



**Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**

Przedmiot umowy pn:

**Ochrona przed hałasem drogowym
*Zadanie nr 4***

Tytuł przedmiotu umowy*:

**Wytyczne prowadzenia pomiarów hałaśliwości nawierzchni
dla metody OBSI**

*zgodny z opisem, stanowiącym załącznik nr 1 do umowy nr
wytyczne/instrukcja/analiza/metodologia/wzór/rekomendacje

Akronim Projektu: OT1-1D/PK-PW-PWR-IBDiM-PL

Numer umowy: DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016

Lider i Współwykonawcy: PK, PW, PWR, IBDiM, PL

Kierownik Projektu: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Propozycja wytycznych prowadzenia pomiarów hałaśliwości nawierzchni dla metody OBSI

1 Zakres:

- 1.1 Niniejsze wytyczne opisują metodykę i sposób wykonywania pomiaru hałaśliwości na styku opony i nawierzchni drogowej przy użyciu metody OBSI (On Board Sound Intensity) oraz towarzyszące procedury interpretacji i weryfikacji pomiaru. Opisana metoda testowa umożliwi obiektywny pomiar mocy akustycznej na jednostkę powierzchni w punktach zlokalizowanych na styku opony i nawierzchni drogowej.
- 1.2 Poniżej przedstawiona metoda pomiaru przy użyciu OBSI umożliwi dokonywanie pomiarów hałaśliwości przy wykluczeniu pozostałych/innych źródeł hałasu co pozwala na porównywanie właściwości akustycznych (hałaśliwości) testowanych nawierzchni.

2 Spis powiązanej literatury

2.1 Dokumenty AASHTO:

- TP 98, Determining the Influence of Road Surfaces on Vehicle Noise Using the Statistical Isolated Pass-By (SIP) Method.
- TP 99, Determining the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise Using the Continuous-Flow Traffic Time-Integrated Method (CTIM).

2.2 Dokumenty ASTM:

- D2240, Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness
- F2493, Standard Specification for P225/60R16 97S Radial Standard Reference Test Tire

2.3 Dokumenty ANSI:

- S1.1, Acoustical Terminology
- S1.9, Instruments for the Measurement of Sound Intensity
- S1.11, Specification for Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and Digital Filters
- 1.40, American National Standard Specifications and Verification Procedures for Sound Calibrators
- S1.42, American National Standard Design Response of Weighting Networks for Acoustical Measurements

2.4 Pozostałe:

- Donovan, P. R. and D. M. Lodico, Measuring Tire-Pavement Noise at the Source, NCHRP Report, Project 1-44(1),
[http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/nchrp01-44\(01\)_FR.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/nchrp01-44(01)_FR.pdf)

3 Terminologia

- 3.1 Arytmetyczne uśrednienie poziomów - średnia arytmetyczna poziomów dźwięku podzielona przez ilość próbek w średniej. Ten wzór można wykorzystać w celu obliczenia średniej arytmetycznej ze zbioru N poziomów L_i .

$$L_{A-avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i$$

- 3.2 Koherencja (zgodność) - miara liniowej zależności dwóch sygnałów, gdzie wartość „0” oznacza brak zależności, podczas gdy wartość „1” oznacza pełną liniową zależność. Matematycznie jest to wielkość widma krzyżowego między dwoma sygnałami podniesiona do kwadratu i podzielona przez iloczyn obu sygnałów.
- 3.3 Uśrednianie poziomów energii (średnia energetyczna) - uśrednianie poziomów odbywa się najpierw poprzez przekształcanie poziomów na ilość energii, uśrednianie ilości energii, a następnie powracając z powrotem do poziomów energii. Za pomocą tego wzoru można wyznaczyć średnią energetyczną z zestawu N poziomów energii, L_i .

$$L_{E-avg} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (10^{(L_i/10)}) \right)$$

- 3.4 Czas pomiarów - czas potrzebny samochodowi testowemu do pokonania odcinka testowego.
- 3.5 Metoda pomiaru intensywności dźwięku (OBSI) - procedura pomiaru i oceny hałaśliwości na styku opony standardowej (SRTT według ASTM F2493) oraz nawierzchni drogowej. Metoda OBSI opera się na poziomach natężenia dźwięku, które są wyznaczone na podstawie pomiarów w dwóch punktach zlokalizowanych w pobliżu styku opony i nawierzchni.
- 3.6 Ogólny poziom natężenia dźwięku przy użyciu OBSI - poziom natężenia dźwięku na styku opony i nawierzchni odpowiadający sumie energii A-średniego ważonego natężenia dźwięku dla pasm 1/3 oktaowych w zakresie od 400 do 5000 Hz:

$$\text{Ogólny poziom natężenia dźwięku} = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i=400}^{5000} (10^{(L_i/10)}) \right)$$

gdzie:

$L_i = A$ - średnia ważona poziomu natężenia dźwięku dla częstotliwości środkowych pasm 1/3 oktaowych.

- 3.7 Hałas od układu napędowego pojazdu - hałas generowany przez silnik pojazdu, system wydechowy, opory powietrza, mechanizm różnicowy, przekładnie oraz osie.
- 3.8 Wskaźnika ciśnienia-natężenie (PI index). Wskaźnik PI oblicza się w każdej sondzie osobno i w każdym paśmie 1/3 oktaowym (pomiędzy 400 a 5000Hz). Jest to zwykła różnica pomiędzy średnim poziomem ciśnienia akustycznego (ang. sound pressure level, SPL) z dwóch mikrofonów sondy a poziomem natężenia dźwięku wyznaczonym na tej sondzie:

$$PI = SPL_{avg} - IL$$

Uwaga 1: PI index powinien być wyrażany w dB w przeciwieństwie do dBA, gdyż przedstawia on różnicę poziomów.

- 3.9 Temperatura referencyjna - otaczająca temperatura powietrza 20°C.
- 3.10 Natężenie dźwięku - średnia miara energii dźwięku transmitowanej w określonym kierunku w punkcie w obszarze normalnym do kierunku w tym punkcie. Jednostki to wat na metr kwadratowy (W/m^2). Tak zdefiniowane natężenie jest wielkością wektorową, czyli posiada wartość, kierunek i zwrot. Kierunek może być powiązany z kierunkiem propagacji dźwięku lub kierunkiem ustawienia miernika mierzącego natężenie dźwięku. (ANSI S1.1, Acoustical Terminology.)
- 3.11 Poziom natężenia dźwięku (IL)- jest wyrażany za pomocą dziesięciokrotnego iloczynu logarytmu dziesiętnego z ilorazu danego natężenia dźwięku w założonym kierunku do referencyjnego natężenia dźwięku $1 \text{ pW}/m^2$ ($1 \times 10^{-12} \text{ W}/m^2$), wyrażonego w decybelach (ANSI S1.1, Acoustical Terminology.)
- 3.12 Poziom ciśnienia dźwięku (SPL) - jest wyrażany za pomocą dziesięciokrotnego iloczynu logarytmu dziesiętnego z ilorazu średniego kwadratowego ciśnienia dźwięku (w określonych częstotliwościach) i kwadratu ciśnienia referencyjnego $20 \text{ }\mu\text{Pa}$ ($20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$), wyrażonego w decybelach. (ANSI S1.1, Acoustical Terminology.)
- 3.13 Standardowa opona referencyjna (SRTT) - 16 calowa opona (P225/60R16) zgodna z ASTM F2493.

- 3.14 System – w tych wytycznych odnosi się do całego oprogramowania używanego do pomiaru natężenia dźwięku metodą OBSI, w tym: sparowany zestaw 2 mikrofonów, przedwzmacniacze, okablowanie, analizator dźwięku, mocowanie mikrofonów, oraz dodatkowe elementy zamontowane na piaście koła samochodu testowego.
- 3.15 Przejazd pomiarowy - pojedynczy pomiar na wyznaczonym odcinku testowym.
- 3.16 Odcinek testowy – nawierzchnia o długości 134 ± 3 m, na której wykonuje się pomiar natężenia dźwięku.
- 3.17 Hałaśliwość na styku opony i nawierzchni - dźwięk generowany podczas poruszania się opony po nawierzchni w danym czasie.
- 3.18 Hałaśliwość pojazdu - całkowity hałas generowany przez pojazd będący kombinacją hałaśliwości na styku opony i nawierzchni, oporów powietrza (aerodynamicznych) oraz układu napędowego.
-

4 Podsumowanie metody pomiaru hałaśliwości

- 4.1 Metoda badań opisuje pomiar natężenia dźwięku w bliskiej odległości od styku opony i nawierzchni („przy źródle”).
- 4.2 Wynik jest podawany jako ogólny ważony (A) poziom natężenia, oraz jako poszczególne natężenia dźwięku (A) dla pasm 1/3 oktawowych w zakresie od 400 do 5000 Hz.
- 4.3 Ogólne wymagania dotyczące systemu, sprzętu, instalacji, które są niezbędne do dokonywania pomiarów znajdują się w Załączniku A.
-

5 Znaczenie i zastosowanie

- 5.1 Opisywana metoda pozwala na obiektywne wyznaczenie natężenia dźwięku generowanego na styku opony i nawierzchni w zdefiniowanych punktach znajdujących się w sąsiedztwie opony, za pomocą instrumentów zamontowanych na pojeździe testowym.
- 5.2 Ta metoda może być wykorzystana do porównania hałaśliwości różnych rodzajów nawierzchni.
- 5.3 Metoda komplementarna do tej metody to np. statystyczna metoda pomiaru hałasu (SPB – statistical pass-by method) podczas przejazdu (PN-EN ISO 11819-1), która polega na pomiarze poziomu dźwięku emitowanego przez pojedyncze i przypadkowe pojazdy w rzeczywistym potoku ruchu.
-

6 Procedura wykonania badań

6.1 Wybór odcinka testowego

- 6.1.1 *Nawierzchnia drogowa* - odcinek testowy powinien charakteryzować się jednorodną powierzchnią warstwy ścieralnej, pod względem materiału użytego do jej wykonania i aktualnego stanu powierzchni. Nawierzchnia powinna być sucha i wolna od przeszkód i widocznych zanieczyszczeń, piasku, etc.
- 6.1.2 *Geometria drogi i kąt nachylenia* - odcinek testowy powinien być prostym fragmentem drogi. Odcinek nie powinien zawierać krzywych poziomych (zakręty) oraz znaczących zmian niwelety pionowej. Geometria drogi i przybliżony kąt nachylenia powinny być zarejestrowane.
- 6.1.3 *Ślad koła* - badania powinny być wykonywane przy użyciu opony testowej SRTT w śladzie koła. Jeżeli pomiary są dokonywane poza normalnym śladem koła (np. środek nawierzchni, pobocze) wówczas powinno być to odnotowane w uwagach z pomiaru.
- 6.1.4 *Powierzchnie akustycznie odbijające* - w odległości ok. 0.5 m od śladu koła nie powinny znajdować się żadne powierzchnie akustycznie reflektywne (odbijające). Jeżeli jednak pomiary są dokonywane w zasięgu takich obiektów, lokalizacja i charakter tych obiektów musi być udokumentowany i zanotowany.

6.2 Zamocowanie mikrofonów (sond natężenia dźwięku) - pomiary powinny być dokonywane w pobliżu przedniej i tylnej krawędzi styku opony SRTT z nawierzchnią. Opona powinna być zamontowana na tylnym kole samochodu testowego po stronie lewej (pasażera) (zob. Annex A4 oraz Rys. A4.1). Rys. A4.1 przedstawia dokładne zamocowanie mierników natężenia podczas pomiarów.

6.3 Warunki pomiaru

- 6.3.1 *Standardowa prędkość testowa* - powinna być używana prędkość 72 km/h chyba, że nie ma odpowiednich warunków lub badanie wymaga innej prędkości testowej. Wybrana prędkość powinna być zanotowana dla wszystkich poziomów natężenia dźwięku. Alternatywne prędkości standardowe to: 97, 84, oraz 48 km/h. Długość odcinka testowego zdefiniowana w rozdziale 3.16 jest taka sama bez względu na prędkość testową. Pomiary są nieważne jeżeli nastąpiło hamowanie podczas badania i/lub prędkość przekroczyła dopuszczalny zakres tolerancji.

Uwaga 2: Przy prędkości 72 km/h zaobserwowano najmniejszą średnią wariancję wyników pomiarów i najmniejszy wskaźnik P/T. Także, wrażliwość na prędkość dla nawierzchni w gorszym stanie może być większa niż dla nawierzchni nowych (lub w dobrym stanie).

6.3.2 *Tolerancja prędkości testowej* - podczas badania pojazd testowy powinien poruszać się ze stałą prędkością (± 1.0 km/h) po odcinku testowym w odpowiednim ustawieniu biegu.

Uwaga 3: Użycie tempomatu w samochodzie testowym jest wskazane w celu utrzymania stałej prędkości podczas pomiarów.

6.3.3 *Ciśnienie w oponie* – ciśnienie w zimnych oponach powinno być doprowadzone do 234 ± 14 kPa.

Uwaga 4: Przy ciśnieniu 234 kPa zaobserwowano najmniejszą średnią wariancję wyników pomiarów.

6.3.4 *Kontrola stanu opony SRTT* - drobne kamienie powinny być usunięte z bieżnika opony przed rozpoczęciem badań. Opona testowa nie powinna mieć nierównych lub widocznych śladów zużycia lub zniszczeń. Więcej wymagań odnośnie opony SRTT zamieszczono w załączniku A rozdział A2.2.

6.4 Weryfikacja - na początku badań, poza czynnościami wskazanymi przez producenta, system pomiarowy powinien zostać zweryfikowany za pomocą kalibratora akustycznego.

6.4.1 Jako minimum, wstępna weryfikacja akustyczna powinna być dokonywana nie później niż 1h przed rozpoczęciem badania a końcowa weryfikacja nie później niż 1h po zakończeniu pomiarów. Dodatkowa weryfikacja powinna być wykonywana w trakcie badań, tak aby maksymalny czas pomiędzy weryfikacjami nie przekraczał 4h.

6.4.2 System pomiarowy powinien być wyregulowany pod kątem dokładności pomiarów zgodnie z instrukcją producenta. Pomiaru dokładności systemu powinny być odnotowane w raporcie/sprawozdaniu z badań. Jeżeli rezultaty dwóch kolejnych pomiarów weryfikacyjnych podczas trwania badań różnią się o więcej niż 0.5 dB, badanie pomiędzy tymi dwoma pomiarami powinno być uznane za nieważne.

6.4.3 Urządzenie do kalibracji dźwięku powinno spełniać wymagania Klasy 1 według ANSI S1.40 (niektóre urządzenia do kalibracji muszą być skorygowane o warunki środowiskowe, zgodnie z wytycznymi producenta). Mikrofony oraz kalibrator powinny być skalibrowane zgodnie z zaleceniami producenta oraz odpowiednio ANSI S1.9 oraz S1.40.

6.5 Początek pomiarów – pomiary powinny się rozpocząć gdy opona testowa znajduje się w zasięgu odległości ± 3 m od początku odcinka testowego. Długość odcinka testowego zdefiniowana w rozdziale 3.16 jest taka sama bez względu na prędkość testową.

6.6 Czas uśredniania – wielkość określająca odcinek testowy jest wyrażana za pomocą średniej energetycznej obliczonej z wyników pomiarów na tym odcinku. Dla standardowej prędkości testowej 72 km/h oraz dla standardowej długości odcinka testowego 134 ± 3 m,

czas uśredniania wynosi 6.7 ± 0.15 s. Inne prędkości testowe będą miały inne czasy uśredniania.

Uwaga 4 – pozostałe prędkości testowe mają poniższe czasy uśredniania:

- 97 km/h: 5.0 ± 0.11 s
- 84 km/h: 5.7 ± 0.12 s
- 48 km/h: 10.0 ± 0.22 s

6.7 Zapobieganie przeciążeniu systemu - pomiary nie powinny zawierać przeciążonych sygnałów. Aby zminimalizować ryzyko przeciążenia systemu zapisującego dane, sygnały powinny być A-ważone przed zmianą z sygnału analogowego na cyfrowy.

6.8 Ważny przejazd testowy - pomiary na odcinku testowym muszą spełniać poniższe kryteria aby zostać uznane za ważne:

6.8.1 Wartości wskaźnika PI powinny być zawarte w przedziałach określonych w Tablicy 1. Każdy przejazd, podczas którego przynajmniej jedno z tych kryteriów nie jest spełnione, jest uznany za nieważny i nie może być brany pod uwagę podczas uśredniania wyników.

Tablica 1. Wytyczne dla indeksu PI w każdym paśmie o szerokości 1/3 oktawy

Częstotliwość centralna 1/3 pasma oktawy [Hz]	Wartość minimalna PI (dB)	Wartość maksymalna PI (dB)
400	-1.0	7.0
500	-1.0	4.5
630	-1.0	3.5
800	-1.0	2.5
1000	-1.0	2.5
1250	-1.0	3.0
1600	-1.0	4.0
2000	-1.0	3.0
2500	-1.0	3.5
3150	-1.0	4.0
4000	-1.0	4.5
5000	-1.0	5.0

6.8.2 Zwrot wektora natężenia dźwięku (przepływ mocy akustycznej na jednostkę powierzchni) musi być dodatni (energia akustyczna propagująca od koła) w każdej częstotliwości środkowej pasm 1/3 oktawowych w zakresie pomiędzy 400 a 5000 Hz.

6.8.3 Koherencja (zgodność) odczytów ciśnienia dźwięku pomiędzy dwoma mikrofonami z każdej sondy natężenia powinna być równa lub większa od 0.8 (w zaokrągleniu do

najbliższej dziesiątki) dla częstotliwości środkowych pasm 1/3 oktawowych będących pomiędzy 400 a 4000 Hz (nie ma wymagania koherencji przy 5000 Hz).

- 6.9 Średnia z przejazdów testowych – do wyliczenia wartości średniej należy uwzględnić wyniki tylko z ważnych przejazdów testowych. Średnia ze wszystkich ważnych przejazdów jest obliczana dla ogólnego poziomu natężenia dźwięku oraz dla poziomów natężeń dźwięku dla częstotliwości środkowych pasm 1/3 oktawowych pomiędzy 400 a 5000 Hz.
- 6.9.1 Procedury uśredniania dla dwóch mierników natężenia dźwięku (przedniego i tylnego) jest następująca: oddzielnie wyznaczone poziomy natężenia dźwięku (IL) z dwóch mierników powinny być uśrednione energetycznie aby uzyskać średni poziom dla każdego pojedynczego ważnego przejazdu. Te pojedyncze średnie poziomy powinny być następnie uśrednione arytmetycznie w celu obliczenia pojedynczego wyniku będącego średnią z przejazdów.
- 6.10 Liczba wymaganych przejazdów testowych – co najmniej dwa ważne przejazdy są wymagane w celu wyznaczenia wartości średniej. Dodatkowe ważne przejazdy mogą być wymagane dopóki poniższe kryteria zostaną spełnione.
- 6.10.1 Rozstęp pomiędzy ogólnymi poziomami natężenia dźwięku dla ważnych przejazdów nie może być większy niż 1.0 dBA.
- 6.10.2 Rozstęp poziomu natężenia z wielokrotnych ważnych przejazdów dla każdej z częstotliwości środkowych pasm 1/3 oktawowych pomiędzy 400 a 5000 Hz nie może być większy niż 2.0 dBA.
- 6.11 Zakłócone dane - dane z pomiarów, które są w oczywisty sposób zaburzone i np. zawierają inne źródła dźwięku, bądź inne elementy zakłócające pomiary lub gdy pomiaru dokonano w niewłaściwy/błędny sposób. Dane te powinny być uznane za nieważne.
- 6.12 Zapisywanie danych - dźwięk powinien być zapisywany w formie elektronicznej w celu późniejszej analizy. Sprzęt do zapisu dźwięku powinien być zgodny z wymaganiami Klasy 1 ANSI S1.9.
- 6.13 Raportowanie wyników - wszystkie wyniki poziomów natężenia dźwięku powinny być przedstawiane do najbliższego 0.1 dB.
- 6.14 Widmo akustyczne – wyniki z pomiarów powinny być rozpatrywane w postaci widm o częstotliwości środkowych pasm 1/3 oktawowych pomiędzy 400 a 5000 Hz.
- 6.15 Pomiar i normalizacja poziomów natężenia dźwięku do temperatury referencyjnej
- 6.15.1 Podczas dokonywania pomiarów, powinna zostać wprowadzona do systemu stała wartość temperatury powietrza wynosząca 20°C oraz ciśnienie powietrza wynoszące

1013.25 hPa w celu obliczenia natężenia dźwięku. Spodziewane jest, że obie te stałe wartości będą różne od otaczających warunków podczas pomiarów.

- 6.15.2 Liniowa korekta temperatury powietrza o 0.072 dB/°C powinna być użyta w celu znormalizowania wyznaczonych poziomów dźwięku (IL) do temperatury nominalnej wynoszącej 20°C według wzoru:

$$IL_{norm} [dBA] = IL_{pomiar} [dBA] + 0.072 \times (Temp_{Pow} \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C})$$

gdzie:

IL pomiar: poziom natężenia dźwięku wyznaczony przez system podczas konfiguracji jak opisano w punkcie 6.15.1,

IL norm: znormalizowany poziom natężenia dźwięku dla temperatury nominalnej 20°C.

- 6.15.3 Normalizacja do temperatury nominalnej powinna być wykonana dla ogólnego poziomu natężenia dźwięku oraz dla natężeń w pasmach 1/3 oktaowych.

- 6.15.4 Pomierzone i znormalizowane wartości natężenia dźwięku powinny być udokumentowane w raporcie.

- 6.16 Pomiar temperatury - temperatura powietrza powinna być mierzona przynajmniej raz na 30 min.

- 6.16.1 Pomiary OBSI powinny być przeprowadzane jeżeli temperatura powietrza znajduje się w zakresie pomiędzy 4 a 38°C.

- 6.17 Wiatr i prędkość wiatru - prędkość i kierunek wiatru powinny być monitorowane i odnotowane podczas badań. Prędkość wiatru wynosząca 13 km/h i więcej w kierunku od miernika do pojazdu testowego powinna być unikana. Sprawdzanie ważności pozyskiwanych danych wyjaśniona w punkcie 6.8 powinna zostać przeprowadzona w celu sprawdzenia wpływu wiatru na pomiary.

- 6.18 Pomiar ciśnienia barometrycznego - ciśnienie barometryczne powinno być mierzone podczas trwania badania co najmniej raz na 4h.

- 6.19 Wilgotność nawierzchni - nawierzchnia powinna być sucha. Ocena stanu zawilgocenia powinna zostać przeprowadzona wizualnie.

- 6.20 Twardość opony - twardość opony SRTT powinna być sprawdzana za pomocą durometru nie rzadziej niż raz na miesiąc zgodnie ze standardem ASTM F2493. Użyteczność opony SRTT powinna być ograniczona do dwóch lat. Powyżej dwóch lat powinno uwzględnić się poprawkę na twardość w wysokości 0.2 dBA / 1 ShA liczoną od poziomu nominalnego twardości 65 ShA.

- 6.21 Normalizacja poziomów natężenia dźwięku do pozycji referencyjnej nad nawierzchnią

- 6.21.1 Jeżeli podczas dokonywania pomiarów, położenie sond natężenia dźwięku nad powierzchnią nawierzchni będzie różne od położenia nominalnego, niezbędne jest wprowadzenie korekty normalizacyjnej do wyznaczonych wartości natężenia dźwięku. Położenie nominalne wynosi 76 mm a wartość poprawki wynosi 0.052 dBA na każdy 1 mm. Liniowa korekta położenia może być obliczona za pomocą następującego wzoru:
- $$IL_{norm_poz} [dBA] = IL_{pomiar_poz} [dBA] - 0.052 [dBA/mm] \times (pozycja [mm] - 76 \text{ mm})$$
- gdzie:
- IL pomiar_poz: poziom natężenia dźwięku wyznaczone przez system z pomiarów,
IL norm_poz: znormalizowany poziom natężenia dźwięku dla położenia nominalnego 76 mm.

7 Elementy sprawozdania

7.1 Sprawozdanie z pomiarów powinno zawierać następujące dane:

- 7.1.1 Numer drogi oraz kierunek.
- 7.1.2 Czas i datę pomiarów.
- 7.1.3 Temperaturę powietrza zmierzoną podczas badań.
- 7.1.4 Pozycję czujników nad powierzchnią nawierzchni.
- 7.1.5 Nazwę instytucji oraz osób przeprowadzających badanie.
- 7.1.6 Określenie pasa na którym badanie jest przeprowadzane (prawy, lewy, etc.)
- 7.1.7 Współrzędne początku odcinka testowego odczytane z urządzenia GPS lub kilometraż drogi z dokładnością do ± 3 m.
- 7.1.8 Prędkość pomiaru.
- 7.1.9 Najnowszy pomiar twardości opony SRTT oraz datę pomiaru.
- 7.1.10 Średnią z ogólnego poziomu natężenia dźwięku ze wszystkich ważnych przejazdów oraz średnie poziomy natężenia dźwięku mierzone w pasmach 1/3 oktaowych dla częstotliwości centralnych w zakresie pomiędzy 400 Hz a 5000Hz. Zarówno wartości pomierzone i znormalizowane powinny być załączone w raporcie.

7.2 Poniższe dane powinny być dostępne i opcjonalnie uwzględnione w sprawozdaniu:

- 7.2.1 Data oraz kod opony SRTT (4-cyfrowa sekwencja wydrukowana wewnątrz opony zawierająca tydzień i rok produkcji) oraz przybliżony przebieg opony.
- 7.2.2 Komponenty systemu pomiarowego.
- 7.2.3 Instrumenty użyte do pomiarów danych meteorologicznych.
- 7.2.4 Data ostatniej kalibracji/dostrojenia każdego z komponentów systemu pomiarowego.

- 7.2.5 Lokalizacja oraz opis obiektów/powierzchni odbijających dźwięki, które są zlokalizowane w odległości 0.5 m od krawędzi opony testowej podczas pomiarów.
 - 7.2.6 Ogólne poziomy natężenia dźwięku oddzielnie dla każdego ważnego przejazdu testowego zarówno pomierzone jak i znormalizowane.
 - 7.2.7 Poziomy natężenia dźwięku w 1/3 zakresu oktawy z częstotliwością centralną od 400 do 5000 Hz dla każdego ważnego przejazdu – zarówno wartości pomiarowe oraz znormalizowane.
 - 7.2.8 Wyniki ze wszystkich przypadków weryfikacji systemu pomiaru natężenia przed, podczas i po badaniach.
 - 7.2.9 Rozstęp ogólnych poziomów natężenia dźwięku oraz natężeń w pasmach 1/3 oktaowych dla częstotliwości środkowych pomiędzy 400 i 5000 Hz.
 - 7.2.10 Wartości wskaźnika PI, kierunek wektora natężenia dźwięku, oraz wartości koherencji.
 - 7.2.11 Ciśnienie barometryczne podczas pomiarów.
- 7.3 Raport z badania powinien zawierać poniższe dane, jeśli takie są zapisywane:
- 7.3.1 Reprezentatywne zdjęcie nawierzchni drogowej z odwołaniem do wymiaru tekstury (uziarnienia), np. przy użyciu wzorca.
 - 7.3.2 Prędkość wiatru podczas badań.
 - 7.3.3 Obserwacje geometrii drogi: kąt nachylenia, nachylenie poprzeczne.
 - 7.3.4 Obserwacje warunków drogowych.
 - 7.3.5 Dane historyczne odcinka drogowego, w tym wyniki badań i pomiarów dotyczących projektowania, materiałów, daty budowy oraz technologii nawierzchni.

8 Wariancja wyników

- 8.1 Wartości wariancji odnoszą się do średniego ogólnego poziomu natężenia dźwięku znormalizowanego do temperatury referencyjnej. Wartości w Tabelicy 2 zostały wyznaczone na podstawie projektu RID 1-76, własnego doświadczenia oraz przeglądu literatury.

Tablica 2. Wyznaczone wartości wariancji pomiarów przy 72 km/h

Wielkość	Wartość (dB)
wariancja dla operatora σ_o (miara odtwarzalności)	± 0.16
wariancja błędu σ_e (miara powtarzalności)	± 0.10

8.2 Przy założonym poziomie tolerancji (+/- 1.5 dB), średni wskaźnik precyzji do tolerancji P/T wynosi 0.41 (dla 72 km/h).

8.3 Niepewność standardowa dla 72 km/h wynosi 0.5 dB (średnia dla wszystkich zbadanych warunków). Dla współczynnika rozszerzenia $k=2$, niepewność rozszerzona wynosi odpowiednio 1.0 dB.

8.4 Definicje dla powtarzalności i odtwarzalności:

8.1.1 Powtarzalność (ang. repeatability) - precyzja wyników uzyskanych w tych samych warunkach pomiarowych (dany odcinek, temperatura, operator, instrument pomiarowy, czujniki, itp.).

8.1.2 Odtwarzalność (ang. reproducibility) - precyzja wyników uzyskanych przez różnych operatorów z zastosowaniem danej procedury pomiarowej.

Słowa kluczowe: metoda w „przy źródle” CPX; badanie hałaśliwości; urządzenie montowane na pojeździe testowym do wyznaczenia poziomu natężenia dźwięku (OBSI); hałaśliwość nawierzchni; hałaśliwość na styku opony i nawierzchni.

Załącznik A - Sprzęt, wyposażenie i montaż systemu OBSI

A.1. ZAKRES

A1.1. Celem Załącznika A jest określenie wymaganych parametrów dla instrumentów i elementów systemu do pomiaru hałaśliwości nawierzchni metodą OBSI. Podstawowym elementem systemu OBSI jest zestaw dwóch mierników natężenia dźwięku składających się z dwóch sparowanych mikrofonów w każdym z mierników. Mierniki są montowane przy oponie testowej SRTT na piaście koła samochodu testowego, aby pomierzyć hałaśliwość na styku opony i nawierzchni.

A1.2. Celem tego załącznika jest określenie szczegółowych specyfikacji poszczególnych instrumentów i zdefiniowanie funkcji elementów systemu OBSI. Nie zwalnia to jednak producentów poszczególnych elementów z odpowiedzialności dostarczenia odpowiednich urządzeń zgodnie z ich zaprojektowaną funkcją i przeznaczeniem.

A2. OGÓLNE WYMAGANIA SYSTEMU

A2.1 Pojazd testowy - pojazd używany do pomiarów powinien być samochodem osobowym, czterokołowym, o napędzie na przednią oś. System OBSI montuje się na tylne prawe koło. Obciążenie na koło pomiarowe, włączając w tym pasażerów, sprzęt pomiarowy, paliwo oraz pozostałe elementy powinno być w granicach 360 ± 45 kg podczas pomiarów. Obciążenie powinno być pomierzone na kole pomiarowym (nie całkowicie na oś).

A2.2 Opona testowa – nowa opona SRTT musi spełniać wymagania określone w ASTM F2493. Podczas cyklu życia opony testowej parametry takie jak twardość, głębokość bieżnika, oraz inne właściwości fizyczne mogą odbiegać od wymagań określonych w ASTM F2493. Opona testowa SRTT nie powinna być używana do pomiarów metodą OBSI gdy co najmniej dwa z poniższych warunków są spełnione:

Warunek 1: wiek używanej opony SRTT od daty produkcji przekracza 4 lata.

Warunek 2: przebieg opony przekracza 18 000 km.

Warunek 3: twardość opony jest większa niż 70 ShA.

Warunek 4: głębokość rowków opony jest mniejsza niż 8 mm .

A2.3 Montaż opony testowej - opona testowa powinna być zamontowana na tylnym prawym kole pojazdu testowego. Opona powinna być zamontowana zgodnie z oznaczeniami wskazanymi na oponie w celu przedłużenia jej żywotności. Rozmiar opony powinien być zgodny z dopuszczalnym rozmiarem koła pojazdu testowego.

A2.4. Rejestrator dźwięku - rejestrator do zapisywania dźwięku w postaci elektronicznej nie jest wymagany ale jest zalecany. Jeżeli taki jest użyty to powinien spełniać wymagania ANSI S1.9. Klasa 1. Metody używające kompresji danych, np. MP3 nie powinny być używane.

A2.5. Sprawdzenie pojazdu testowego – przed pomiarami, pojazd testowy oraz zamontowany system pomiarowy OBSI powinny być sprawdzone pod kątem niepożądanych źródeł dźwięku, takich jak:

- niewłaściwie działający zespół napędowy pojazdu testowego,
- hałas łożysk i/lub układu hamulcowego,
- dźwięki z osłon przeciwwietrznych na miernikach natężenia dźwięku,
- drgania zamontowanych elementów systemu OBSI.

A2.6. Kontrola jakości danych – stałe wyniki w jakimkolwiek paśmie częstotliwości widma akustycznego mogą wskazywać, że występuje dodatkowe źródło dźwięku poza stykiem opony i nawierzchni. Ścieżka dźwiękowa powinna być starannie sprawdzona, aby ustalić czy występują nietypowe zakłócenia dźwięku.

A3. URZĄDZENIA

A3.1 Dla metody OBSI system pomiaru natężenia dźwięku powinien się składać z następujących elementów:

A3.1.1 Dla każdego miernika (sondy) natężenia dźwięku, wymagane są dwa 12.7 mm (1/4”) mikrofony, które odpowiadają wymaganiom Klasy 1 według ANSI S1.9. Jeżeli pomiary są wykonywane na styku przednim i tylnym opony z nawierzchnią, wówczas potrzebne są dwa mierniki spełniające powyższy wymóg.

A3.1.2. Dla każdego mikrofonu jest wymagany wzmacniacz sygnału.

Uwaga A1: Należy zachować ostrożność podczas badań w temperaturach dochodzących do 38°C lub wyższych. Przy tak wysokiej temperaturze powietrza, wysokim nasłonecznieniu oraz wysokiej temperaturze nawierzchni, wzmacniacze mogą się przegrzać, powodując przeciążenie i inne nieprawidłowe sygnały.

A3.1.3 Wymagany jest cztero-kanałowy analizator dźwięku spełniający kryteria Klasy 1 według ANSI S1.9.

A3.1.4 W celu kalibracji mikrofonów, powinien być użyty kalibrator akustyczny spełniający wymagania Klasy 1 według ANSI S1.40.

A3.1.5 Powinien być użyty kalibrator natężenia dźwięku lub metodologia kalibracji zgodnie z instrukcją obsługi sprzętu dostępną od producenta.

A3.1.6 Słuchawki mogą być użyte podczas pomiarów oraz przetwarzania danych.

A3.2 Do analizy częstotliwości, używane urządzenia i oprogramowanie powinno wyznaczać wielkości w pojedynczych zakresach 1/3 oktaowych, zgodnie z wymaganiami Klasy 1 według ANSI S1.9.

A3.3 Urządzenie do pomiaru prędkości pojazdu - może być użyte każde urządzenie z dokładnością przynajmniej ± 1.0 km/h, np. systemy GPS lub niezależne prędkościomierze montowane na kole lub osi pojazdu testowego. Nie można zastosować prędkościomierza pojazdu testowego, chyba że przed wykonaniem pomiarów zostanie sprawdzona jego dokładność za pomocą niezależnych i akredytowanych urządzeń.

A3.4 Urządzenie do pomiaru temperatury - przyrząd do pomiaru temperatury powinien mieć ogólną dokładność co najmniej $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$.

A3.5 Urządzenie do pomiaru ciśnienia barometrycznego - przyrząd do pomiaru ciśnienia barometrycznego powinien mieć dokładność co najmniej ± 2.5 hPa.

A3.6 Urządzenie do pomiaru wiatru - prędkość wiatru powinna być mierzona za pomocą urządzenia z ogólną dokładnością $\pm 5\%$. Przyrząd do pomiaru kierunku wiatru powinien mierzyć z dokładnością ± 10 stopni.

A3.7 Urządzenie do pomiaru ciśnienia w oponach - ciśnienie opony powinno być mierzone za pomocą manometru z dokładnością ± 5 kPa.

A3.8 Osłona przeciwwietrzna (owiewka mikrofonowa) - owiewki mikrofonowe powinny być umieszczone na każdej sondzie w celu osłonięcia mikrofonów od wiatru i niepożądanych szumów. Użycie osłon przeciwwietrznych jest konieczne w celu zminimalizowania efektu zanieczyszczenia szumami wiatru w niższych zakresach częstotliwości.

A3.8.1 Owiewki mikrofonowe powinny być wykonane z gąbki o strukturze otwarto-komórkowej, kuliste, o średnicy od 84 do 91 mm (3.3 to 3.6 in).

A3.8.2 Owiewki mikrofonowe powinny być przymocowane do sond w taki sposób, żeby nie tworzyły nowego źródła dźwięku i żeby nie zaburzały sygnałów pochodzących od styku opony z nawierzchnią.

A3.9 Analiza częstotliwości - analiza częstotliwości pomierzonych sygnałów akustycznych powinna odbywać się w pasmach o szerokości 1/3 oktawy. Filtr pasm 1/3 oktaowych powinien być zgodne z ANSI S1.11.

A3.10 Krzywa korekcyjna „A” – pomiary OBSI powinny być wykonane z zastosowaniem krzywej „A” zgodnie z ANSI S1.4 oraz być wyrażane w dBA lub dB(A) dla wszystkich wyznaczonych poziomów.

A4. WYMAGANIA DOTYCZĄCE MONTAŻU I INSTALACJI

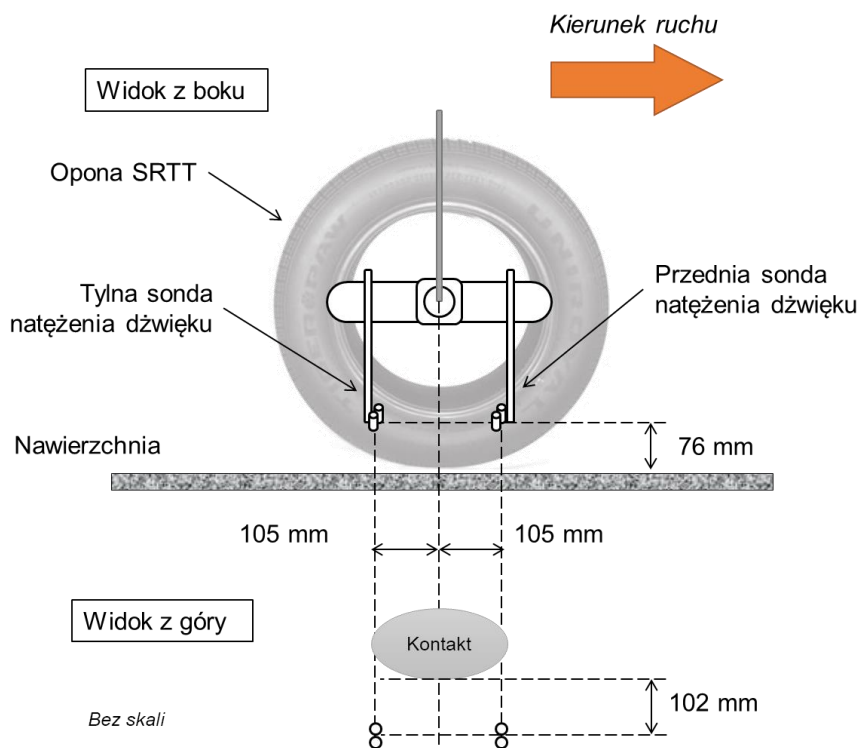
A4.1 Położenie mierników (sond) - położenie mierników natężenia dźwięku jest zdefiniowane względem środka układu dwóch mikrofonów, które składają się na jedną sondę. Mierniki natężenia dźwięku mają ustaloną pozycję względem opony, jak pokazano na Rys. A4.1. Pozioma odległość pomiędzy miernikami do najbliższego punktu na bocznej powierzchni opony powinna wynosić 101 mm - mierzone przy obciążonym pojeździe testowym i w obecności bocznego wybrzuszenia opony z powodu obciążenia. Pionowa odległość pomiędzy miernikami a powierzchnią nawierzchni jest taka sama dla obu mierników i wynosi 76 mm. Pozioma odległość pomiędzy samymi miernikami powinna wynosić 210 mm – są one zamocowane symetrycznie względem środka geometrycznego koła, czyli w odległości 105 mm od pionowej osi symetrii. Szczegóły położenia mierników przedstawiono na Rys. A4.1, A4.2 i A4.3.

A4.2 Ustawienie mikrofonów w mierniku - mikrofony w każdym mierniku powinny być ustawione tak, żeby oś przechodząca przez membrany obu mikrofonów była równoległa do osi obrotu koła z oponą SRTT. Ponadto każdy miernik powinien być zorientowany w taki sposób, aby natężenie dźwięku emitujące od opony do miernika było wyznaczane jako wektor dodatni.

A4.3 Odległość pomiędzy mikrofonami - para mikrofonów w każdym mierniku do pomiaru natężenia dźwięku powinna być ustawiona w konfiguracji bocznej (ang. side-by-side) w odległość 16 mm pomiędzy osiami obu mikrofonów.

A4.4 Kontrola pozycji - mikrofony, wzmacniacze i okablowanie muszą być zamontowane w tej samej pozycji podczas każdego przejazdu testowego. Mikrofony w każdym mierniku muszą być ustawione równoległe do siebie. Kontrola pozycji powinna być wykonywana podczas każdego montażu systemu przed pomiarem.

A4.5 Wyważanie kół i sprawdzenie innych systemów jezdnych – koło wraz z zamontowaną oponą SRTT powinno być wyważone w zakładzie diagnostycznym zgodnie ze specyfiką pojazdu testowego i opony SRTT. Elementy całego systemu jezdnego na osi, na której jest zamontowany system OBSI, powinny być dokładnie sprawdzone i sprawne w celu wyeliminowania niepożądanych dźwięków i/lub wibracji. W szczególności należy sprawdzić układ hamulcowy, układ zawieszenia i układ wydechowy.



Rys A4.1 Położenie przedniego i tylnego miernika natężenia dźwięku



Rys A4.2 Sondy bez osłony przeciwwietrznej podczas procesu kalibracji (opona inna niż SRTT)



Rys A4.3 System OBSI zamontowany na piaście koła z dwoma miernikami natężenia i osłonami przeciw-wietrznymi (opona SRTT).