

## „CICHA” NAWIERZCHNIA DROGOWA JAKO SPOSÓB NA OGRANICZENIE POZIOMU HAŁASU OD RUCHU SAMOCHODOWEGO

Władysław Gardziejczyk<sup>1</sup>

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

### STRESZCZENIE

Nawierzchnia drogowa może w istotny sposób obniżyć poziom hałasu od ruchu samochodowego. W zależności od charakterystyki górnej warstwy nawierzchni różnice pomiędzy maksymalnymi poziomami hałasu toczenia od przejeżdżających pojazdów osiągają wartości do około 10 dB(A). Specjalną grupą są „ciche” nawierzchnie charakteryzujące się zawartością wolnych przestrzeni powyżej 15%. Wykonanie górnych warstw nawierzchni z asfaltu porowatego lub z mieszanki mineralno-asfaltowej typu BBTM wpływa na istotne zmniejszenie szerokości pasa terenu w otoczeniu trasy drogowej, na którym dopuszczalny równoważny poziom dźwięku jest przekroczony. Takie rozwiązania w niektórych sytuacjach mogą zastąpić ekrany akustyczne. Nawierzchnie o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni wymagają jednak odpowiedniego utrzymania, gdyż ich skuteczność akustyczna ulega zmniejszeniu w czasie eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** hałas, ruch samochodowy, nawierzchnia drogowa.

### LOW-NOISE PAVEMENT AS A WAY OF LIMITATION OF TRAFFIC NOISE LEVEL

#### ABSTRACT

Road surface can significantly reduce the traffic noise level. Depending on the characteristic of the upper surface layers the differences between the maximum rolling noise levels from passing vehicles to reach values about 10 dB (A). A special group is low-noise pavements characterized by the presence of voids above 15%. Application the porous asphalt layers or asphalt mixture type BBTM affects a significant reduction the width of land surrounded the roads where permissible equivalent sound level is exceeded. Such solutions in some cases can replace acoustic barriers. Road pavements with a higher content of voids require proper maintenance because their acoustic performances are reduced during operation.

**Keywords:** noise, traffic, road pavement.

### WPROWADZENIE

Poziom hałasu w otoczeniu tras komunikacyjnych zależy od natężenia ruchu, struktury rodzajowej, prędkości i stanu technicznego pojazdów. Ograniczenie jego negatywnego wpływu na środowisko można uzyskać poprzez odpowiednie zaprojektowanie

wanie przebiegu drogi, zmiany w organizacji ruchu, zastosowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych oraz przebudowę lub budowę nawierzchni o obniżonej hałaśliwości.

Próby ograniczenia nadmiernych dźwięków od ruchu pojazdów poprzez doskonalenie nawierzchni drogowych były podejmowane praktycznie od zawsze. Pod koniec XIX wieku nawierzchnie brukowcowe w Londynie zastąpiono nawierzchniami z kostek drewnianych i kostek asfaltowych. W niektórych miastach w Anglii na ulicach w pobliżu szpitali układano słomę, w Paryżu naprzeciwko „ważnych” domów rozsypywano piasek z torfem, a w Holandii ulice posypywano piaskiem [Sandberg, Ejsmont 2002]. Wprowadzenie nawierzchni asfaltowych było uważane za wielki sukces w walce z hałasem od kół samochodowych. Jednak wzrost liczby pojazdów oraz wzrost prędkości ich poruszania się powoduje, że hałas od ruchu drogowego jest obecnie jednym z największych zagrożeń środowiska, ujemnie wpływa na zdrowie mieszkańców, utrudnia pracę i przeszkadza w wypoczynku.

Obecnie w wielu krajach są prowadzone badania na temat stosowania tzw. „cichych” nawierzchni [Abbott 2010, Bendtsen 2012, Gardziejczyk i in. 2012, Paje 2013], a na szczególne podkreślenie zasługuje realizowany projekt PERSUADE [Sandberg, Goubert 2011], którego celem jest opracowanie nawierzchni poroelastycznej umożliwiającej obniżenie poziomu dźwięku o 15 dB(A).

Wpływ nawierzchni na poziom hałasu od ruchu samochodowego wzrasta wraz ze wzrostem prędkości pojazdów. Powyżej prędkości 40–50 km/h (w przypadku pojazdu osobowego) i powyżej 70–80 km/h (w przypadku pojazdu ciężarowego) hałas generowany w rejonie płaszczyzny kontaktu opon samochodowych z nawierzchnią jest składową dominującą i decyduje w największym stopniu o poziomie emitowanego dźwięku od przejeżdżającego pojazdu [Sandberg, Ejsmont 2002].

Badania nad hałaśliwością nawierzchni drogowych opierają się głównie na dwóch metodach:

- Close Proximity-By method (CPX) [ISO/CD 11819-2, 2012], zwaną także metodą przyczepową,
- Statistical Paas-By method (SPB) [ISO 11819-1, 1997], zwaną metodą statystycznego przejazdu.

Metoda CPX polega na pomiarze maksymalnego poziomu dźwięku generowanego w tzw. polu bliskim, w rejonie kontaktu opony testowej z nawierzchnią, a wynikiem oceny hałaśliwości nawierzchni jest indeks CPXI.

Metoda SPB polega na pomiarze maksymalnego poziomu dźwięku ( $L_{max}$ ), emitowanego od pojedynczo przejeżdżających pojazdów, w odległości 7,5 m od osi toru jazdy i na wysokości 1,2 m na powierzchnią jezdni. Wynikiem badań tą metodą są zależności regresyjne pomiędzy maksymalnym poziomem dźwięku od przejeżdżającego statystycznego pojazdu danej kategorii i logarytmem prędkości. Hałaśliwość nawierzchni może być opisana przez maksymalny poziom dźwięku od statystycznego pojazdu osobowego przejeżdżającego z prędkością 80 km/h [Gardziejczyk 2005, Gardziejczyk 2011a] lub na podstawie indeksu SPBI, uwzględniającego strukturę rodzajową pojazdów oraz kategorię prędkości [ISO 11819-1, 1997].

Szczególnym przypadkiem metody SPB jest metoda Controlled Pass-By method (CPB) polegająca na pomiarze maksymalnego poziomu dźwięku od pojazdów testowych przejeżdżających z ustaloną prędkością. Szczegóły dotyczące metod pomiaru i ich wyniki są szeroko prezentowane w literaturze [Sandberg, Ejsmont 2002, Gardziejczyk 2011b].

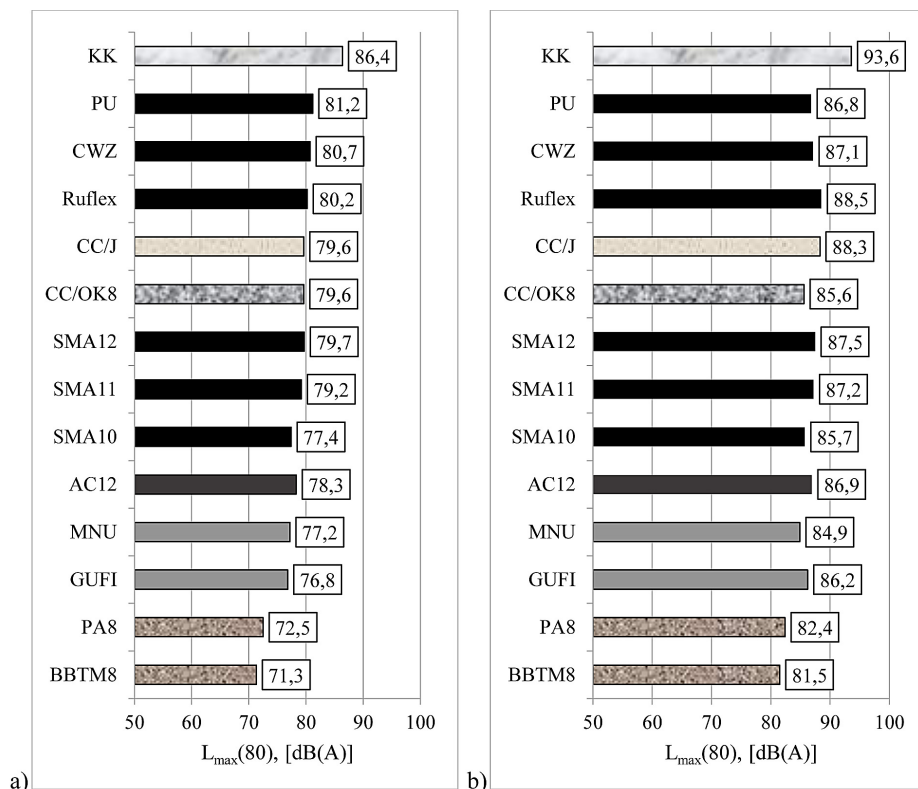
Obecnie najczęściej stosowane klasyczne nawierzchnie asfaltowe, betonowe i nawierzchnie kostkowe nie spełniają w wystarczającym stopniu wymagań związanych z ochroną środowiska. W XXI wieku prawidłowo zaprojektowana i wykonana nawierzchnia drogowa, poza zapewnieniem przejezdności, komfortu jazdy i bezpieczeństwa ruchu, powinna przyczynić się do redukcji poziomu hałasu opon samochodowych. W artykule przedstawiono wybrane aspekty z zakresu hałaśliwości nawierzchni ze zwróceniem uwagi na potrzebę ich uwzględniania w walce z nadmiernym poziomem hałasu w otoczeniu tras drogowych.

## HAŁAŚLIWOŚĆ NAWIERZCHNI DROGOWYCH

Badania hałaśliwości nawierzchni drogowych metodą SPB i CPB są prowadzone w Politechnice Białostockiej od około 20 lat. Zespół pod kierunkiem autora artykułu wykonał badania hałasu toczenia pojazdów samochodowych na większości rodzajów nawierzchni stosowanych na głównych drogach w Polsce. Na rysunku 1 podano przykładowe wyniki pomiarów metodą SPB, pokazujące wartości maksymalnego poziomu dźwięku emitowanego przez statystyczny pojazd osobowy i statystyczny wielocznony pojazd ciężarowy, przy prędkości 80 km/h. Analizą objęto takie nawierzchnie, jak: kostka kamienna (KK), powierzchniowe utrwalenie (PU), cienka warstwa na „zimno” (CWZ), Reflex, beton cementowy teksturowany tkaniną jutową (CC/J), beton cementowy z odkrytym kruszywem (CC/OK8 – „8” oznacza maksymalne uziarnienie kruszywa w górnej warstwie), mastyks grysowy (SMA12, SMA11, SMA10), beton asfaltowy (AC12), mieszanka o nieciąglym uziarnieniu kruszywa (MNU), mieszanka z granulatem gumowym (GUF1), asfalt porowaty (PA8), beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw (BBTM8).

Podane maksymalne poziomy dźwięku od przejeżdżających pojazdów pozwalają wyróżnić jako najbardziej głośnie nawierzchnię z kostki kamiennej (KK) oraz dwie technologie o najniższym poziomie dźwięku: asfalt porowaty PA8 (72,5 dB(A)) i nawierzchnia z betonu asfaltowego do bardzo cienkich warstw BBTM8 (71,3 dB(A)). W przypadku pozostałych technologii można wskazać nawierzchnie, na których maksymalny poziom emitowanego dźwięku zawiera się w przedziale 78,3–81,2 dB(A) oraz technologie przyczyniające się do emisji dźwięku w zakresie 76,8–77,4dB(A). Wartości maksymalnego poziomu dźwięku w odniesieniu do pojazdu ciężarowego, poza nawierzchnią kostkową oraz nawierzchniami PA8 i BBTM8, nie różnią się od siebie w sposób zdecydowany (różnice poniżej 4 dB(A))

Należy przy tym zauważyć, że nawierzchnie z betonu cementowego charakteryzują się zbliżoną hałaśliwością w porównaniu ze standardowymi nawierzchniami asfaltowymi. Mitem są więc głoszone opinie o nadmiernej hałaśliwości nawierzchni



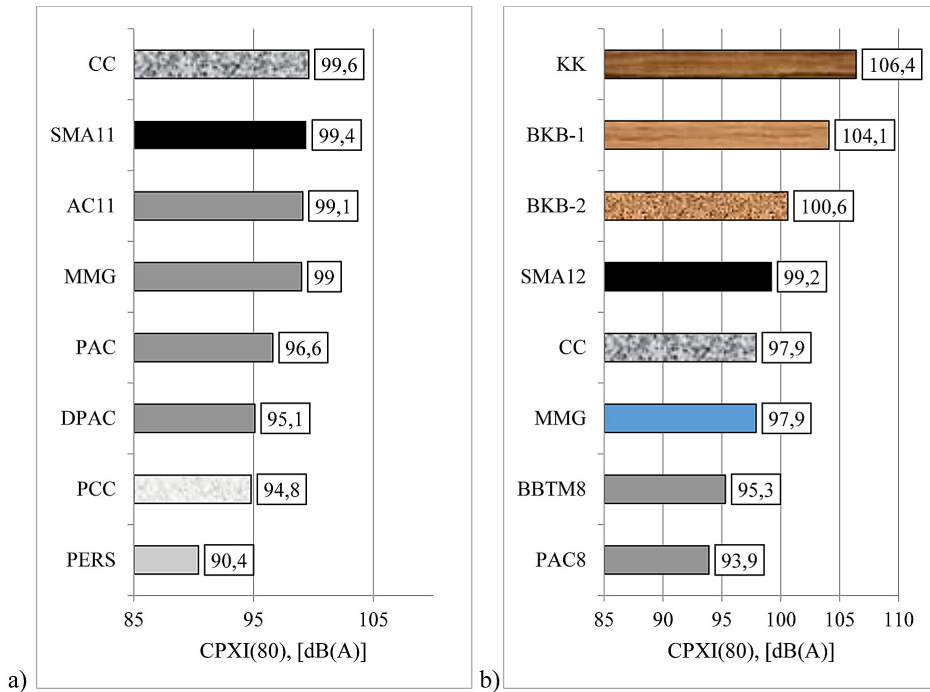
**Rys. 1.** Maksymalne poziomy dźwięku od statystycznego pojedynczo przejeżdżającego pojazdu z prędkością 80 km/h: a) pojazd osobowy, b) wieloosiowy pojazd ciężarowy

**Fig. 1.** Maximum sound levels of statistical passing vehicle at a speed of 80 km/h: a) passenger vehicle, b) multi-axle heavy vehicle

betonowych. W celu porównania przykładowych nawierzchni w Polsce i w innych krajach przedstawiono, opracowane na podstawie wyników zawartych w pracy [Mioduszewski 2013], zestawienie ich hałaśliwości w oparciu o indeks CPXI (rys. 2). Na rysunku 2a pokazano przykładowe wartości indeksów CPXI, ustalone na nawierzchniach w innych krajach, a na rysunku 2b – na polskich drogach.

Wśród nawierzchni testowanych w innych krajach szczególną uwagę zwracają dane dotyczące asfaltu porowatego (PAC), dwuwarstwowej nawierzchni z asfaltu porowatego (DPAC), porowatej nawierzchni z betonu cementowego (PCC) oraz nawierzchni poroelastycznej PERS. Nie stwierdzono przy tym istotnych różnic pomiędzy indeksami CPXI na nawierzchniach z mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem gumy (MMG) i na standardowych nawierzchniach asfaltowych.

Warto także zauważyć różnice w hałaśliwości nawierzchni kostkowych. Na nawierzchni o podłużnym układzie betonowych kostek brukowych (BKB-2) ustalony indeks CPXI jest zdecydowanie niższy niż dla nawierzchni o poprzecznym układzie



**Rys. 2.** Wartości indeksów CPXI (80 km/h): a) nawierzchnie dróg w innych krajach, b) nawierzchnie na polskich drogach

**Fig. 2.** CPXI values (80 km/h): a) road pavements in other countries, b) road pavements on Polish roads

kostek (BKB-1). Hałaśliwość nawierzchni typu BKB-1 jest zbliżona pod względem hałaśliwości do nawierzchni z kostki kamiennej (KK), a hałaśliwość nawierzchni typu BKB-2 – do hałaśliwości nawierzchni asfaltowej typu SMA. Jest to istotna informacja przy podejmowaniu decyzji o wyborze technologii wykonania nawierzchni kostkowych w obszarach zabudowanych.

## SKUTECZNOŚĆ AKUSTYCZNA „CICHYCH” NAWIERZCHNI DROGOWYCH

Nawierzchnia „cicha” charakteryzuje się tym, że maksymalny poziom dźwięku jest niższy o co najmniej 3 dB w stosunku do poziomu dźwięku ustalonego na nawierzchni przyjętej jako referencyjna w danym kraju [Sandberg, Ejsmont 2002]. Problemem jest jednak fakt, że w większości krajów europejskich nie ma jednoznacznie zdefiniowanej nawierzchni referencyjnej. W naszym kraju brak jest także odpowiednich zapisów w tym zakresie, a jako referencyjną przyjmuje się umownie nawierzchnię z mastyksu grysowego SMA11.

Z przedstawionego powyżej przeglądu hałaśliwości nawierzchni wynika, że górne warstwy wykonane z asfaltu porowatego (PA8) oraz z betonu asfaltowego do bardzo cienkich warstw (BBTM8) wyróżniają się zdecydowanie niższymi wartościami poziomu emitowanych dźwięków od pozostałych technologii i mogą być zaliczone do „cichych” nawierzchni. Charakteryzują się one maksymalnym uziarnieniem zastosowanego kruszywa o wymiarze 8 mm oraz zawartością wolnych przestrzeni powyżej 15%.

W celu sprawdzenia jaki jest wpływ „cichej” nawierzchni na redukcję poziomu hałasu w otoczeniu drogi przeprowadzono badania równoważnego poziomu dźwięku ( $L_{eq}$ ) w odległości 10 m od krawędzi drogi wojewódzkiej DW780 (w woj. małopolskim). Pomiary wykonano w dwóch przekrojach, o nawierzchni z BBTM8 i o nawierzchni typu SMA11, w tym samym czasie i przy takim samym obciążeniu ruchem (687 pojazdów w ciągu 1 godziny i 9% udziale samochodów ciężarowych). Ustalono następujące wartości równoważnego poziomu dźwięku:

- w przekroju o nawierzchni BBTM8:  $L_{eq} = 65,3$  dB(A),
- w przekroju o nawierzchni SMA11:  $L_{eq} = 70,6$  dB(A).

Różnica 5,3 dB(A) pomiędzy wartościami  $L_{eq}$  oznacza, że „cicha” nawierzchnia w istotny sposób wpływa na obniżenie poziomu hałasu w otoczeniu drogi i może zastąpić ekrany akustyczne, które powinny być wybudowane w przypadku zastosowania warstwy ścieralnej z mastyksu grysowego typu SMA11. Dodatkową korzyścią zastosowania takiej nawierzchni jest redukcja hałasu „u źródła”, co ma ważne znaczenie w porównaniu z ekranami akustycznymi, których skuteczność maleje wraz ze wzrostem odległości odbiorcy od ekranu.

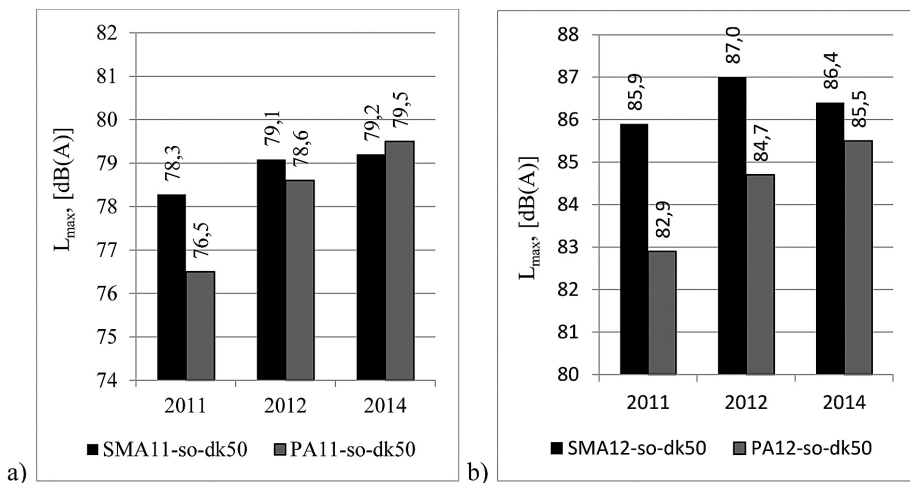
Uwzględniając algorytm obliczania równoważnego poziomu dźwięku w oparciu o wartości  $L_{max}$  od przejeżdżających pojazdów, podany w pracy [Gardziejczyk 2005], ustalono jak zmienia się położenie izofon 56 dB(A) i 65 dB(A) w przypadku zastosowaniu standardowej nawierzchni asfaltowej typu SMA11 i nawierzchni „cichej” BBTM8. Wartości 56 dB(A) i 65 dB(A) przyjęto w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. poz. 1109) jako wartości dopuszczalne równoważnego poziomu dźwięku odpowiednio w porze nocy i w porze dnia dla terenów o zabudowie zagrodowej. Przy założeniu natężenia ruchu 1000 pojazdów rzeczywistych w ciągu 1 godziny, 25% udziału pojazdów ciężarowych oraz średniej prędkości statystycznego pojazdu osobowego 80km/h, a pojazdu ciężarowego 70 km/h ustalono, że odległość izofony „65” od drogi samochodowej wynosi 14,4 m w przypadku nawierzchni BBTM8 i 27,3 m w przypadku nawierzchni asfaltowej SMA11. W odniesieniu do izofony „56” odległości te wynoszą odpowiednio 40,7 m i 76,8 m. Oznacza to, że w porze dnia różnica w położeniu izofon od drogi wynosi 12,9 m i 36,1 m w porze nocy.

Zmniejszenie szerokości pasa terenu o 72,2 m (łącznie po obu stronach drogi), na którym dopuszczalny poziom dźwięku w porze nocy nie jest przekroczony ma bardzo ważne znaczenie z punktu widzenia planowania zagospodarowania przestrzennego otoczenia trasy drogowej.

## ZMIANY SKUTECZNOŚCI AKUSTYCZNEJ W OKRESIE EKSPLOATACJI

Dotychczasowy brak jednoznacznych opinii i decyzji odnośnie stosowania „cichych” nawierzchni na polskich drogach jest powodowany faktem, że koszt ich budowy i eksploatacji jest wyższy o około 20% niż standardowych nawierzchni asfaltowych, przy jednocześnie krótszym okresie przydatności do użytkowania (o około 20%). Eksploatowane nawierzchnie o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni ulegają systematycznemu zanieczyszczeniu, a pory w ich strukturze zatykają się. Proces ten postępuje zdecydowanie szybciej na drogach o mniejszym znaczeniu. Przy niższych prędkościach pojazdów nie zachodzi zjawisko samooczyszczania się, polegające na wyrzucaniu z porów w nawierzchni drobnych cząstek przez koła jadących pojazdów. Brak odpowiednich urządzeń do czyszczenia nawierzchni i rezygnacja z takich zabiegów, wpływa na obniżenie ich skuteczności akustycznej w czasie użytkowania. Trudnym problemem jest również zimowe utrzymanie nawierzchni porowatych.

Analizę zmiany skuteczności akustycznej w czasie eksploatacji przeprowadzono w odniesieniu do odcinka testowego na drodze krajowej DK50, na którym wybudowano w 2010 roku nawierzchnię porowatą PA11. Prawdopodobne błędy w zimowym utrzymaniu już w pierwszym roku eksploatacji (wykorzystanie nieodpowiednich materiałów do zabezpieczenia przed śliskością i „zatkanie” porów w nawierzchni) doprowadziły do spadku skuteczności akustycznej. Potwierdzają to różnice pomiędzy wartościami  $L_{max}$  na nawierzchni porowatej i na nawierzchni typu SMA po pierwszym roku eksploatacji, które wynosiły odpowiednio 1,8 dB(A) w przypadku statystycznego pojazdu osobowego i 3 dB(A) w odniesieniu do pojazdu ciężarowego (rys. 3). Wartości różnic pomiędzy hałaśliwością tych nawierzchni nadal ulegają zmniejszeniu



Rys. 3. Maksymalne poziomy dźwięku od przejazdu statystycznego pojazdu z prędkością 80 km/h: a) osobowego, b) wieloosiowego pojazdu ciężarowego,

Fig. 3. Maximum sound levels of statistical passing vehicle at a speed of 80 km/h: a) passenger vehicle, b) multi-axle heavy vehicle

i w badaniach w 2014 roku (po 4 latach eksploatacji) stwierdzono, że w przypadku pojazdu osobowego nawierzchnia porowata jest już bardziej głośniejsza niż nawierzchnia z SMA11.

Podany przykład potwierdza jak ważnym problemem jest właściwe utrzymanie nawierzchni o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni. Zdaniem autora warto jednak dążyć do ich stosowania jako sposobu na ograniczenie nadmiernego poziomu hałasu od ruchu samochodowego. Dotyczy to w szczególności odcinków dróg w otoczeniu których przekroczenia dopuszczalnego poziomu dźwięku wynoszą do około 5 dB(A). Dobrym przykładem takiego rozwiązania jest wymieniany powyżej odcinek drogi wojewódzkiej DW780 o warstwie ścieralnej z betonu asfaltowego typu BBTM8.

## WNIOSKI

Przedstawione wyniki badań i analiz pozwalają sformułować następujące wnioski:

1. Nawierzchnie drogowe w zależności od rodzaju i technologii wykonania różnią się w sposób istotny pod względem hałaśliwości. Maksymalne poziomy dźwięku od przejazdu pojedynczych pojazdów na nawierzchniach asfaltowych różnią się nawet o około 10 dB(A). Oznacza to potrzebę uwzględniania tego faktu przy podejmowaniu decyzji o wyborze technologii budowy górnych warstw nawierzchni jak i przy projektowaniu zabezpieczeń przeciwhałasowych w otoczeniu dróg samochodowych.
2. „Ciche” nawierzchnie drogowe, do których można obecnie zaliczyć w naszym kraju warstwy z asfaltu porowatego PA8 i cienkie warstwy z betonu asfaltowego typu BBTM8, mogą zastąpić ekrany akustyczne przy przekroczeniach dopuszczalnego poziomu dźwięku do około 5 dB(A).
3. Nawierzchnie drogowe o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni wymagają szczególnej uwagi podczas ich eksploatacji, zarówno w zakresie bieżącego jak i zimowego utrzymania. Rezygnacja z systematycznego czyszczenia lub błędy w działaniach prewencyjnych w ramach zimowego utrzymania prowadzą do szybkiego pogorszenia się ich właściwości akustycznych.
4. Odpowiednie wykonanie nawierzchni betonowych i nawierzchni z betonowej kostki brukowej nie wpływa niekorzystnie na poziom emitowanych dźwięków od przejeżdżających pojazdów.

## LITERATURA

1. Abbott P.G., Morgan P.A., McKell B., 2010. A review of current research on road surface noise reduction techniques. Published Project Report PPR 443, TRL/001/08.



2. Bendtsen H., Andersen B., Oddersede J., Iverson L.M., 2012. Long time effect of noise reducing thin layer pavements. *Inter Noise*, August 19–22, New York, USA.
3. Gardziejczyk W., 2011a. Generowanie hałasu przez samochody osobowe i ciężarowe. Osłony przeciwhałasowe w ruchu drogowym. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa. *Studia i materiały – Zeszyt 64*, 46–61.
4. Gardziejczyk W., 2011b. Przegląd i analiza porównawcza metod badania hałaśliwości nawierzchni drogowych. *Magazyn Autostrady*, 1/2, 24–31
5. Gardziejczyk W., Gierasimiuk P., Motylewicz M., 2012. Nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości na polskich drogach – wyniki badań hałasu toczenia pojazdów samochodowych. *Drognictwo*, 12, 387–392.
6. ISO 11819-1, 1997. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method.
7. ISO/CD 11819-2, 2012. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method (CPX).
8. Mioduszewski P., 2013. Przegląd hałaśliwości nawierzchni drogowych w Polsce i w innych krajach Unii Europejskiej. *Metody ochrony przed hałasem. Teoria i praktyka. Zeszyt 1*, 159–173.
9. Paje S.E., Luong J., Vázquez V.F., Bueno M., Miró R, 2013. Road pavement rehabilitation using a binder with a high content of crumb rubber: Influence on noise reduction. *Construction and Building Materials* 47, 789–798.
10. Sandberg U., Ejsmont J.A., 2002. *Tire/Road Noise Reference Book*. INFORMEX Ejsmont & Sandberg, Handelsbolag, Printed by MODENA, Gdynia, Poland.
11. Sandberg U., Goubert L., 2011. PERSUADE – A European project for exceptional noise reduction by means of poroelastic road surfaces. *Proc. Inter-Noise 2011 Osaka, Japan*.