

OCENA ODDZIAŁYWANIA AKUSTYCZNEGO STRUMIENIA RUCHU

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań poziomu hałasu komunikacyjnego rejestrowanego w otoczeniu drogi krajowej DK69 na odcinku łączącym miasta Bielsko-Biała i Żywiec. Do czasu otwarcia drogi ekspresowej S69 droga krajowa pełniła funkcję tranzytową. Badania przeprowadzono przed i po otwarciu drogi ekspresowej S69. Wyniki badań odniesiono do zarejestrowanych natężeń ruchu i udziału pojazdów ciężkich w strumieniu. Porównano także wyniki badań przeprowadzonych przed i po utracie funkcji tranzytowej przez badaną ulicę i zestawiono je z badaniami przeprowadzonymi na innym odcinku drogi.

Celem pracy było podjęcie próby eksperymentalnego określenia zależności między parametrami ruchu, parametrami meteorologicznymi a powstającym w wyniku ruchu zanieczyszczeniem dźwiękowym (hałasem).

Przeprowadzone badania stanowią jeden z kroków w kierunku pozyskania ogólnych założeń związanych ze sformułowaniem semi-empirycznego modelu oddziaływania akustycznego strumienia ruchu drogowego.

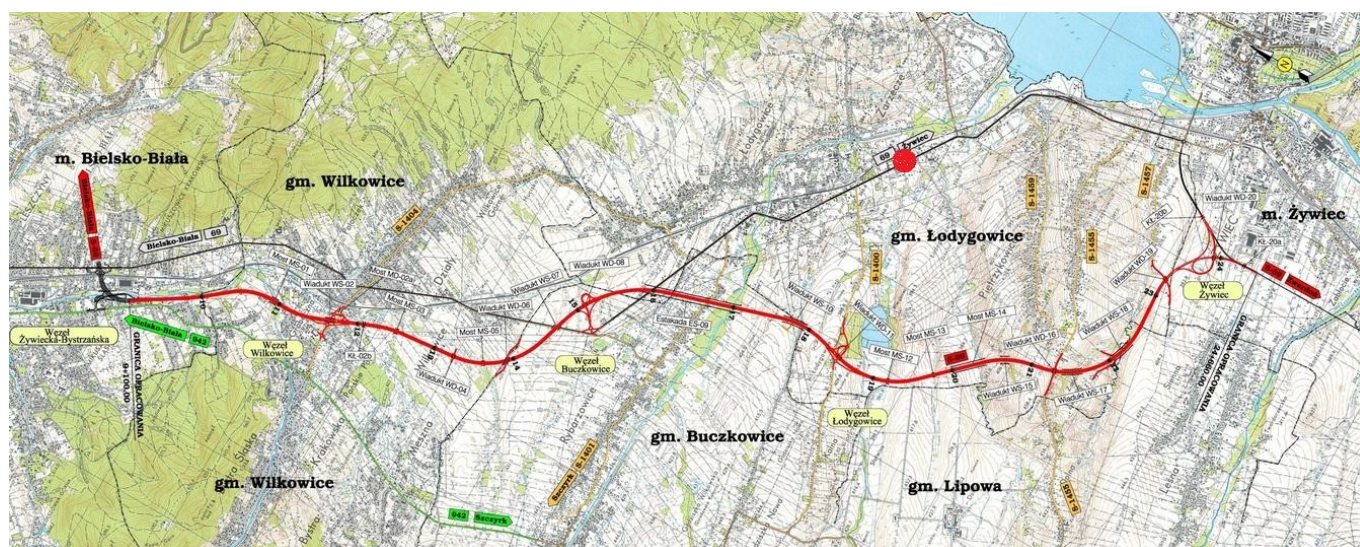
WSTĘP

Jak wynika z raportów GDDKiA droga krajowa 69 należała w ubiegłych latach do jednych z najbardziej zatłoczonych dróg w Polsce. Podczas gdy SDR (średni dobowy ruch) pojazdów silnikowych w 2010 r. dla dróg krajowych wynosił 9888 poj./dobę [1], to na DK69 odnotowano 20585 poj./dobę [2]. Nie lepiej sytuacja kształtowała się podczas Generalnych Pomiarów Ruchu realizowanych we wcześniejszych latach. W roku 2005 SDR dla dróg krajowych wynosił 8244 poj./dobę [3], zaś na DK69 odnotowano 15043 poj./dobę [4]. W roku 2000 SDR dla dróg krajowych wynosił 7009 poj./dobę [5], zaś na DK69 odnotowano 12364 poj./dobę [6]. Dwukrotnie większe obciążenie ruchem DK69 niż średnio notowane obciążenia dla dróg krajowych (GPR 2010) przyczyniło się do podjęcia decyzji o rozpoczęciu budowy odcinka drogi ekspresowej S69 łączącego miasta Bielsko-Biała i Żywiec (choć plany budowy sięgają lat 80tych poprzedniego wieku) [7]. Docelowo droga łączyć będzie miasto Bielsko-Biała i drogę S1 ze Słowacją (przez Zwardoń), gdzie dalej jako droga D3 przebiegnie przez Żylinę w kierunku Bratysławy. Obydwie drogi staną się częścią VI Paneuropejskiego Korytarza Transportowego. Droga S-69 jest także elementem projektu priory-

tetowego TEN-T nr 25 [8]. Inwestycję na odcinku Bielsko-Biała – Żywiec ukończono w lipcu 2015 r. co poskutkowało odciążeniem drogi krajowej i przesunięciem ruchu tranzytowego z DK69 na drogę ekspresową S69. Badania przy DK69 przeprowadzono przed i po otwarciu drogi S69, a zatem w czasie gdy pełniła funkcję tranzytową oraz po jej utracie. Droga krajowa 69 jest jednojezdniową, dwukierunkową ulicą IV klasy technicznej o dwóch pasach ruchu. Położenie punktu pomiarowego przedstawiono na rys. 1

Badania przedstawione w niniejszej pracy miały na celu określenie wpływu rejestrowanych parametrów ruchu na poziom hałasu komunikacyjnego w otoczeniu DK69 na odcinku przechodzącym przez miejscowość Łodygowice. Jak również określenie wpływu powstania drogi S69 na poprawę klimatu akustycznego w otoczeniu odciążonej ruchem drogi DK69.

Przeprowadzone badania stanowią przy tym jeden z początkowych etapów pozyskiwania ogólnych założeń związanych pracą nad sformułowaniem semi-empirycznego modelu oddziaływania akustycznego strumienia ruchu drogowego.



Rys.1. Położenie punktu pomiarowego (czerwony punkt) oraz dróg DK69 (czarna linia) i S69 (czerwona linia) [7]

1. METODYKA POMIARÓW

Pomiar poziomu hałasu w wybranej lokalizacji na DK69 przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu aparatury pomiarowej przystosowanej do pracy w zróżnicowanych warunkach atmosferycznych. W skład zestawu pomiarowego zamontowanego w punkcie pomiarowym jak na rys. 2 wchodzi następujące urządzenia:

- statyw oraz mikrofon z osłoną wszechpogodową,
- całkujący miernik poziomu dźwięku 1. klasy SON-50,
- stacja pogodowa firmy Lab-el,
- kamera cyfrowa GoPro Hero3.



Rys. 2. Aparatura pomiarowa na stanowisku pomiarowym [materiały własne]

Podczas badań mikrofon umieszczano na specjalnym statywie wyposażonym w przedłużacz mikrofonowy. Pozwoliło to na wykonywanie pomiarów na wysokości 4 m nad poziomem gruntu w odległości 4 m od krawędzi zewnętrznego pasa ruchu. Przed rozpoczęciem pomiarów wykonano kalibrację miernika poziomu dźwięku. Stacja pogodowa Lab-el (z widocznym na rys. 2. czujnikiem prędkości i kierunku wiatru) wyposażona w zestaw czujników wykonywała ciągły pomiar parametrów meteorologicznych: temperatury powietrza, wilgotności, ciśnienia atmosferycznego oraz kierunku i prędkości wiatru. Zastosowanie stacji pogodowej pozwoliło na bieżącą ocenę lokalnych warunków meteorologicznych warunkującą wykonywanie pomiarów. Dopuszczalne wartości graniczne określono w Rozporządzeniu [9] i przedstawiono w dalszej części pracy. Podczas badań za pomocą kamery cyfrowej rejestrowano natężenie oraz strukturę rodzajową przejeżdżających pojazdów. Podstawową charakterystykę techniczną zastosowanej aparatury przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowa charakterystyka techniczna aparatury pomiarowej [karty specyfikacji technicznej urządzeń]

Sonometr SON-50	
Klasa dokładności	1
Mikrofon pomiarowy	1/2"
Zakres temperatury pracy	-10 ÷ +50°C
Zakres wilgotności względnej	≤ 90% (bez kondensacji)
Zakres ciśnienia atmosferycznego	65 ÷ 108kPa
Korekcyjne charakterystyki częstotliwościowe	A, C, LIN
Charakterystyki dynamiczne	SLOW, FAST
Całkowity zakres pomiarowy równoważnego poziomu dźwięku (L_{Aeq})	20 – 135dB
Kalibrator akustyczny KA-50	
Klasa dokładności	1
Nominalny poziom ciśnienia akustycznego	94,0dB
Częstotliwość nominalna	1000Hz
Stacja pogodowa LB-755A	
Zakres pomiaru temperatury	-40..+85°C
Zakres pomiaru wilgotności	10..95 %
Zakres pomiaru ciśnienia	700..1100 hPa
Zakres pomiaru prędkości wiatru	1-100 m/s
Zakres obrotu wiatromierza	360 °
Kamera cyfrowa GoPro Hero 3	
Obiektyw	f/2,8, szerokokątny o zredukowanej dystorsji
Rozdzielczość filmów wideo	Od 4K (do 15 kl./s) do WVGA (do 240 kl./s)

Pomiary poziomu hałasu wykonano w dwóch podstawowych etapach. Pierwszy etap przeprowadzono w czasie gdy badana ulica pełniła funkcję tranzytową. Drugi etap przeprowadzono po otwarciu drogi ekspresowej S69, która przejęła część obciążenia ruchem. Do realizacji zadania badawczego wytypowano więc 2 dni robocze (jeden przed otwarciem drogi ekspresowej, drugi po), podczas których przeprowadzono ciągłe pomiary równoważnego poziomu dźwięku w godzinach od 17:30 do 19:00. Jednocześnie wraz z poziomem hałasu rejestrowano:

- natężenie ruchu pojazdów oraz strukturę rodzajową pojazdów tworzących strumień ruchu przy wykorzystaniu kamery cyfrowej,
- parametry meteorologiczne (kierunek i prędkości wiatru, ciśnienie atmosferyczne, temperaturę i wilgotność powietrza) za pomocą stacji pogodowej.

Rejestrację poziomu dźwięku wykonywano z częstotliwością 1 Hz a następnie obliczano równoważny poziom dźwięku wraz z tłem akustycznym.

Ponieważ pomiary ciągle wykonywano z okresową rejestracją poziomu dźwięku $L_{Aeq\ t_k}$, obliczenie równoważnego poziomu dźwięku wraz z tłem akustycznym L_{Aeq0T} dla 1,5 godzinowego przedziału czasu odniesienia obejmującego szereg okresów rejestracji wymaga zastosowania następującego przeliczenia [9]:

$$L_{Aeq0T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{k=1}^n t_k 10^{0,1L_{Aeq\ t_k}} \right] \quad (1)$$

gdzie: T – przedział czasu odniesienia [s],

t_k – okres rejestracji wyników [s],

$L_{Aeq\ t_k}$ – równoważny poziom dźwięku A w okresie rejestracji wyników t_k , w decybelach [dB],

n – liczba okresów rejestracji wyników t_k .

W następnym etapie wyznaczane jest tło hałasu, generowane przez źródła inne niż środki transportu drogowego, których oddziaływania nie można wyeliminować na czas pomiaru. W niniejszej pracy za poziom tła akustycznego przyjęto minimalne wartości zmierzonego poziomu hałasu występujące w trakcie odpowiednich 1,5 godzinnych przedziałów czasu odniesienia.

Do określenia równoważnego poziomu dźwięku A dla przedziału czasu odniesienia zastosowano zależność [9]:

$$L_{Aeq T} = 10 \log \left(10^{0,1L_{AeqOT}} - 10^{0,1L_{AeqT_0}} \right) \quad (2)$$

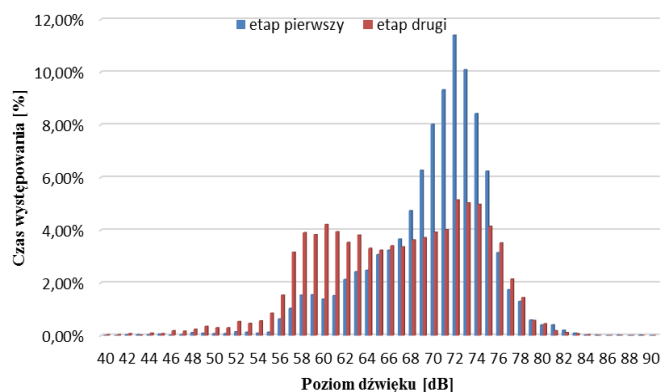
gdzie $L_{Aeq T_0}$ jest równoważnym poziomem tła akustycznego w decybelach [dB].

2. WYNIKI BADAŃ

2.1. Porównanie wyników badań z etapów I i II

Zarejestrowane czasy występowania poszczególnych klas poziomu hałasu w ujęciu procentowym przedstawiono na rys. 3. Wyniki badań wskazują, że przed otwarciem drogi szybkiego ruchu poziom hałasu przekraczający 65 dB (a więc dopuszczalny poziom hałasu dla pory dnia na badanym terenie [10]) rejestrowano w trakcie 79% czasu pomiaru, zaś po jej otwarciu tylko w 50% czasu.

W tabeli 2 zestawiono równoważne poziomy dźwięku LAeq obliczone dla 1,5 godzinnego przedziału czasu odniesienia z ogólną liczbą pojazdów oraz liczbą pojazdów podzielonych na dwie podstawowe kategorie.

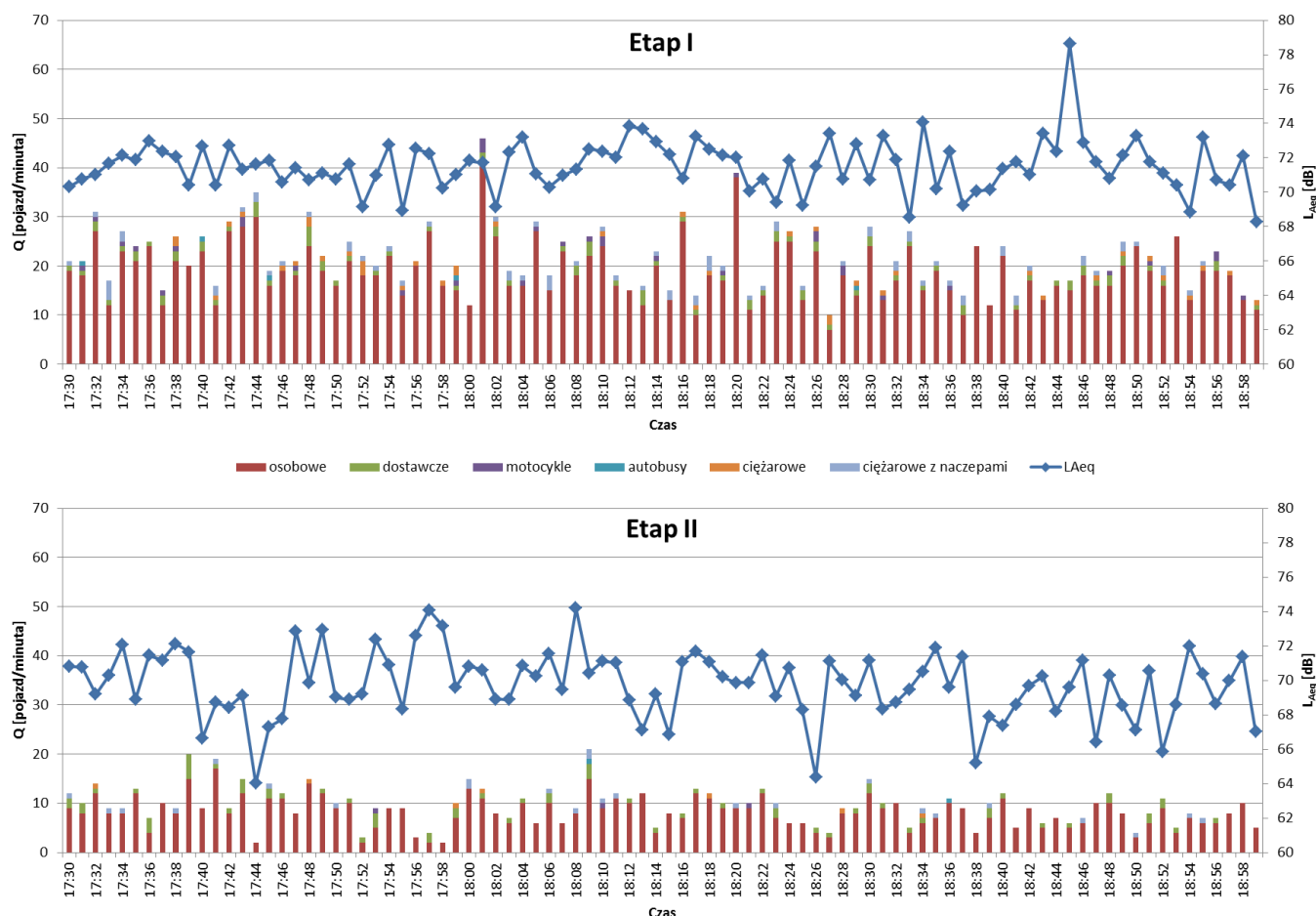


Rys. 3. Procent czasu występowania poszczególnych wyników pomiaru ciągłego przeprowadzonych w pierwszym i drugim etapie badań [opracowanie własne]

Tab. 2. Porównanie równoważnego poziomu dźwięku $L_{Aeq1,5h}$ z natężeniem ruchu dla poszczególnych etapów badania

	Etap 1	Etap 2
Równoważny poziom dźwięku $L_{Aeq1,5h}$ [dB]	71,8	70,1
Średnia liczba samochodów na godzinę ogółem	1293	559
Średnia liczba samochodów osobowych, osobowo-dostawczych i motocykli na godzinę	1211	536
Średnia liczba samochodów ciężarowych, autobusów, innych samochodów specjalnych na godzinę	81	23

Na rys. 4 przedstawiono jak kształtował się średni poziom dźwięku w odniesieniu do natężenia ruchu z rozbiem na strukturę

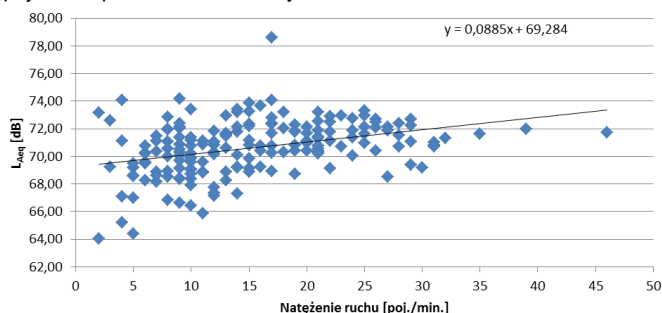


Rys. 4. Porównanie natężenia ruchu pojazdów z zarejestrowanymi poziomami dźwięku [opracowanie własne]

rodzajową pojazdów. Łatwo zauważyć, że w drugim etapie badań zarówno rejestrowane poziomy dźwięku, jak i natężenie ruchu pojazdów były znacznie niższe niż w pierwszym etapie.

2.2. Wpływ parametrów ruchu na poziom dźwięku

Zestawienie obliczonych równoważnych jednonumitowych poziomów hałasu w odniesieniu do zarejestrowanego natężenia ruchu pojazdów przedstawiono na rys. 5.



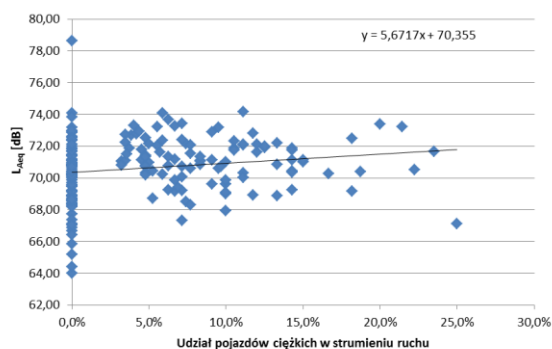
Rys. 5. Zależność równoważnego poziomu dźwięku L_{AeqT} od natężenia ruchu [opracowanie własne]

Wartość współczynnika korelacji (Tab. 3.) wskazuje na istnienie słabej dodatniej zależności między poziomem dźwięku a natężeniem ruchu pojazdów. Trudność w jednoznacznie zdefiniowaniu zależności poziomu hałasu od natężenia ruchu może wynikać z małej zmienności natężeń ruchu oraz ograniczonej liczby pomiarów. Przyczyną może być również zarejestrowana zmiana struktury rodzajowej ruchu, związana ze zmianą udziału pojazdów ciężkich.

Tab. 3. Współczynnik korelacji Pearsona zebranych danych

	L_{Aeq}	Natężenie ruchu	Udział pojazdów ciężkich
L_{Aeq}	1,00		
Natężenie ruchu	0,36	1,00	
Udział pojazdów ciężkich	0,17	0,14	1,00

Uzyskaną zależność obliczonego równoważnego poziomu hałasu w odniesieniu do udziału pojazdów ciężkich w ruchu (liczonych jako suma pojazdów ciężarowych, specjalnych i autobusów) przedstawiono na rys. 6. Uzyskana zależność jest dodatnia, jednak uzyskana wartość współczynnika Pearsona (Tab. 3.) wskazuje, że zależność ta jest nikła.



Rys. 6. Zależność równoważnego poziomu dźwięku L_{AeqT} od udziału pojazdów ciężkich w ruchu [opracowanie własne]

2.3. Porównanie wyników badań na różnych odcinkach

Droga ekspresowa S69 na odcinku łączącym miasta Bielsko-Biała i Żywiec oddawana była do użytku w dwóch etapach. W pierwszej kolejności oddano do użytku odcinek Bielsko-Biała (węzeł Mikuszowice) – Buczkowice w listopadzie 2014 r. Następnie w lipcu 2015 r. oddano do ruchu odcinek łączący węzły Buczkowice – Żywiec. Badanie wpływu powstania drogi ekspresowej na klimat akustyczny przeprowadzono niezależnie dla obu odcinków DK69 w latach 2014 i 2015 przed i po otwarciu drogi ekspresowej. Wyniki badań realizowanych na odcinku Bielsko-Biała – Buczkowice opisano szerzej w artykule The impact of traffic parameters assessment on noise emission [12].

W tabeli 4 porównano zarejestrowane poziomy dźwięku i liczbę pojazdów na poszczególnych odcinkach trasy S69. Można zauważyć, że na odcinku Buczkowice – Żywiec zarejestrowano większe natężenia ruchu. Z kolei otwarcie drogi ekspresowej miało większy wpływ na obniżenie poziomu dźwięku (4%) i średniej liczby pojazdów (64%) na odcinku Bielsko-Biała – Buczkowice.

Tab. 4. Porównanie równoważnego poziomu dźwięku $L_{Aeq1,5h}$ z natężeniem ruchu

Odcinek drogi	Bielsko-Biała - Buczkowice			Buczkowice - Żywiec		
	1	2	różnica	1	2	różnica
Równoważny poziom dźwięku $L_{Aeq1,5h}$ [dB]	70,4	67,8	4%	71,8	70,1	2%
Średnia liczba samochodów na godzinę ogółem	1091	388	64%	1293	559	57%
Średnia liczba samochodów osobowych, osobowo-dostawczych i motocykli na godzinę	998	368	63%	1211	536	56%
Średnia liczba samochodów ciężarowych, autobusów, innych samochodów specjalnych na godzinę	93	20	78%	81	23	72%

PODSUMOWANIE

Analiza zarejestrowanego materiału badawczego wskazuje, że otwarcie drogi ekspresowej S69 miało istotny wpływ na poprawę klimatu akustycznego. i odciążenie ruchem ulicy Żywieckiej. Rejestrowane poziomy dźwięku uległy zmniejszeniu o 1,7 – 2,6 dB (2-4%) a liczba pojazdów poruszających się po drodze o 57 – 64%. Nowo powstała droga ekspresowa przejęła znaczną część potoku ruchu oraz funkcję tranzytową obniżając tym samym liczbę pojazdów ciężkich na ulicy Żywieckiej o 72 – 79%. Można przypuszczać, że za mniejsze odciążenie ruchem odcinka Buczkowice – Żywiec w stosunku do odcinka Bielsko-Biała – Buczkowice odpowiedzialne są kolejki pojazdów tworzące się przy zjeździe z S69 na Żywiec, które zniechęcają kierowców do wyboru drogi ekspresowej. Sytuacja ta spowodowana jest remontem jednego z mostów, co wymusza przesunięcie ruchu w mieście na jedyny czynny most znajdujący się jednocześnie przy zjeździe z S69.

Dopuszczalny poziom hałasu w strefie śródmiejskiej dla miast powyżej 100 tys. mieszkańców dla dnia L_{AeqD} (liczony w godzinach od 06:00 do 22:00) wynosi 65 dB [10]. Wiedząc, że badania przeprowadzone były poza godzinami szczytu wyznaczonymi dla badanej ulicy [11] nie można wykluczyć, że pomimo obniżenia poziomu hałasu nadal może dochodzić do przekraczania dopuszczalnych poziomów.

Przy małej zmienności natężeń ruchu oraz ograniczonej liczbie pomiarów trudno zdefiniować jednoznacznie zależność poziomu hałasu od natężenia ruchu, przy czym wartość wskaźnika korelacji wskazuje na istnienie pozytywnej zależności.

Nie zaobserwowano znaczącego wpływu parametrów meteorologicznych na rejestrowane poziomy dźwięku. Zastosowanie stacji pogodowej pozwoliło jednak na bieżącą ocenę lokalnych warunków meteorologicznych warunkującą wykonywanie pomiarów. Dopuszczalne wartości graniczne parametrów meteorologicznych określono w Rozporządzeniu [9] i przedstawiono tabeli 5 wraz z parametrami zarejestrowanymi podczas badania.

Tab. 5. Dopuszczalne warunki prowadzenia pomiarów i zarejestrowane parametry meteorologiczne

Nazwa parametru	Wartości dopuszczalne	Wartości zarejestrowane
Temperatura	-10°C – 50°C	15,4°C – 36,2°C
Wilgotność względna	25% – 98%	30% – 75%
Prędkość wiatru	0 – 5 m/s	0 – 3,7 m/s
Ciśnienie atmosferyczne	900 hPa – 1100 hPa	972 hPa – 976 hPa
Opady atmosferyczne	brak	brak

BIBLIOGRAFIA

1. Krzysztof Opoczyński, *Synteza wyników GPR 2010*, GDDKiA, Warszawa 2011.
2. *Generalny Pomiar Ruchu w 2010 roku*, GDDKiA, <https://www.gddkia.gov.pl>.
3. Krzysztof Opoczyński, *Generalny pomiar ruchu 2005. Synteza wyników*, GDDKiA, Warszawa 2006.
4. *Generalny Pomiar Ruchu w 2005 roku*, GDDKiA, <https://www.gddkia.gov.pl>.
5. Krzysztof Opoczyński, *Generalny pomiar ruchu 2000. Synteza wyników*, GDDKiA, Warszawa 2001.
6. *Generalny Pomiar Ruchu w 2005 roku*, GDDKiA, <https://www.gddkia.gov.pl>.
7. Strona poświęcona budowie S69 na odcinku Bielsko-Białą – Żywiec, GDDKiA, www.s69-bielsko-zywiec.pl/.
8. Strona informacyjna GDDKiA, <http://www.gddkia.gov.pl/pl/a/15474/Umowa-na-kontynuacje-budowy-S69-odc-w-MikuszowiceZywiec-podpisana>.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem (Dz. U. 2011 Nr 140 poz. 824).
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 Nr 0 poz. 1109).
11. Stanclik Monika, Brzozowska Lucyna, *Poziom hałasu a struktura i natężenie ruchu pojazdów – analiza dla wybranej drogi w Bielsku-Białej*, W: Maczyński Andrzej (red): *Wspomaganie komputerowe i logistyka w transporcie*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała (2014).
12. Sordyl Justyna, *The impact of traffic parameters assessment on noise emission*, artykuł przyjęty do publikacji w Conference Proceedings, wydawnictwo Springer w serii Springer Proceedings in Business and Economics.

THE IMPACT OF TRAFFIC FLOW ASSESSMENT ON NOISE EMISSION

Abstract

The paper presents research results of traffic noise level recorded in the national road DK69 between cities Bielsko-Biala and Żywiec. Until the opening of the expressway S69 the national road had a transit function. The study was conducted before and after the opening of the expressway S69. Measured noise data were compared to the registered traffic flows and the share of heavy vehicles in the traffic flow. The results of research conducted before and after opening the expressway were also compared and checked against research results conducted on the other stretch of the road.

The aim of the study was an experimental attempt to determine the correlation between traffic parameters, meteorological parameters and sound pollution created as a result of the traffic.

The studies are at the first step towards obtaining general assumptions to the formulation of a semi-empirical model of acoustic impact of traffic flow.

Autorzy:

mgr inż. **Justyna Sordyl** – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, wydział Zarządzania i Transportu, katedra Transportu i Informatyki, Zakład Inteligentnych Systemów Transportowych, e-mail: jsordyl@ath.eu