

WYBRANE PROBLEMY OCHRONY PRZED HAŁASEM DROGOWYM

Władysław Gardziejczyk¹

¹ Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, e-mail: w.gardziejczyk@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wskaźniki oceny poziomu dźwięku od ruchu samochodowego oraz możliwe działania w walce z nadmiernym hałasem w otoczeniu tras drogowych. Analizie poddano zmiany w wartościach równoważnego poziomu dźwięku w zależności od natężenia ruchu, struktury rodzajowej i prędkości pojazdów. W odniesieniu do działań zmniejszających poziom hałasu drogowego w środowisku zwrócono szczególną uwagę na ekrany akustyczne oraz redukcję hałasu w rejonie kontaktu opon samochodowych z nawierzchnią. Na wybranych przykładach pokazano skuteczność akustyczną poszczególnych rozwiązań. Wykazano, że w przypadku nieznacznych przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku, właściwe zaprojektowanie i utrzymywanie nawierzchni drogowej czy wprowadzenie ograniczenia prędkości pojazdów, pozwoli uniknąć stosowania ekranów akustycznych.

Słowa kluczowe: równoważny poziom dźwięku, ekrany akustyczne, nawierzchnia drogowa.

SELECTED PROBLEMS OF PROTECTION AGAINST ROAD TRAFFIC NOISE

ABSTRACT

The paper presents factors for assessment of road traffic noise level and possible actions towards the minimization of excessive noise in the roadway neighborhood. Changes of equivalent sound level values were analyzed in relation to traffic intensity, categorization and vehicles speed. In relation to measures reducing noise level in roadway's surroundings particular attention was given to anti-noise protections and tyre/noise reduction. Acoustic effectiveness of specific solutions was showed based on chosen examples. It was proved that when admissible noise level is slightly exceeded the need for noise barrier use may be replaced by a proper design and maintenance of road pavement or by enforcement of speed limit.

Keywords: equivalent sound level, anti-noise protections, road pavement.

WPROWADZENIE

Hałasem w środowisku nazywamy niepożądane, a nawet szkodliwe dźwięki powodowane m.in. przez ruch samochodowy, ruch kolejowy, transport lotniczy oraz działalność przemysłową człowieka. Hałas drogowy, obok zanieczyszczeń powietrza, jest obecnie największym zagrożeniem środowiskowym. Dotyczy to zarówno miast jak i innych obszarów przez które jest prowadzony ruch pojazdów samochodowych, w szczególności pojazdów ciężarowych w ruchu tranzytowym.

W krajach Unii Europejskiej obowiązuje tzw. „polityka hałasowa” wynikająca z Dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [Dyrektywa 2002/49/WE] w sprawie oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. W Dy-

rektywie zdefiniowano cele i zadania w ramach wspólnych działań prowadzących do zmniejszenia jego szkodliwego wpływu na środowisko. Zarządzono m.in. sporządzanie map akustycznych i tworzenie planów ograniczenia nadmiernych hałasów, zapewniono dostęp do informacji o hałasie oraz stworzono podstawy prawne do ujednoczenia wskaźników i metod jego oceny. Wskazano przy tym kierunki działań w zakresie ograniczenia hałasu drogowego. Na tej podstawie w każdym z krajów członkowskich wprowadzono odpowiednie zapisy w aktach prawnych, regulujące działania prowadzące do osiągnięcia wyznaczonych celów.

Na poziom hałasu w otoczeniu tras drogowych, poza natężeniem i strukturą rodzajową ruchu, mają wpływ: typ przekroju poprzecznego, pochylenie podłużne drogi, lokalizacja i geome-

tria skrzyżowań oraz węzłów, sposób organizacji ruchu na odcinkach międzywęzłowych i na skrzyżowaniach, rodzaj i stan nawierzchni drogowej. Szczególne znaczenie ma przy tym przebieg trasy drogowej w stosunku do obszarów zabudowanych. Obwodnice miast i obejścia miejscowości w istotny sposób ograniczają poziom hałasu w obszarach zabudowanych, poprawiają bezpieczeństwo oraz płynność ruchu [Tracz i in. 2014].

W odniesieniu do działań ograniczających poziom hałasu drogowego możliwym jest zmniejszenie emitowanych dźwięków „u źródła” oraz ochrona „odbiorców”, poprzez stosowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych. Obniżenie poziomu dźwięku „u źródła” wymaga stosowania odpowiednich rozwiązań w celu poprawy płynności ruchu, w tym głównie pojazdów ciężarowych oraz stosowania warstw ścieralnych obniżających poziom hałasu opona/nawierzchnia. Analiza wpływu obciążenia ruchem samochodowym i nawierzchni drogowej na klimat akustyczny w środowisku oraz ocena skuteczności akustycznej ekranów, jako najczęściej stosowanych zabezpieczeń w walce z nadmiernym hałasem, są przedmiotem niniejszego artykułu.

RÓWNOWAŻNY POZIOM DŹWIĘKU JAKO WSKAŹNIK OCENY KLIMATU AKUSTYCZNEGO

Większość hałasów w środowisku charakteryzuje się nieustaloną wartością poziomu dźwięku i dlatego do ich oceny stosuje się pojęcie poziomu równoważnego (ekwiwalentnego – L_{Aeq}). Klimat akustyczny w środowisku ocenia się ustalając równoważny poziom dźwięku A wyrażony w decybelach (L_{AeqD}), w porze dnia (6.00 – 22.00) i w porze nocy (L_{AeqN}) (22.00 – 6.00). Polityka długookresowa w zakresie ochrony przed hałasem (mapy akustyczne, programy „walki” z nadmiernym hałasem) jest prowadzona z uwzględnieniem średniego poziomu dźwięku A, wyznaczonego dla wszystkich dób w roku L_{DWN} z uwzględnieniem pory dnia (6.00 – 18.00), pory wieczoru (18.00 – 22.00) i pory nocy (22.00 – 6.00) oraz dla wszystkich pór nocy w roku L_N (22.00 – 6.00). W rozporządzeniu Ministra Środowiska [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2012] są podane dopuszczalne wartości powyższych wskaźników w zależności od źródła hałasu oraz charakterystyki zagospodarowania terenu. Przykładowe dopuszczalne wartości równoważnego poziomu

dźwięku od ruchu drogowego wynoszą 65 dB (w porze dnia) i 56 dB (w porze nocy) na terenach zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego, na terenach zabudowy zagrodowej, na terenach rekreacyjno-wypoczynkowych i na terenach mieszkaniowo-usługowych.

Wartości dopuszczalnego poziomu dźwięku, obowiązujące w naszym kraju do 1 października 2012 roku [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2007], uważano za bardzo restrykcyjne, a wynikiem tego jest liczba wybudowanych ekranów akustycznych, jako pionowych ścian zbyt często „obcych w środowisku”. Przy opracowywaniu raportów środowiskowych zabrakło chęci (a może wiedzy) poszukiwania innych rozwiązań niż ekrany akustyczne, ograniczających nadmierny hałas drogowy, zarówno ze strony specjalistów z zakresu ochrony przed hałasem jak i drogowców.

Wprowadzone w rozporządzeniu z 1 października 2012 roku, podwyższone poziomy dźwięku, nie dotyczą jedynie wartości L_{Aeq} i L_{DWN} na obszarach uzdrowiskowych i terenów szpitalnych poza miastem. Pewnym niedociągnięciem w obowiązujących obecnie zapisach jest brak podziału, przy ocenie klimatu akustycznego na drogi istniejące i budowane nowe odcinki oraz brak jednoznacznego określenia punktów kontroli poziomu dźwięku w stosunku do otaczającej zabudowy naszych dróg. Takie ustalenia można znaleźć w przepisach obowiązujących w innych krajach [Bendtsen et al. 2010].

W badaniach szczegółowych są stosowane także inne wskaźniki oceny poziomu dźwięku, takie jak: maksymalny poziom dźwięku i ekspozycyjny poziom dźwięku. Dotyczą one głównie oceny hałaśliwości nawierzchni drogowych, a sposób ustalania ich wartości można znaleźć m.in. w pracy [Gardziejczyk 2005]

WPŁYW CHARAKTERYSTYKI RUCHU NA POZIOM HAŁASU DROGOWEGO

Główną przyczyną nadmiernego hałasu w otoczeniu tras komunikacyjnych jest zbyt duże natężenie ruchu samochodowego, znaczący udział pojazdów ciężarowych oraz nadmierna prędkość pojazdów. Zmniejszenie natężenia ruchu, na przykład po wybudowaniu obwodnicy, czy „przeniesieniu” ruchu z ulic o znaczeniu lokalnym na główne ulice bardzo pozytywnie wpływa na ograniczenie poziomu hałasu w otoczeniu drogi o mniejszym znaczeniu. Redukcja

poziomu hałasu w związku ze zmniejszeniem obciążenia ruchem samochodowym może osiągnąć wartości [Bendtsen and Larsen 2007]: od 0,5 do 7 dB (0,5 dB – przy redukcji natężenia ruchu o 10% i 7 dB – przy redukcji o 80%). Przy zmniejszeniu udziału samochodów ciężarowych z 10% do całkowitej ich eliminacji redukcja poziomu hałasu osiąga wartość 3,9 dB, a przy zmniejszeniu z 30% do 0% – aż o 8,3 dB.

Przykładowe wyniki badań równoważnego poziomu dźwięku (L_{Aeq}), ustalone przez zespół z Politechniki Białostockiej, w zależności od natężenia ruchu w pojazdach rzeczywistych w ciągu jednej godziny (P/h), udziału pojazdów „hałaśliwych” (samochody ciężarowe, autobusy, motocykle) i typu przekroju poprzecznego (1×2 – ulica jednojezdniowa dwupasowa; 2×2 – ulica dwujezdniowa po 2 pasy ruchu na każdej jezdni), w otoczeniu dwóch przykładowych ulic Białegostoku, podano w tabeli 1. Należy zwrócić uwagę na zbliżone (lub takie same) wartości poziomu dźwięku ustalone przy dwóch ulicach o różnym przekroju poprzecznym i różnym obciążeniu ruchem.

Wyniki badań przedstawione w tabeli 2 pokazują jak duży wpływ na poziom dźwięku bezpośrednio przy ulicy ma udział w potoku ruchu wielocłonowych pojazdów ciężarowych przejeżdżających tranzytem przez jedno z miast w województwie podlaskim. W godzinach nocnych,

przy bardzo ograniczonym ruchu pojazdów osobowych i praktycznie niezmiennym liczbie pojazdów ciężarowych, poziom hałasu jest niższy za ledwie o 2–3 dB w porównaniu z jego poziomem w porze dnia.

Korzystnym działaniem prowadzącym do ograniczenia poziomu hałasu od ruchu samochodowego jest zmniejszenie prędkości pojazdów. Zgodnie z [Ellebjerger 2007] obniżenie prędkości pojazdu osobowego o 10 km/h przyczynia się do redukcji poziomu hałasu do 3,7 dB, przy obniżeniu prędkości o 20 km/h – do 6,7 dB, a przy 30 km/h – do 9 dB. Mniejsze redukcje poziomu hałasu, w zakresie prędkości 30 – 60 km/h, przy zmniejszeniu prędkości od 10 do 30 km/h, uzyskuje się w przypadku pojazdów ciężarowych (do 3 dB).

Na rysunku 1 podano przykładowe wyniki badań maksymalnego poziomu dźwięku w zależności od prędkości jazdy, określone metodą statystycznego przejazdu (SPB – Statistical Pass-By method) [ISO 11819-1, 1997] od pojedynczo przejeżdżającego statystycznego pojazdu osobowego i wielocłonowego pojazdu ciężarowego na nawierzchniach o różnej charakterystyce (AC16, AC10 – beton asfaltowy o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 12 mm i 10 mm; SMA12, SMA10 – warstwy ściernalne z mastyksu grysowego, CC – nawierzchnia betonowa, MNU – nawierzchnia z mieszanki o nieciągłym uziarn-

Tabela 1. Równoważny poziom dźwięku w otoczeniu ulic o różnej charakterystyce

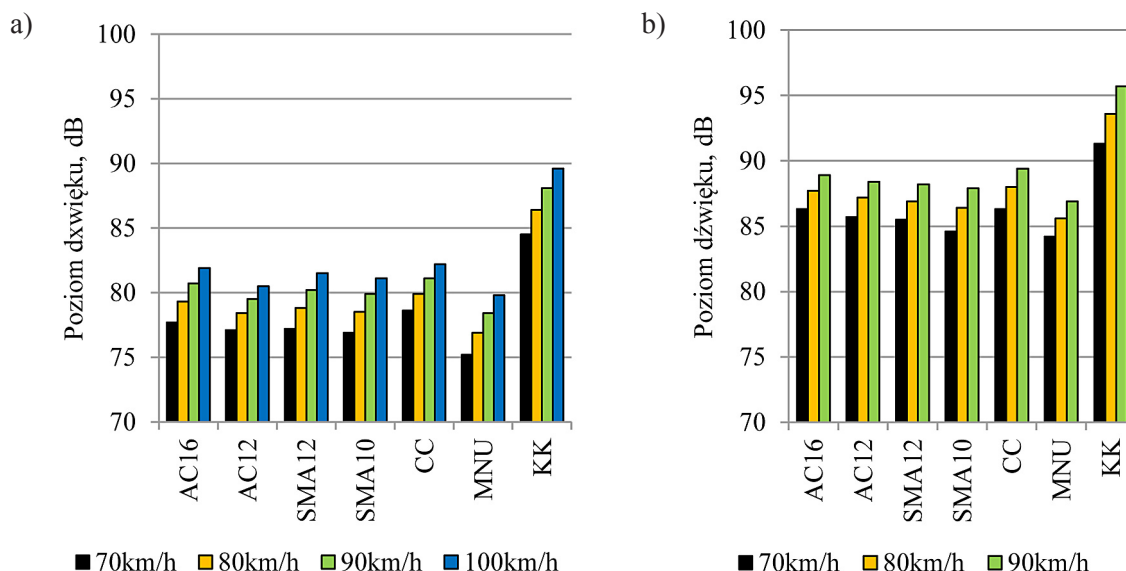
Table 1. Equivalent sound level in the vicinity of roads with different characteristic

Typ przekroju ulicy	Natężenie ruchu [P/h]	Udział pojazdów hałaśliwych	Średnia prędkość pojazdów osobowych/ ciężarowych	$L_{Aeq,1h}$ [dB]
1×2	1400	12%	$V_{so} = 58$ km/h $V_{sc} = 48$ km/h	75,1
	1200			74,1
	800			72,5
2×2	2500	4%	$V_{so} = 60$ km/h $V_{sc} = 51$ km/h	75,1
	1600			73,3
	1000			71,5
	640			69,6
	300			66,1

Tabela 2. Równoważny poziom dźwięku w otoczeniu ulicy w zależności od obciążenia ruchem samochodowym

Table 2. Equivalent sound level in the vicinity of road with various road traffic

Godzina pomiaru	Natężenie ruchu [P/h]	Udział w ruchu pojazdów hałaśliwych	L_{Aeq} [dB]
11.00–12.00	1289	184 (14,3%)	75,6
17.00–18.00	1451	295 (20,3%)	75,6
20.00–21.00	712	170 (23,9%)	73,9
23.00–24.00	348	200 (57,5%)	72,9
4.00–5.00	298	162 (54,4%)	72,8



Rys. 1. Maksymalny poziom dźwięku od przejazdu statystycznego pojazdu osobowego (a) i wieloosobowego pojazdu ciężarowego (b) na badanych nawierzchniach

Fig. 1. Values of maximum sound level under statistical passing passenger car (a) and statistical multiple-axle heavy vehicle (b) on tested pavements

nieniu kruszywa, KK – nawierzchnia z kostki kamiennej). Ustalane wartości poziomu dźwięku pokazują, że zwiększenie prędkości pojazdu osobowego o 10 km/h przyczynia się do wzrostu maksymalnego poziomu hałasu toczenia pojazdu osobowego do 2 dB, niezależnie od rodzaju nawierzchni. W przypadku pojazdu ciężarowego taki wzrost prędkości powoduje także podobny wzrost poziomu hałasu na nawierzchniach asfaltowych i betonowych oraz nieco większy wzrost na nawierzchniach kostkowych. Jeżeli prędkość pojazdów wzrasta o 20 lub 30 km/h wzrost poziomu emitowanych dźwięków jest już bardzo znaczący.

EKRANY AKUSTYCZNE

W grupie zabezpieczeń przeciwhałasowych najczęściej stosowanym rozwiązaniem są ekrany akustyczne. Ich skuteczność w obniżaniu poziomu dźwięku zależy od wymiarów geometrycznych i kształtu, lokalizacji w stosunku do trasy drogowej oraz izolacyjności akustycznej materiałów z jakich zostały wykonane. Ekrany są najbardziej efektywne jeżeli są szczelne (bez przerw w ciągłości), możliwie najdłuższe, najwyższe i położone możliwie najbliżej jezdni. Ocena skuteczności akustycznej D_{IL} może być dokonywana według następującej skali [Gradkowski 2010]: $D_{IL} > 10$ dB – skuteczność bardzo wysoka, 6 dB $< D_{IL} \leq 10$ dB – skuteczność zadowalająca, 4 dB $<$

$D_{IL} \leq 6$ dB – skuteczność tolerowana, 0 dB $< D_{IL} \leq 4$ dB – ekran praktycznie nieskuteczny.

Zgodnie z [Adamczyk 2008] skuteczność akustyczna ekranów wysokich (wysokość: 6,0 – 7,0 m) może wynosić nawet do 20 dB (rzeczywista skuteczność najczęściej wynosi od 10 do 12 dB), ekranów średnich (ok. 5,0 m) – do 15 dB (rzeczywista: 7–10 dB), niskich (wysokość ok. 3,5 m): do 8 dB i ekranów bardzo niskich (ok. 1,0 m): do ok. 3 dB.

Wykonane pomiary równoważnego poziomu dźwięku w otoczeniu wybudowanych ekranów w ciągu obwodnicy Wasilkowa (droga krajowa nr 19) wykazały, że skuteczność ekranów w odległości 20 m wynosi około 13,7 dB w porze dnia i 13,4 dB – w porze nocy. W odległości 60 m od krawędzi jezdni skuteczność ekranów uległa zmniejszeniu odpowiednio do 8,0 dB w porze dnia i do 7,9 dB w porze nocy [Gardziejczyk i in. 2011a].

Sprawdzono także skuteczność akustyczną ekranów wybudowanych przy drodze krajowej nr 8 (odcinek Białystok – Katrynka). W tym celu wykonano pomiary L_{Aeq} w odległości 1, 20 i 30 m od krawędzi jezdni. Bezpośrednio przy jezdni nie zanotowano istotnych różnic w badanych przekrojach z ekranami i bez ekranów (punkty pomiarowe przed ekranami). W odległości 20 m od krawędzi jezdni skuteczność ekranu przy drodze krajowej nr 8 wynosi: 13,8 dB, a w odległości 30 m – 11,5 dB. Wyniki pomiarów w otoczeniu ulicy św. Ojca Pio w Białymstoku wykazały, że w odległości 20 m od krawędzi jezdni skuteczność

ekranów jest zbliżona do 11 dB, a w odległości 30 m – do 9,5 dB.

Przeprowadzone pomiary równoważnego poziomu dźwięku w otoczeniu badanych dróg z ekranami pozwalają stwierdzić, że największa skuteczność ekranowania ma miejsce najbliżej ekranu, w zasięgu tzw. cienia akustycznego. Fakt ten powinien być uwzględniany przy wyborze metody ochrony przed nadmiernym hałasem obiektów znajdujących się w różnej odległości od tras komunikacyjnych. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na wpływ odległości od ekranu na redukcję jego skuteczności.

NAWIERZCHNIA DROGOWA A POZIOM HAŁASU W OTOCZENIU DRÓG

Duży wpływ na obniżenie poziomu generowanego dźwięku u źródła ma nawierzchnia drogowa, której właściwe zaprojektowanie z akustycznego punktu widzenia, może zastąpić w niektórych sytuacjach inne sposoby redukcji poziomu hałasu u odbiorcy [Sandberg i Ejsmont 2002]. W wielu krajach na szeroką skalę, głównie na drogach szybkiego ruchu, są stosowane tzw. nawierzchnie „ciche”. Są to rozwiązania oparte na zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni w wykonanych górnych warstwach nawierzchni, nazywane nawierzchniami porowatymi oraz cienkie warstwy asfaltowe z zastosowaniem kruszywa o maksymalnym uziarnieniu 8 mm.

Na podstawie badań poziomu hałasu prowadzonych przez zespół z Politechniki Białostockiej we współpracy z zespołem z Politechniki Gdańskiej zaproponowano klasyfikację nawierzchni pod względem hałaśliwości [Gardziejczyk 2011b]. Jako równoważne kryteria podziału na klasy hałaśliwości przyjęto maksymalny poziom dźwięku od przejeżdżającego statystycznego pojazdu osobowego z prędkością 80 km/h ($L_f(80)$) i indeks $CPXI(80)$ ustalony według metody CPX.

Wartości maksymalnego poziomu dźwięku od przejeżdżającego statystycznego pojazdu osobowego i pojazdu ciężarowego na poszczególnych nawierzchniach, przy zadanym obciążeniu ruchem, znajomości struktury rodzajowej pojazdów oraz ich średniej prędkości pozwalają określić równoważny poziom dźwięku (L_{Aeq}) w otoczeniu drogi [Gardziejczyk 2005]. Poniżej przedstawiono wyniki analizy L_{Aeq} zakładając, że w potoku pojazdów na przyjętej drodze zamieszkiwanej uczestniczą w głównej mierze pojazdy

osobowe (kategoria „1” – według metody SPB) i wielocłonowe pojazdy ciężarowe (kategoria „2B” – wg SPB). Obliczenia przeprowadzono w odniesieniu do terenów zamiejskich, poza obszarami chronionymi, na których w porze dnia równoważny poziom dźwięku od ruchu drogowego w godzinach 6.00 - 22.00 (pora dnia) nie powinien przekraczać wartości 65 dB, a w godzinach 22.00 - 6.00 (pora nocy) – 56 dB. Biorąc pod uwagę dopuszczalne wartości L_{Aeq} ustalono położenie izofony 65 dB i izofony 56 dB w stosunku do drogi przy natężeniu ruchu 500 P/h i 750 P/h (co jest w przybliżeniu równoważne średniemu dobowemu obciążeniu ogólnodostępnej zamiejskiej drogi krajowej w województwie podlaskim, wynoszącego około 6000 P/h), średnią prędkość pojazdów osobowych 80 km/h, średnią prędkość pojazdów ciężarowych 70 km/h, udział wielocłonowych pojazdów ciężarowych: 10%, 25% i 50%. Określono także różnice w położeniu izofony 65 dB i 56 dB w zależności od klasy hałaśliwości nawierzchni w odniesieniu do drogi o nawierzchni o normalnej hałaśliwości.

Do obliczeń przyjęto wartości maksymalnego poziomu dźwięku od przejazdu statystycznego pojazdu osobowego (L_f) i wielocłonowego pojazdu ciężarowego (L_{2B}), odpowiadające poszczególnym klasom nawierzchni pod względem hałaśliwości (tabela 3).

Wyniki obliczeń dotyczące położenia izofon 65 dB i 56 dB w stosunku do drogi o różnych nawierzchniach przedstawiono w tabeli 4. Podano także różnice w lokalizacji izofon dla dróg o różnych nawierzchniach i drogi o nawierzchni zaliczanej do klasy o normalnej hałaśliwości,

Na rysunku 2 pokazano różnice w położeniu izofony 65 dB („65”) i izofony 56 dB („56”) w stosunku do drogi obciążonej ruchem 500 P/h, przy 25% udziale pojazdów ciężarowych, o nawierzchni zaliczanej do trzech klas hałaśliwości (PH, ZH i NC) w porównaniu z drogą o nawierzchni o normalnej hałaśliwości (klasa NN). Podane wartości dotyczące położenia izofon 65 dB i 56 dB potwierdzają jak istotny jest wpływ rodzaju nawierzchni na kształtowanie klimatu akustycznego w otoczeniu dróg. Na przykład, zastosowanie górnej warstwy nawierzchni w klasie hałaśliwości NC (nawierzchnia cicha) zmniejszy szerokość pasa terenu o 14,5 m w porze dnia i o 40,9 m w porze nocy, na którym są przekroczone dopuszczalne wartości poziomu hałasu, w porównaniu z drogą o górnej warstwie nawierzchni wykonanej w klasie hałaśliwości PH (nawierzchnia

Tabela 3. Maksymalne poziomy dźwięku od przejazdu statystycznego pojazdu osobowego i pojazdu ciężarowego na różnych nawierzchniach

Table 3. Values of maximum sound level under passing statistical passenger car and multiple-axle heavy vehicle on different pavements

Pojazd (prędkość)	Maksymalny poziom dźwięku A według metody SPB w zależności od klasy hałaśliwości nawierzchni, dB				
	NC	ZH	NH	PH	NNH
Osobowy (80 km/h): L_1	71,3	74,5	77,7	79,8	86,5
Ciężarowy (70km/h): L_{2B}	79,3	81,8	84,4	86,6	91,4

NC - nawierzchnie ciche, ZH – nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości, NH – nawierzchnie o normalnej hałaśliwości, PH – nawierzchnie o podwyższonej hałaśliwości, NNH – nawierzchnie o nadmiernej hałaśliwości

Tabela 4. Położenie izofon 65 dB i 56 dB

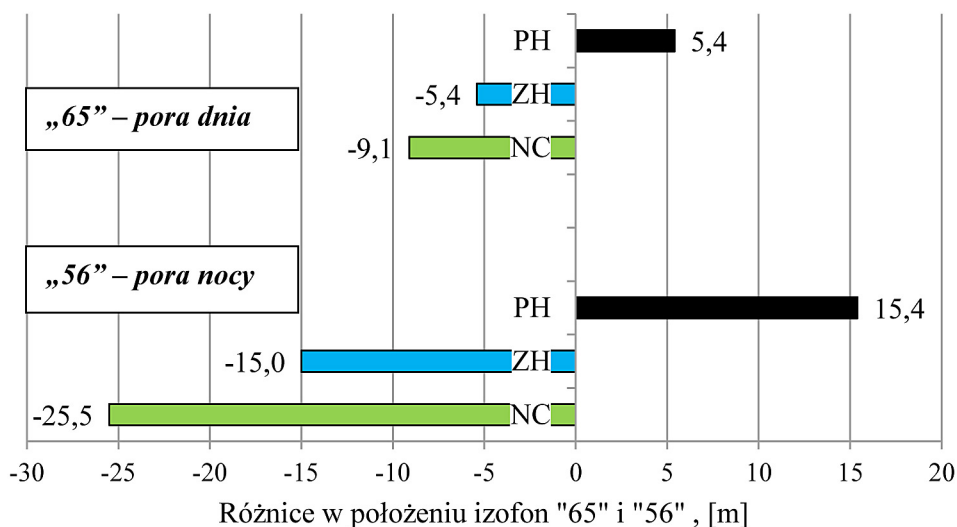
Table 4. Location of isophones 65 dB and 56 dB

Klasa nawierzchni	Natężenie ruchu - 500 P/h			Natężenie ruchu - 750 P/h		
	10%SC	25%SC	50%SC	10%SC	25%SC	50%SC
Pora dnia – izofona 65 dB						
NC	8,1* (-7,9**)	10,2 (-9,1)	12,9 (-10,9)	10,0 (-9,6)	12,5 (-11,1)	15,9 (-13,2)
ZH	11,3 (-4,7)	13,9 (-5,4)	17,4 9 (-6,4)	13,9 (-5,7)	17,1 (-6,5)	21,4 (-7,7)
NH	16,0 (0,0)	19,3 (0,0)	23,8 (0,0)	19,6 (0,0)	23,6 (0,0)	29,1 (0,0)
PH	20,4 (4,4)	24,7 (5,4)	30,6 (6,8)	25,0 (6,7)	30,3 (6,7)	37,4 (8,3)
NNH	41,1 (25,1)	46,9 (27,6)	55,3 (31,5)	50,3 (30,7)	57,5 (33,9)	67,8 (38,7)
Pora nocy – izofona 56 dB						
NC	22,9 (-22,1)	28,8 (-25,5)	36,5 (-30,5)	28,0 (-27,1)	35,2 (-31,3)	44,7 (-37,4)
ZH	32,0 (-13,0)	39,3 (-15,0)	49,2 (-17,8)	39,2 (-15,9)	48,1 (-18,4)	60,2 (-21,9)
NH	45,0 (0,0)	54,3 (0,0)	67,0 (0,0)	55,1 (0,0)	66,5 (0,0)	82,1 (0,0)
PH	57,6 (12,6)	69,7 (15,4)	86,2 (19,2)	70,5 (15,4)	85,3 (18,8)	105,5 (23,4)
NNH	115,8 (70,8)	132,3 (78,0)	155,9 (88,9)	141,8 (86,7)	162,0 (95,5)	191 (108,9)

SC – pojazdy ciężarowe

*) – odległość izofony od drogi, [m]

**) – w nawiasach podano różnice w położeniu izofony w przypadku badanej nawierzchni i nawierzchni zaliczonej do klasy o normalnej hałaśliwości, [m]



Rys. 2. Różnice w położeniu izofon 65 dB i 56 dB

Fig. 2. Differences in location of isophones 65 dB and 56 dB

o podwyższonej hałaśliwości). Odległości te są jeszcze większe przy wyższych natężeniach ruchu i przy porównaniu z nawierzchnią z kostki kamiennej. Oznacza to, że zastosowanie optymalnej z akustycznego punktu widzenia technologii wykonania górnych warstw nawierzchni przyczynia się do znaczącego ograniczenia ujemnego wpływu transportu na środowisko, a w niektórych sytuacjach pozwoli uniknąć budowy ekranów akustycznych.

WNIOSKI

1. Udział pojazdów ciężarowych w potoku ruchu ma szczególnie wpływ na poziom hałasu drogowego. Nawet przy zdecydowanym obniżeniu ogólnej liczby pojazdów lecz zachowaniu takiej samej liczby wielocłonowych pojazdów ciężarowych klimat akustyczny w otoczeniu drogi ulega tylko nieznacznej poprawie. Fakt ten ma szczególne znaczenie przy projektowaniu zabezpieczeń przeciwhałasowych w otoczeniu dróg prowadzących ruch tranzytowy.
2. Prędkość pojazdów powinna być analizowana w sposób bardziej szczegółowy przy ocenie i projektowaniu rozwiązań prowadzących do obniżenia hałasu w otoczeniu tras drogowych. Przy zmniejszeniu prędkości o 20 km/h redukcja emitowanych dźwięków może ulec obniżeniu nawet o kilka decybeli.
3. Ekran akustyczny jest jednym z podstawowych zabezpieczeń przed nadmiernym poziomem hałasu od ruchu samochodowego. Ich skuteczność jest uzależniona od wymiarów geometrycznych, kształtu, lokalizacji w stosunku do trasy drogowej i obiektów chronionych oraz izolacyjności zastosowanych materiałów. Skuteczność akustyczna w istotny sposób maleje wraz ze wzrostem odległości odbiorcy od ekranu, co powinno być uwzględniane przy projektowaniu ekranowania obiektów położonych w dużych odległościach od drogi.
4. Górne warstwy nawierzchni drogowych różnią się pod względem hałaśliwości i odpowiedni wybór konstrukcji nawierzchni może bardzo korzystnie wpływać na ograniczenie ujemnego wpływu transportu na środowisko oraz uniknąć stosowania w niektórych sytuacjach ekranów akustycznych.

LITERATURA

1. Adamczyk J., Stryczniewicz L., Szałyga-Osypanka D., 2008. Ekran akustyczny – panaceum? Drogi, nr 9.
2. Bendtsen H. et al., 2010. Noise management and abatement. Conference of European Directors of Roads.
3. Bendtsen H., Larsen H.J.E., 2007. Traffic Management and Noise. Road Directorate, Danish Road Institute.
4. Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady z dnia 25 czerwca 2002 w sprawie oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.
5. Ellebjerg L., 2007. Controlling Traffic Noise through Traffic Management. Results of a literature study in SILENCE WP H1, Brussels.
6. Gardziejczyk W., Gierasimiuk P., Motylewicz M., 2011a. Ekran akustyczny – analiza ich skuteczności na wybranych przykładach. Magazyn Autostrady, nr 12, 38–45.
7. Gardziejczyk W., 2011b. Generowanie hałasu przez samochody osobowe i ciężarowe. Osłony przeciwhałasowe w ruchu drogowym. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa. Studia i materiały, z. 64, 46–61.
8. Gardziejczyk W., 2005. Wpływ technologii wykonania i tekstury nawierzchni drogowych na hałas pojazdów samochodowych. Rozprawy Naukowe Nr 121. Dział Wydawnictw i Poligrafii, Politechnika Białostocka.
9. Gradkowski K., 2010. Stałe urządzenia techniczne dróg. Materiały do wykładów i ćwiczeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
10. ISO 11819-1, 1997. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 1. Statistical pass-by method.
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007, nr 120, poz. 826).
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012, poz. 1109).
13. Sandberg U., Ejsmont J.A., 2002. Tire/Road Noise Reference Book. INFORMEX Ejsmont & Sandberg, Handelsbolag, Printed by MODENA, Gdynia.
14. Tracz M., Woźniak K., Buczek P., 2014. Rola obwodnic w poprawie klimatu akustycznego otoczenia przejść drogowych przez miasta. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Kraków.