poprzez wydłużenie drogi fali dźwiękowej za pomocą kształtowania geometrii rur wydechowych, komór kompensacyjnych oraz tłumików wydechu. Główną rolę zmniejszenia dźwięków podczas pracy silnika w układzie wydechowym wykonuje zestaw tłumików.

Istnieją cztery rodzaje tłumików:

- tłumik refleksyjny,
- tłumik absorpcyjny,
- tłumik interferencyjny,
- tłumik kombinowany.

Tłumik refleksyjny

Zbudowany jest z kilku komór, systemu rurek oraz otworów, które wyznaczają drogę przepływu spalin. Aby gazy mogły wyjść na zewnątrz muszą pokonać określoną trasę poprzez kolejne komory aż do ujścia. Tłumienie polega na wielokrotnym odbijaniu poruszającej się wraz ze spalinami fali dźwiękowej. Tłumienie fali następuje podczas każdego odbicia fali i utracie części energii.

Tłumik absorpcyjny

Tłumik absorpcyjny składa się z rury perforowanej, wokół której znajduje się materiał pochłaniający drgania, w tym przypadku wata, której zadaniem jest tłumienie ruchu cząstek spalin wypełniających obudowę tłumika.

Tłumik interferencyjny

Zasada działania tego układu polega na tym, że wpływający do tłumika, drgający strumień spalin, zostaje rozdzielony na dwa strumienie, z których jeden płynie kanałem krótszym, a drugi kanałem dłuższym. Na wylocie z układu strumienie te łączą się ze sobą i następuje ich interferencja. Przy określonych częstotliwościach drgań następuje tłumienie.

Tłumik kombinowany

Budowa tłumika kombinowanego polega na połączeniu dwóch lub trzech rodzajów tłumików wymienionych wcześniej. Stosowany jest, aby osiągnąć odpowiednie właściwości tłumiące, ponieważ żaden z wymienionych wyżej rodzajów tłumików nie jest w stanie tłumić dźwięków o każdej częstotliwości.

3. Układ napędowy pojazdu

W pojazdach samochodowych stosowane są następujące układy napędowe:

- z silnikiem z zapłonem iskrowym,
- z silnikiem zapłonem samoczynnym,
- z silnikiem elektrycznym,
- hybrydowy (połączenie silnika elektrycznego i spalinowego).

W opracowaniu pominięto źródła hałasu pochodzące od silnika elektrycznego i układu hybrydowego, ponieważ są one ciche podczas pracy.

Przyczyną powstawania zjawisk, które są źródłem hałasu w w/w silnikach jest spalanie mieszanki paliwowej, czyli szereg przemian termodynamicznych. Źródłami hałasu w silnikach są:

- uderzenia tłoków o ścianki cylindrów,
- warunki pracy (sposób jazdy kierowcy),
- drgania kadłuba i podstawy silnika,
- praca mechanizmów, które wtłokują paliwo,
- spalanie mieszanki paliwowej,
- liczba cylindrów,
- rodzaj użytego rozrządu,
- konstrukcja i umiejscowienie korbowodu.

4. Turbosprężarki

Turbosprężarka jest zbudowana z dwóch elementów. Składa się z turbiny oraz sprężarki, która jest zamontowana na kręcącym się wale turbiny. Zadaniem całego mechanizmu jest zwiększenie mocy silnika oraz jego sprawności, poprzez dostarczenie większej ilości mieszanki paliwa wraz z powietrzem do silnika. Źródłem hałasu podczas pracy turbosprężarek są:

- bicie wirnika, które wywołuje drgania całego korpusu sprężarki i emisję fali dźwiękowej,
- niedokładność wykonania kanałów łopatkowych sprężarki, które wywołuje wahania ciśnienia w strumieniu powietrza,
- konstrukcyjne ukształtowanie skrzyni wylotowej sprężarki,
- ułożyskowanie wirnika, co wywołuje zjawiska dynamiczne w filmie olejowym.

5. Zawieszenie pojazdu

Źródła hałasu w zawieszeniu są związane przede wszystkim z eksploatacją pojazdu. Z czasem elementy zużywają się i niewymienione, bądź nienaprawione powodują hałas. Przykładowe powody powstawania hałasu w zawieszeniu:

- nieprawidłowa geometria zawieszenia,
- luzy w tulejach wahaczy i sworzniach,
- nieprawidłowa praca amortyzatorów,
- usterki układu hamulcowego oraz kierowniczego,
- zużycie elementów sprężystych,
- zużycie elementów prowadzących.

6. Inne źródła hałasu w pojeździe

Przekładnia zębata (np. w skrzyni biegów)

Przyczyną hałasu w przekładniach mogą być:

- tarcie przesuwających się względem siebie powierzchni zębów
- uderzenia o siebie wzajemnie zazębiających się części zęba,
- drganie powietrza lub oleju wytłaczanego z przestrzeni międzyzębnych przez naciskające na siebie powierzchnie,
- drgania zębów i innych elementów przekładni zębatych.

Praca łożysk

Przyczyną powstawania hałasu w łożyskach ślizgowych są:

- tarcie powierzchni czopa dociskanego do panewki,
 - tarcie wiskotyczne przesuwających się względem siebie warstwek oleju,
 - tarcie suche,
 - drganie wału i podstawy, do której umocowane są panewki.
- Przyczyną powstawania hałasu w łożyskach tocznych są:
- poślizg kulek toczących się po powierzchni pierścienia,
 - stan elementów łożyska.

Opór aerodynamiczny (kształt nadwozia)

Największy współczynnik oporu aerodynamicznego c_x w kierunku wzdłużnym posiadają pojazdy ciężarowe, ponieważ mają one największy profil nadwozia i nie jest on tak opływowy, jak w przypadku innych pojazdów.

Najistotniejszy wpływ na opór aerodynamiczny dotyczący różnic kształtu poszczególnych elementów nadwozia przy niezmienności innych elementów mają [13]:

- pochylenie pokrywy przedziału silnika (46,5%),
- pochylenie przedniego pasa (17,0%),
- zwężenie przodu i tyłu (11,7%),
- pochylenie szyby tylnej (11,5%),
- podcięcie tylnego słupka (3,9%),
- związek pochylenia tylnej szyby i spojlera (1,9%),
- związek pochylenia szyby przedniej i tylnej (1,7%).

Na podstawie powyższej analizy można wnioskować, że:

- im większy opór aerodynamiczny, tym większy hałas jest generowany podczas ruchu pojazdu,
- im większa prędkość pojazdu, tym powstający hałas jest większy, ponieważ opór aerodynamiczny wzrasta z kwadratem prędkości.

7. Wpływ właściwości psychofizycznych kierującego na bezpieczeństwo ruchu

Hałas jest zjawiskiem oddziałującym negatywnie na człowieka. Problem hałasu jest znany niemalże każdemu. Pierwsza inicjatywa zmniejszenia hałasu pojawiła się w Europie w latach 70-tych XX wieku, lecz nagły rozwój przemysłu samochodowego oraz zwiększenie zapotrzebowania na pojazdy zmniejszyły sukces tego przedsięwzięcia. Pod koniec lat 90-tych XX wieku pojawiły się poważne problemy z poziomem głośności generowanym przez samochody. W 2002 roku została wprowadzona przez Parlament Europejski Dyrektywa 2002/49/WE, której celem było ustalenie zasad oceniania i zarządzania hałasem w środowisku.

Według Dyrektywy 2002/49/WE najbardziej uciążliwym źródłem hałasu w środowisku jest komunikacja drogowa.

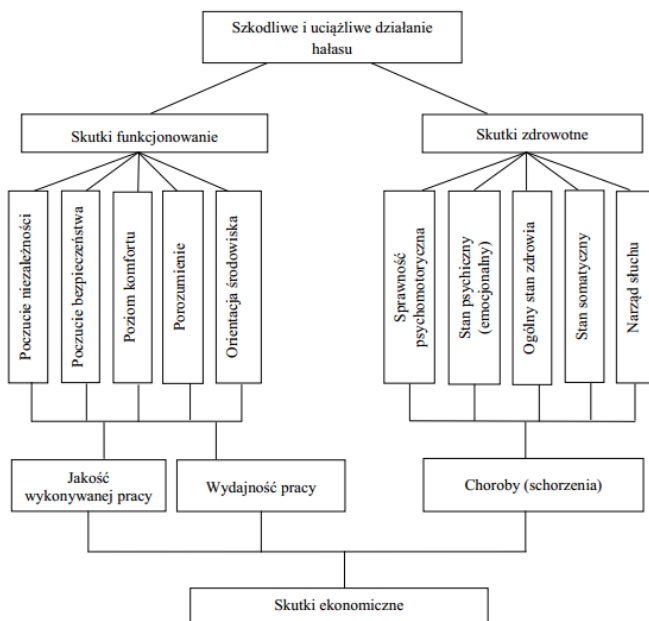
Według ostatnich danych WHO około 40% mieszkańców UE (200 mln) narażonych jest na hałas drogowy przekraczający 55 dB w ciągu doby, w tym 20% (100 mln) – na hałas przekraczający 65 dB w ciągu dnia, natomiast ponad 30% (150 mln) – na hałas przekraczający 55 dB w ciągu nocy [14].

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Wskazują one, w jaki sposób zmieniał się hałas w ciągu 15 lat.

Tab. 2 Zmiana hałasu na przestrzeni lat [14]

Okres	Procent pomiarów LAeq D w poszczególnych zakresach poziomu dźwięku [%]			
	< 60 dB	≥ 60 dB	< 70 dB	≥ 70 dB
1993 - 1996	11,6	88,4	47,9	52,1
1997 - 2001	12,0	88,0	44,7	55,4
2002 - 2006	7,9	92,1	59,3	40,7
2007 - 2008	6,8	93,2	69,4	30,6

Na rys. 6 przedstawiono wpływ hałasu na człowieka.



Rys. 6. Efekt oddziaływania wysokonapięciowych dźwięków [3].

Skutki hałasu na właściwości psychofizyczne kierującego oraz bezpieczeństwo ruchu:

- rozdrażnienie - prowadzenie pojazdu podczas długotrwałego hałasu może oddziaływać na organizm psychicznie, zamiast skupiać się na drodze, dźwięki będą dekoncertować kierowcę,
- spadek koncentracji - kierowca nie będzie wystarczająco skupiony na drodze, może spowodować kolizję,
- zmęczenie,
- zagnieżdzenie sygnałów dźwiękowych z zewnątrz - nieusłyszenie przejazdu służb ratowniczych na sygnale, sygnału dźwiękowego innych pojazdów,
- przytępienie ostrości widzenia,
- opóźnienie reakcji,
- bóle głowy,
- dyskomfort, pogorszenie samopoczucia,
- stres.

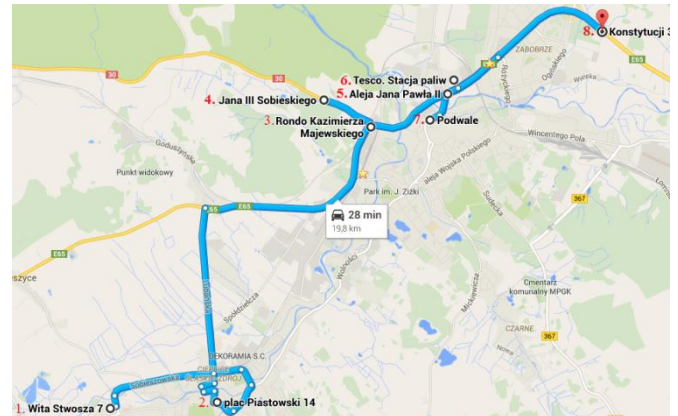
Podczas jazdy występują także drgania mechaniczne. Mają one podobny efekt oddziaływania, co hałas. U kierowców zawodowych należy je zniwelować, ponieważ podczas długiej jazdy następuje skumulowanie ich oddziaływania w czasie.

W celu zmniejszenia odczucia drgań mechanicznych stosuje się specjalny rodzaj fotela kierowcy, który jest wyposażony w amortyzatory.

8. Badania

Program badań

Badania zostały przeprowadzone w dniach od 7 lipca do 13 lipca w 2014 roku. Badania te przeprowadzono w ośmiu miejscach na terenie i obrzeżach Jeleniej Góry o różnych porach dnia. Wybrano lokalizacje różniące się między sobą stanem nawierzchni dróg, natężeniem ruchu oraz dopuszczalną prędkością poruszania się. Stanowiska pomiarowe oznaczone na mapie Jeleniej Góry pokazano na rys. 7.



Rys. 7. Położenie stanowisk pomiarowych [15].

Wybrano następujące punkty pomiarowe:

1. Jelenia Góra, ulica Wita Stwosza 7, nawierzchnia asfaltowa o bardzo dobrym stanie, dozwolona prędkość 30 km/h, strefa zamieszkania.
2. Jelenia Góra, ulica Plac Piastowski 14, nawierzchnia kostka brukowa o bardzo dobrym stanie, dozwolona prędkość: 40 km/h.
3. Jelenia Góra, Rondo Kazimierza Majewskiego, nawierzchnia asfaltowa o bardzo dobrym stanie, dozwolona prędkość: 40 km/h oraz 20 km/h dla pojazdów ciężarowych.
4. Jelenia Góra, ulica Jana III Sobieskiego, droga krajowa 30, asfaltowa nawierzchnia w stanie dobrym, lekkie wyboje, dozwolona prędkość: 60 km/h.
5. Jelenia Góra skrzyżowanie Alei Jana Pawła II z ulicą Grunwaldzką, asfaltowa nawierzchnia w stanie dobrym, dozwolona prędkość: 50 km/h.
6. Jelenia Góra parking przy sklepie TESCO Aleja Jana Pawła II, droga wewnętrzna, nawierzchnia asfaltowa w złym stanie, liczne wyrwy, dozwolona prędkość: 20 km/h.
7. Jelenia Góra, ulica Podwale, centrum, nawierzchnia asfaltowa w średnim stanie, lekko pozapadane studzienki oraz małe pęknięcia, dozwolona prędkość: 50 km/h.
8. Jelenia Góra, ulica Konstytucji 3 Maja, obwodnica, nawierzchnia asfaltowa w dobrym stanie, drobne pęknięcia, dozwolona prędkość: 50 km/h.

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu miernika natężenia dźwięków firmy Sonopan model T-10.

Wyniki badań

Podczas badań dokonywano pomiaru wartości natężenia hałasu LAf [dB] na stanowiskach pomiarowych przy przejeździe kilku różnych środków lokomocji. W niektórych przypadkach nie odnotowano wyników pomiaru, ponieważ nie było wystarczającego ruchu pojazdów. W poszczególnych tabelach przedstawiono wyniki badań.

Tab. 3.1. Jelenia Góra, ulica Wita Stwosza 7

Data i czas pomiarów							
07.07.14 12:00		08.07.14 18:24		09.07.14 15:17		10.07.14 21:02	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
1	55,0	9	74,0	17	68,5	25	70,0
2	69,5	10	77,5	18	59,0	26	63,5
3	56,0	11	73,5	19	66,0	27	65,0
4	57,0	12	75,0	20	68,0	28	61,5
5	62,0	13	73,0	21	63,5	29	68,0
6	70,0	14	73,0	22	62,0	-	-
7	64,0	15	70,5	23	58,0	-	-
8	65,0	16	71,0	24	62,0	-	-

Tab. 3.2. Jelenia Góra, ulica Wita Stwosza 7

Data i czas pomiarów							
11.07.14 9:17		12.07.14 00:00		12.07.14 12:12		13.07.14 14:42	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
30	55,0	38	68,0	40	69,0	48	65,5
31	71,5	39	70,0	41	67,0	49	70,0
32	66,5	-	-	42	65,0	50	73,5
33	61,0	-	-	43	68,5	51	64,5
34	65,5	-	-	44	68,5	52	68,0
35	61,0	-	-	45	73,5	53	68,5
36	67,5	-	-	46	61,5	54	69,0
37	61,0	-	-	47	64,5	55	69,0

Tab. 4.1. Jelenia Góra, ulica Plac Piastowski 14

Data i czas pomiarów							
07.07.14 12:13		08.07.14 18:36		09.07.14 15:30		10.07.14 21:13	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
1	63,0	9	68,0	17	65,5	25	65,5
2	61,5	10	69,0	18	69,5	26	72,5
3	68,0	11	70,0	19	70,5	27	73,0
4	80,0	12	72,5	20	73,0	28	77,0
5	72,5	13	67,0	21	68,0	-	-
6	71,5	14	65,5	22	68,5	-	-
7	77,5	15	69,5	23	69,0	-	-
8	64,0	16	67,0	24	68,0	-	-

Tab. 4.2. Jelenia Góra, ulica Plac Piastowski 14

Data i czas pomiarów							
11.07.14 9:30		12.07.14 12:25		13.07.14 00:00		13.07.14 14:55	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
29	73,5	37	58,5	45	69,0	48	67,5
30	76,0	38	71,5	46	72,5	49	65,5
31	77,0	39	65,0	47	61,0	50	68,0
32	78,0	40	69,5	-	-	51	73,0
33	74,0	41	67,0	-	-	52	70,0
34	72,5	42	64,5	-	-	53	68,0
35	67,0	43	63,5	-	-	54	79,5
36	65,5	44	62,5	-	-	55	79,0

Tab. 5.1. Jelenia Góra, Rondo Kazimierza Majewskiego

Data i czas pomiarów							
07.07.14 00:00		07.07.14 12:30		08.07.14 18:54		09.07.14 15:48	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
1	65,5	9	74,5	17	67,0	25	62,5
2	59,0	10	78,5	18	70,0	26	65,0
3	68,0	11	78,5	19	77,0	27	67,0
4	55,0	12	73,5	20	69,5	28	63,0
5	68,5	13	84,0	21	66,0	29	63,0
6	57,0	14	85,5	22	70,5	30	68,5
7	72,0	15	73,0	23	67,5	31	67,0
8	64,0	16	85,0	24	69,5	32	68,0

Tab. 5.2. Jelenia Góra, Rondo Kazimierza Majewskiego

Data i czas pomiarów							
10.07.14 21:29		11.07.14 9:49		12.07.14 12:46		13.07.14 15:25	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
33	64,0	41	60,5	49	61,0	57	62,0
34	63,5	42	64,0	50	65,5	58	63,5
35	70,5	43	64,5	51	69,5	59	65,0
36	76,5	44	66,0	52	67,5	60	64,5
37	60,0	45	58,5	53	58,0	61	64,5
38	63,0	46	77,5	54	65,0	62	69,5
39	75,0	47	79,5	55	66,5	63	59,5
40	60,5	48	65,0	56	62,0	64	75,0

Tab. 6.1. Jelenia Góra, ul. Jana III Sobieskiego - droga krajowa 30

Data i czas pomiarów							
07.07.14 12:42		08.07.14 19:41		09.07.14 15:56		10.07.14 21:37	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
1	69,0	9	66,0	17	76,0	25	80,0
2	67,0	10	66,0	18	79,5	26	76,0
3	65,0	11	70,0	19	72,5	27	77,5
4	80,5	12	66,5	20	75,5	28	78,0
5	78,0	13	67,5	21	77,0	29	74,0
6	68,0	14	72,0	22	74,5	30	73,5
7	71,5	15	73,0	23	76,5	31	72,5
8	63,0	16	68,0	24	84,0	32	77,0

Tab. 6.2. Jelenia Góra, ul. Jana III Sobieskiego - droga krajowa 30

Data i czas pomiarów							
11.07.14 9:56		12.07.14 12:52		13.07.14 00:40		13.07.14 15:31	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
33	79,0	41	74,5	49	79,5	57	75,5
34	81,5	42	76,5	50	79,0	58	79,0
35	78,5	43	72,0	51	79,0	59	75,0
36	73,5	44	72,5	52	81,0	60	76,5
37	72,0	45	81,5	53	75,0	61	77,0
38	85,0	46	73,0	54	73,0	62	79,0
39	78,5	47	76,5	55	74,5	63	76,0
40	75,0	48	73,0	56	75,5	64	83,0

Tab. 7.1. Jelenia Góra, Skrzyżowanie Al. Jana Pawła II z ulicą Grunwaldzką

Data i czas pomiarów							
07.07.14 13:03		08.07.14 19:05		09.07.14 00:00		09.07.14 16:11	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
1	81,0	9	77,5	17	69,5	25	77,5
2	78,0	10	71,5	18	77,5	26	73,5
3	76,5	11	73,5	19	74,0	27	74,0
4	78,0	12	76,0	20	76,0	28	80,0
5	74,0	13	76,0	21	78,0	29	79,5
6	75,5	14	78,5	22	80,0	30	75,0
7	95,0	15	71,0	23	77,0	31	76,5
8	66,0	16	72,0	24	68,0	32	68,0

Tab. 7.2. Skrzyżowanie Al. Jana Pawła II z ulicą Grunwaldzką

Data i czas pomiarów							
10.07.14 21:55		11.07.14 10:09		12.07.14 13:21		13.07.14 15:48	
i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]	i.p.	L _{AF} [dB]
33	69,5	41	78,5	49	75,0	57	79,5
34	68,5	42	84,0	50	79,0	58	74,0
35	76,0	43	73,5	51	73,5	59	76,5
36	78,5	44	75,0	52	74,5	60	76,5
37	80,5	45	76,5	53	71,5	61	73,5
38	72,0	46	73,0	54	74,5	62	77,5
39	69,0	47	74,5	55	79,0	63	76,5
40	77,5	48	71,0	56	69,0	64	67,0

Tab. 8.1. Jelenia Góra parking przy TESCO Aleja Jana Pawła II

Data i czas pomiarów							
07.07.14 13:08		08.07.14 19:11		09.07.14 16:05		10.07.14 00:00	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
1	58,0	9	60,0	17	59,0	25	69,0
2	68,0	10	65,0	18	62,0	-	-
3	63,5	11	67,0	19	64,0	-	-
4	57,0	12	68,0	20	62,5	-	-
5	69,5	13	66,5	21	63,0	-	-
6	64,5	14	58,5	22	65,0	-	-
7	68,5	15	56,0	23	66,5	-	-
8	66,0	16	63,5	24	58,0	-	-

Tab. 8.2. Jelenia Góra parking przy TESCO Aleja Jana Pawła II

Data i czas pomiarów							
10.07.14 21:47		11.07.14 10:14		12.07.14 13:03		13.07.14 15:42	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _A [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
26	68,0	34	68,0	42	71,5	50	59,0
27	65,5	35	69,0	43	68,0	51	69,5
28	66,5	36	69,5	44	73,0	52	71,0
29	66,5	37	67,5	45	72,0	53	68,0
30	69,0	38	68,5	46	74,0	54	64,0
31	68,5	39	61,0	47	70,0	55	67,5
32	69,0	40	63,0	48	70,0	56	65,0
33	70,0	41	65,0	49	75,5	57	70,0

Tab. 9.1. Jelenia Góra, ulica Podwale - centrum

Data i czas pomiarów							
07.07.14 13:23		08.07.14 19:24		09.07.14 16:21		10.07.14 22:05	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
1	62,0	9	84,0	17	91,5	25	59,0
2	70,5	10	76,0	18	66,5	26	67,5
3	66,0	11	74,5	19	69,0	27	59,5
4	65,5	12	78,0	20	71,0	28	78,0
5	79,0	13	72,0	21	72,0	29	70,5
6	72,0	14	74,0	22	73,5	30	68,0
7	64,0	15	77,5	23	73,0	31	70,5
8	68,5	16	76,0	24	71,5	32	70,0

Tab. 9.2. Jelenia Góra, ulica Podwale - centrum

Data i czas pomiarów							
11.07.14 00:00		11.07.14 10:29		12.07.14 13:32		13.07.14 16:02	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
33	73,0	41	63,0	49	64,0	57	70,0
34	61,0	42	72,5	50	67,0	58	69,5
35	60,0	43	69,5	51	68,0	59	72,0
36	64,0	44	70,0	52	78,5	60	71,0
37	65,5	45	72,0	53	77,5	61	71,0
38	73,5	46	75,0	54	73,5	62	78,0
39	74,0	47	70,5	55	74,0	63	65,0
40	72,0	48	78,0	56	62,0	64	68,5

Tab. 10.1. Jelenia Góra, ulica Konstytucji 3 Maja - obwodnica


Data i czas pomiarów							
07.07.14 13:44		08.07.14 00:00		08.07.14 20:00		09.07.14 16:50	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
1	78,0	9	82,0	17	77,5	25	73,5
2	76,5	10	80,0	18	85,0	26	74,0
3	76,5	11	75,5	19	82,0	27	78,0
4	77,5	12	77,0	20	84,0	28	78,5
5	74,5	13	80,0	21	78,5	29	73,5
6	72,5	14	89,0	22	77,5	30	70,5
7	69,0	15	88,0	23	82,5	31	71,0
8	78,0	16	81,5	24	75,0	32	71,5

Tab. 10.2. Jelenia Góra, ulica Konstytucji 3 Maja - obwodnica

Data i czas pomiarów							
10.07.14 22:29		11.07.14 10:38		12.07.14 13:55		13.07.14 17:08	
l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]	l.p.	L _{AF} [dB]
33	78,5	41	73,0	49	77,0	57	73,0
34	74,0	42	72,0	50	78,5	58	75,0
35	85,5	43	72,5	51	76,5	59	75,5
36	70,5	44	72,5	52	79,5	60	76,0
37	71,5	45	79,0	53	73,0	61	79,0
38	73,5	46	74,0	54	73,5	62	76,5
39	72,0	47	73,0	55	74,0	63	73,5
40	79,0	48	83,0	56	80,5	64	78,5

Legenda:

 - Pomiar podczas ruchu większego samochodu dostawczego (busa)

 - Pomiar podczas ruchu karetki ratunkowej na sygnale

 - Pomiar podczas ruchu autobusu

 - Pomiar podczas ruchu motocykla

9. Analiza wyników

W analizie dokonano oceny wyników badań w poszczególnych punktach pomiarowych oraz porównano z wymaganiami normy.

Sprawdzenie pomiarów pod względem podobieństwa wartości poziomu hałasu tworzonego przez ten sam typ pojazdów na stanowiskach pomiarowych.

Wartość średnią poziomu dźwięku obliczono ze wzoru nr 1:

$$L_{AF \text{ } \bar{s}r} = 10 * \log \left[\frac{1}{n} * \left(\sum_{n=1}^n 10^{0,1 * L_{AF}} \right) \right] \text{ [dB]} \quad (1)$$

gdzie:

n - liczba pojedynczych pomiarów elementarnych

$L_{AF \text{ } \bar{s}r}$ - średni poziom dźwięku

L_{AF} - wynik pojedynczego pomiaru elementarnego

Odchylenie standardowe obliczono ze wzoru nr 2:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \right) * \sum_{n=1}^n (L_{AF \text{ } \bar{s}r} - L_{AF})^2} \text{ [dB]} \quad (2)$$

gdzie:

σ - odchylenie standardowe

$L_{AF \text{ } \bar{s}r}$ - średni poziom dźwięku

L_{AF} - wynik pojedynczego pomiaru elementarnego

Pominięto jednokrotne wyniki badań występujące na danym stanowisku pomiarowym.

Zastosowano następujący sposób zapisu:

$$L_{AF \text{ } \bar{s}r \text{ } XY} ; \sigma_{XY}$$

X - numer stanowiska pomiarowego

Y - oznaczenie rodzaju pojazdu (o - osobowy, c - ciężarowy, a - autobus, m - motocykl)

1. Jelenia Góra, ulica Wita Stwosza 7:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \bar{s}r \text{ } 1o} \approx 68,95 \text{ [dB]}; \sigma_{1o} \approx 5,85 \text{ [dB]}$$

2. Jelenia Góra, ulica Plac Piastowski 14:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 2o} \approx 72,33 [dB]; \sigma_{2o} \approx 5,66 [dB]$$

3. Jelenia Góra, Rondo Kazimierza Majewskiego:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 3o} \approx 68,80 [dB]; \sigma_{3o} \approx 5,86 [dB]$$

Pojazdy ciężarowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 3c} \approx 82,03 [dB]; \sigma_{3c} \approx 6,06 [dB]$$

Autobusy:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 3a} \approx 76,43 [dB]; \sigma_{3a} \approx 1,79 [dB]$$

4. Jelenia Góra, ulica Jana III Sobieskiego - Droga Krajowa 30:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 4o} \approx 76,38 [dB]; \sigma_{4o} \approx 4,82 [dB]$$

Pojazdy ciężarowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 4c} \approx 80,69 [dB]; \sigma_{4c} \approx 7,32 [dB]$$

5. Jelenia Góra skrzyżowanie Alei Jana Pawła II z ulicą Grunwaldzką:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 5o} \approx 75,89 [dB]; \sigma_{5o} \approx 3,91 [dB]$$

Pojazdy ciężarowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 5c} \approx 79,77 [dB]; \sigma_{5c} \approx 3,09 [dB]$$

6. Jelenia Góra parking przy TESCO Aleja Jana Pawła II:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 6o} \approx 68,02 [dB]; \sigma_{6o} \approx 4,77 [dB]$$

7. Jelenia Góra, ulica Podwale - centrum:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7o} \approx 72,55 [dB]; \sigma_{7o} \approx 5,91 [dB]$$

Pojazdy ciężarowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7c} \approx 87,15 [dB]; \sigma_{7c} \approx 9,19 [dB]$$

Autobusy:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7a} \approx 75,67 [dB]; \sigma_{7a} \approx 3,01 [dB]$$

Motocykle:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7m} \approx 78,03 [dB]; \sigma_{7m} \approx 0,71 [dB]$$

8. Jelenia Góra, ulica Konstytucji 3 Maja - obwodnica:

Pojazdy osobowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 8o} \approx 76,32 [dB]; \sigma_{8o} \approx 3,20 [dB]$$

Pojazdy ciężarowe:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 8c} \approx 84,80 [dB]; \sigma_{8c} \approx 3,82 [dB]$$

Autobusy:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 8a} \approx 80,43 [dB]; \sigma_{8a} \approx 1,79 [dB]$$

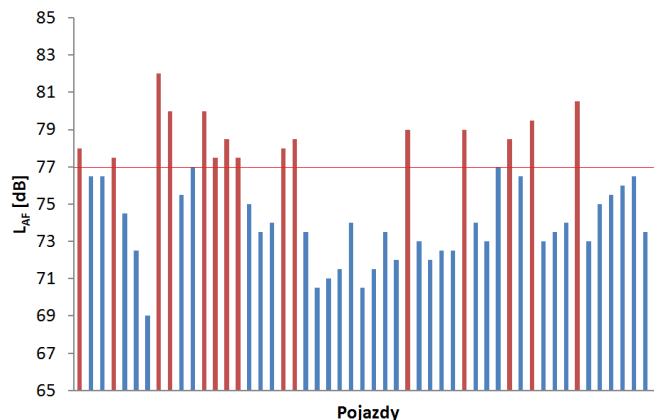
Porównanie wyników z normą PN-92/S-04051

W analizie założono, że wszystkie wymagania odnośnie pomiarów zostały spełnione.

Przykładową analizę przeprowadzono dla pomiarów przeprowadzonych na stanowisku nr 8 dla samochodów osobowych.

Na wykresie 1 przedstawiono wyniki badań. Na osi poziomej znajdują się kolejne pojazdy osobowe, a na pionowej wartości hałasu, które one wytworzyły. Czerwoną linią oznaczono dopuszczalny próg hałasu wynoszący $L_A = 77 [dB]$ - dla samochodów o zapłonie iskrowym.

Słupki mające kolor niebieski to wartości hałasu pojazdów, które nie przekroczyły wymagań, natomiast czerwone, to te, które przekroczyły.



Wykres 1 - zestawienie wyników natężenia hałasu samochodów osobowych dla stanowiska nr 8

Podsumowanie

- Porównując wyniki otrzymane na stanowisku nr 8 z normą PN-92/S-04051 maksymalną wartość hałasu przekroczyło 16 pojazdów czyli 30,77% spośród wszystkich zbadanych samochodów osobowych. Jeżeli zwiększy się dopuszczalny próg do $L_A = 78 [dB]$ (przyjmując zgodnie z wyżej wymienioną normą, że były to pojazdy o zapłonie samoczynnym) wtedy liczba pojazdów przekraczających poziom hałasu zmaleje nam do 11 czyli 21,15%.
- Hałas pochodzący z pojazdów, który wpływa negatywnie na zdrowie i funkcje psychofizyczne wynoszący $L_A \geq 70 [dB]$ zarejestrowano w 57,29% przebadanych pojazdów. Oznacza to, że co drugi pojazd wytwarzał zbyt duży hałas.
- Największe średnie poziomy dźwięków wynosiły odpowiednio:
 - dla pojazdów osobowych - stanowisko pomiarowe nr 4:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 4o} \approx 76,38 [dB]$$
 - dla pojazdów ciężarowych - stanowisko pomiarowe nr 7:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7c} \approx 87,15 [dB]$$
 - dla autobusów - stanowisko pomiarowe nr 8:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 8a} \approx 80,43 [dB]$$
 - dla motocykli - stanowisko pomiarowe nr 7:

$$L_{AF \text{ } \acute{s}r \text{ } 7m} \approx 78,03 [dB]$$
- Największe odchylenie standardowe otrzymano na stanowisku nr 7 dla pojazdów ciężarowych, oznacza to dużą różnicę między poszczególnymi wartościami L_{AF} dla pojazdów TIR. Pozostałe odchylenia standardowe są zadowalające.
- Największe natężenie hałasu drogowego powodują pojazdy ciężarowe i autobusy, natomiast motocykle oraz pojazdy osobowe generują o wiele mniejszy hałas.
- Im większa dozwolona prędkość poruszania się pojazdów tym powstaje wyższe natężenie dźwięków wytwarzanych przez pojazdy.

Bibliografia:

- Witkowski S., Cicho sza! Metody aktywnej redukcji hałasu w samochodzie, <http://autokult.pl/6943,cicho-sza-metody-aktywnej-redukcji-halasu-w-samochodzie>.
- Kucharski R., Hałas drogowy", WKiŁ, Warszawa, 1979.
- Kaczmarek A., Zagrożenie hałasem niskoczęstotliwościowym kierowców środków transportu drogowego, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy - Warszawa, grudzień 2010.
- <http://motocykle.svasti.org/index.html?strona=http://motocykle.svasti.org/o.html>.
- Burdzik R., Badania hałaśliwości opon samochodowych (I) Źródła hałasu w pojazdach samochodowych, 24.01.2012

- <http://edroga.pl/nauka/badania/5302-badania-halaslivosci-opon-samochodowych-i-zrodla-halasu-w-pojazdach-samochodowych>.
6. <http://jodko-schiewe.pl/audi/59-opony/>; JODKO-SCHIEWE.PL.
 7. Winter A., Dlaczego opony hałasują, <http://www.opony.com.pl/artyku/dlaczego-opony-halasuja/?id=960>.
 8. Ejsmont J. A., Mechanizmy generowania hałasu opon, [Archiwum Motoryzacji](#), nr 1, 2003.
 9. Myszkowski S., Układy wylotowe silników, WIADOMOŚCI Inter Cars S.A., nr 33, grudzień 2009.
 10. Rogiński R., Walka z hałasem w komunikacji i przemyśle, WKiŁ, Warszawa, 1965.
 11. Opaliński A., Charakterystyka akustyczna turbosprężarek szybkoobrotowych silników ZS", Silniki Spalinowe, nr 4, 2005.
 12. Widera A., Opory ruchu pojazdów, <http://www.mototechnika.republika.pl/pliki/opory.html#opa>;
 13. Kobeszko K., Podstawy aerodynamiki pojazdów [cz. 1], <http://autokult.pl/2012/02/03/podstawy-aerodynamiki-pojazdow-cz-1-co-wplywa-na-opor-aerodynamiczny>.
 14. Gierasimiuk P., Inżynieria Środowiska – Młodym Okiem", tom VII: „Uwarunkowania sanitarno – inżynieryjne, Hałas w otoczeniu dróg i ulic – problemy oceny i działania ochronne Białystok 2014. <https://www.google.pl/maps>.
 15. Wołczyński R., Analiza hałasu w ruchu drogowym w wybranej miejscowości i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo ruchu. Praca dyplomowa pod kierunkiem Wojciecha Ambroszki, Wrocław 2014.
 16. Wrzecioniarz P., Ambroszko W., Górniak A., Energy efficiency design of powertrain and body, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.
 17. Ambroszko W., Wrzecioniarz P., Postęp w budowie pojazdów w świetle opinii rzeczoznawczych. Praca zbiorowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.
 18. Ambroszko W., Wrzecioniarz P., Zastosowanie metod eksperymentalnych w opiniowaniu, praca zbiorowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018.

**Sources of noise in automotive vehicles.
Studies of noise in road traffic in a selected locality
and assessment of its impact on safety**

The article discusses important sources of noise in automotive vehicles in relation to road safety. The work contains the results of research and analysis of noise levels at selected locations in Jelenia Góra. The study indicates the impact of noise level on safety.

Keywords: noise, road traffic, experimental tests, selected town of the Lower Silesia Voivodship.

Autorzy:

dr inż. **Wojciech Ambroszko** – Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Pojazdów.